

# **KURZ BEDIENUNGSANLEITUNG**

## **INSTALLATIONSPRÜFGERÄT**

**MPI-540 • MPI-540-PV**





## **KURZBEDIENUNGSANLEITUNG**

# **PRÜFGERÄT ZUR ÜBERPRÜFUNG VON ELEKTRISCHEN INSTALLATIONEN MPI-540 • MPI-540-PV**



**SONEL S.A.  
Wokulskiego 11  
58-100 Świdnica  
Polen**

**Die Vollversion dieser Anleitung finden Sie  
auf der Website des Herstellers**

# INHALT

<b>1 Sicherheit</b>	<b>5</b>
<b>2 Hauptmenü</b>	<b>6</b>
2.1 Prüfgeräteeinstellungen	7
2.2 Messeinstellungen	7
2.2.1 Untermenü Messungen	7
2.2.2 <b>MPI-540-PV</b> Untermenü PV-Module	8
2.3 Verbindung	9
2.3.1 USB Verbindung	9
2.3.2 <b>MPI-540-PV</b> Anschluss an Einstrahlungsstärkemessgerät	9
2.4 Ländereinstellungen	9
<b>3 Messungen</b>	<b>10</b>
3.1 Überprüfung des korrekten PE Anschlusses (Schutzerde)	11
3.2 Fehlerschleifenparameter	12
3.2.1 Fehlerschleifenparameter in L-N und L-L Netzen	12
3.2.2 Fehlerschleifenparametern im L-PE Netz	12
3.2.3 Messung der Fehlerschleifenimpedanz im L-PE Netz mit RCD	13
3.2.4 Fehlerschleifenimpedanz im IT Netz	14
3.3 Spannungsabfall	15
3.4 Erdungswiderstand	16
3.4.1 Messen des Erdungswiderstandes mit der 3-Pol-Methode ( $R_{E3P}$ )	16
3.4.2 Messen des Erdungswiderstandes mit der 4-Leiter-Methode ( $R_{E4P}$ )	17
3.4.3 Messen des Erdungswiderstandes mit der 3-Pol-Methode und zusätzlichen Zange ( $R_{E3P+C}$ )	18
3.4.4 Messen des Erdungswiderstandes mit der 2-Zangen-Methode (2C)	19
3.5 Spezifische Erdwiderstand	20
3.6 RCD Parameter	21
3.6.1 Messung in IT Netzen	22
3.7 Automatische Messung des RCD	23
3.7.1 Einstellungen zu automatischen RCD Messungen	23
3.7.2 Automatische Messung des RCD	24
3.8 Isolationswiderstand	26
3.9 Niedervolt-Widerstandsmessung	28
3.9.1 Messen des Widerstandes	28
3.9.2 Schutzleiterwiderstandsmessung mit $\pm 200$ mA Prüfstrom	28
3.10 Phasensequenz	29
3.11 Motordrehrichtung	30
3.12 Beleuchtungsstärke	31
3.13 <b>MPI-540-PV</b> Erdungswiderstand (PV)	31
3.14 <b>MPI-540-PV</b> Isolationswiderstand (PV)	32
3.15 <b>MPI-540-PV</b> Kontinuität der Verbindungen (PV)	32
3.16 <b>MPI-540-PV</b> Spannung DC des offenen Kreises $U_{oc}$	33
3.17 <b>MPI-540-PV</b> Kurzschlußstrom DC $I_{sc}$	34
3.18 <b>MPI-540-PV</b> Test des Wechselrichterfeldes $\eta$ , $P$ , $I$	35
3.18.1 Messkonfiguration	36
3.18.2 Ist-Messwerte	37
3.19 <b>MPI-540-PV</b> C-PV Zange zurücksetzen	38
3.20 <b>MPI-540-PV</b> Irradiation (Einstrahlung) und Temperatur	38

<b>4 Automatische Messungen .....</b>	<b>39</b>
4.1 Automatische Messungen.....	39
4.2 Messverfahren erstellen.....	41
<b>5 Rekorder .....</b>	<b>43</b>
5.1 Funktionsbeschreibung.....	43
5.2 Elemente des Hauptmenüs.....	45
5.2.1 Hauptmenü .....	45
5.2.2 Informationsleiste der Parameter zum aktuellen Netzwerk .....	46
5.2.3 Hilfe .....	46
5.3 Anschluss an der Anlage .....	46
5.3.1 Messvorbereitungen .....	46
5.3.2 Aufnahmekonfiguration .....	49
5.4 Analysetoreinstellungen.....	51
5.5 LIVE Modus am Netz .....	51
5.5.1 Transientenwellenformen von Strom und Spannung.....	51
5.5.2 Timeplot der Effektivwerte .....	52
5.5.3 "Live" Modus – tabellarische Ansicht .....	52
5.5.4 Vektordiagramm der Grundkomponenten (Phasor).....	53
5.5.5 Harmonische Graph/Tabelle .....	53
5.6 Ein/Aus der Aufnahmefunktion.....	53
5.7 Analyse der Aufzeichnungen .....	54
5.8 Energieverlustrechner.....	55
5.8.1 Funktionsbeschreibung.....	55
5.8.2 Konfiguration des Verlustrechners.....	56
5.9 Wirkungsgrad des Wechselrichters .....	56
<b>6 Prüfgerätespeicher .....</b>	<b>57</b>
6.1 Messdatenspeicher.....	57
6.1.1 Speichereinstellungen.....	57
6.1.2 Speicherstruktur .....	58
6.1.3 Eingabe der Messergebnisse.....	58
6.2 Aufnahmespeicher des Rekorders.....	59
6.2.1 MicroSD Speicherkarte .....	59
6.2.2 USB Speicher.....	59
6.2.3 Kompatibilität zur Sonel Analysetor Software.....	59
6.2.4 Verbindung zu PC und Datenübertragung.....	60
<b>7 Spannungsversorgung.....</b>	<b>60</b>
7.1 Batterieladestatus .....	60
7.2 Austausch der Akkus .....	60
7.3 Laden der Akkus .....	60
<b>8 Technische Daten .....</b>	<b>61</b>
8.1 Grunddaten.....	61
8.1.1 Wechselspannungsmessung (True RMS).....	61
8.1.2 Frequenzmessung .....	61
8.1.3 Schleifenimpedanzmessung $Z_{L-PE}$ , $Z_{L-N}$ , $Z_{L-L}$ .....	61
8.1.4 Schleifenimpedanzmessung $Z_{L-PE[RCD]}$ (ohne Auslösen des RCD).....	62
8.1.5 RCD Parameter .....	62
8.1.6 Erdwiderstand $R_E$ .....	63
8.1.7 Niedervoltmessung von Durchgängigkeit und Widerstand .....	64
8.1.8 Isolationswiderstandsmessung .....	64
8.1.9 Beleuchtungsmessung.....	65

8.1.10	Phasenfolge.....	66
8.1.11	Motordrehrichtung.....	66
8.1.12	<b>MPI-540-PV</b> Messung der Spannung DC des offenen Kreises $U_{oc}$ .....	66
8.1.13	<b>MPI-540-PV</b> Messung des Kurzschlussstromes DC $I_{sc}$ .....	66
8.2	Rekorder Daten.....	66
8.2.1	Messeingänge .....	66
8.2.2	Sampling und Echtzeituhr (RTC).....	67
8.2.3	Spannungsmessung .....	67
8.2.4	Strommessung (True RMS) .....	68
8.2.5	Frequenzmessung .....	68
8.2.6	Harmonische (Oberwellen) .....	69
8.2.7	Asymmetrie.....	69
8.2.8	Leistungs- und Energiemessung.....	69
8.3	Weitere technische Daten .....	70

# 1 Sicherheit

Der Installationstester MPI-540 wurde entwickelt, um Überprüfungen zum Schutz gegen elektrischen Schlag in Stromnetzen durchzuführen. Es werden Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse die Sicherheit elektrischer Installationen ermitteln und beurteilen. Um die optimalen Funktionen zu gewährleisten, müssen die folgenden Punkte berücksichtigt werden:

- Bevor Sie eines der Messgeräte der MPI-Serie in Gebrauch nehmen, machen Sie sich ausführlich mit dieser Bedienungsanleitung vertraut und halten Sie sämtliche Sicherheitsvorschriften des Herstellers ein.
- Jegliche andere Verwendung, als in dieser Anleitung beschrieben, kann das Gerät zerstören oder eine Gefahr für den Anwender darstellen.
- Das MPI-540 darf nur von durch Zertifikate ausreichend qualifiziertem Personal an elektrischen Systemen verwendet werden. Unautorisierter Gebrauch des Gerätes, kann zur Beschädigung des Gerätes führen und ein ernsthaftes Risiko für den Nutzer darstellen.
- Die Anwendung dieser Anleitung schließt nicht die Einhaltung der nötigen Gesundheits- und Sicherheitsbestimmungen des Arbeitsschutzes sowie Feuerschutzmaßnahmen bei bestimmten Arbeiten ein. Vor Beginn der Arbeit in explosiver oder feuergefährlicher Umgebung ist es unumgänglich, mit dem Beauftragten für Arbeitssicherheit und Gesundheit Kontakt aufzunehmen.
- Es ist verboten, das Gerät unter folgenden Bedingungen zu betreiben:
  - ⇒ Es ist beschädigt und teilweise oder komplett außer Betrieb
  - ⇒ Die Isolierung der Kabel und Leitungen ist beschädigt
  - ⇒ Das Gerät wurde für einen sehr langen Zeitraum in unnatürlicher Umgebung, z.B. unter sehr hoher Luftfeuchtigkeit gelagert. Wurde das Gerät von kalter in warme Umgebung mit hoher Luftfeuchtigkeit gebracht, schalten Sie das Prüfgerät nicht ein, bevor es sich nicht für mind. 30 Minuten akklimatisiert und auf Umgebungstemperatur erwärmt hat.
- Ist der Akku auf eine bestimmte Tiefe entladen, so werden weitere Messungen blockiert, es erscheint eine entsprechende Meldung am Display und das Prüfgerät wird abgeschaltet.
- Ausgelaufene Batterien und Beschädigungen des Messgerätes selbst, können Auftreten, wenn sich entladene Batterien für längere Zeit im Gerät befinden.
- Bevor die Messungen durchgeführt werden können, stellen Sie sicher, dass die Messleitungen an den richtigen Messbuchsen angeschlossen sind.
- Betreiben Sie das Messgerät nie mit offenem oder nicht ganz geschlossenem Batteriefach oder an anderen Versorgungsspannungen als in dieser Anleitung erwähnt.
- **R<sub>iso</sub>** Messeingänge sind elektronische gegen Überlast (verursacht durch Anschluss an unter Spannung stehende Teile) bis zu 463 V RMS für 60 Sekunden.
- Reparaturen dürfen nur durch autorisierte Servicestellen durchgeführt werden.



## ACHTUNG!

Es dürfen nur Zubehör des entsprechenden Gerätes verwendet werden. Die Verwendung anderer Accessoires kann zur Beschädigung der Messeingänge, zusätzlichen Messungenauigkeiten führen und ein Gefahr für den Benutzer darstellen.



Aufgrund ständiger Weiterentwicklung der Gerätesoftware können die aktuelle Darstellung und Funktionen am Display leicht variieren.

## 2 Hauptmenü

In das Hauptmenü gelangen Sie:

- Nachdem das Prüfgerät eingeschaltet und gestartet ist
- Immer wenn das  Symbol am Display ausgewählt wurde (gilt nicht für den Rekorder).

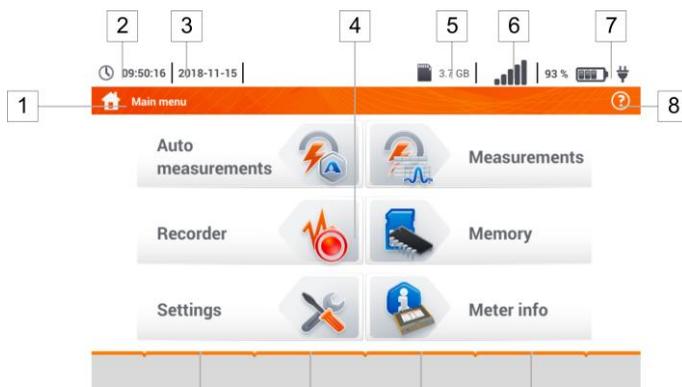


Abb. 2.1 Auswahlmöglichkeiten im Hauptmenü

- 1 **Bezeichnung des aktiven Menüs**  
Durchgeführte Änderung in einem Untermenü, welche noch nicht gespeichert sind, werden durch ein \* Symbol neben der Menüüberschrift angezeigt.



- 2 **Zeit**  
3 **Datum**  
4 **Hauptmenü**  
5 **Verfügbarer Speicherplatz der Speicherkarte**  
Ist keine Speicherkarte eingesetzt, ist das Symbol durchgestrichen  
6 **WLAN Signalstärke**  
7 **Akkuladezustandsanzeige**  
8 **Aktives Hilfemenü**

Antippen eines der Hauptmenüelemente am Touchscreen führt in das entsprechende Untermenü dieses. Verfügbare Optionen:

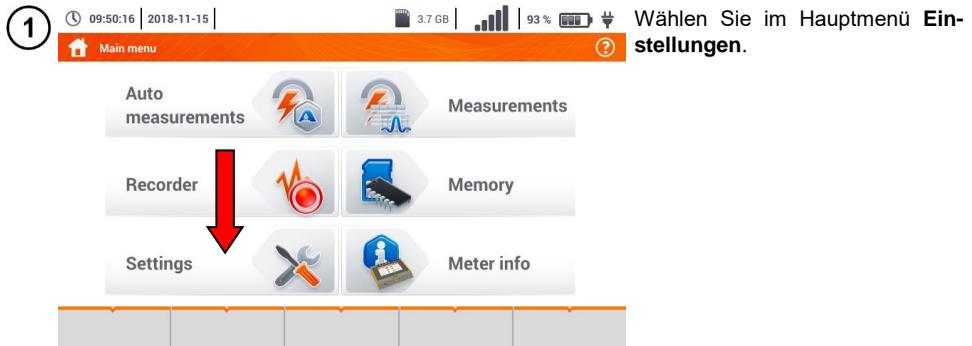
- **Rekorder** – Messung der elektrischen Parameter des zu testenden Netzes (Beschrieben in **Abschnitt 5**)
- **Einstellungen** – Parametereinstellungen der Hauptfunktionen und Geräteeinstellungen
- **Messungen** – Auswahl der Messfunktionen. Die Beschreibung der einzelnen wird im **Abschnitt 3 der Anleitung** beschrieben
- **Speicher** – Ansicht und Management der gespeicherten Messergebnisse (beschrieben in **Absch. 6**)
- **Prüfgeräteinformationen**



Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Funktionen wird in der Vollversion der Bedienungsanleitung auf der Herstellerwebseite beschrieben.

## 2.1 Prüfereinstellungen

In den **Prüfereinstellungen** können **Datum**, **Zeit** und die **Displayhelligkeit** eingestellt werden.



## 2.2 Messeinstellungen

Über das Menü **Messeinstellungen** können folgende Einstellungen geändert werden:

- Messeinstellungen – Netzparameter,
- Datenbank für Sicherungen,
- **MPI-540-PV** Parameter Photovoltaik-Anlage,
- **MPI-540-PV** Datenbanken für Photovoltaik-Module.

### 2.2.1 Untermenü Messungen

In diesem Untermenü der **Messungen** sind folgende Elemente enthalten:

- Nominale Netzspannung,
- Netzfrequenz,
- Darstellung des Fehlerschleifenergebnisses,
- Netzform des zu testenden Netzes,
- Systemeinheit,
- Speichereinstellungen (automatisches Hochzählen der Speicherzellen),
- Zeitzähler für automatische Messungen,
- **MPI-540-PV** Mindestbestrahlungsstärke für Umrechnungen der STC-Bedingungen,
- **MPI-540-PV** Quelle für die Temperaturmessung,
- **MPI-540-PV** Anzahl von Photovoltaikmodulen in Serie,
- **MPI-540-PV** Anzahl von Photovoltaikmodulen in Reihe,
- RCD EV Messstandard.

Vor der Messung muss die entsprechende **Netzform** des zu testenden Netzes ausgewählt werden. Wählen Sie anschließend die **Spannung  $U_n$**  (110/190 V, 115/200 V, 127/220 V, 220/380 V, 230/400 V oder 240/415 V). Dieser Spannungswert wird dann verwendet um den voraussichtlichen Kurzschlussstrom zu errechnen.

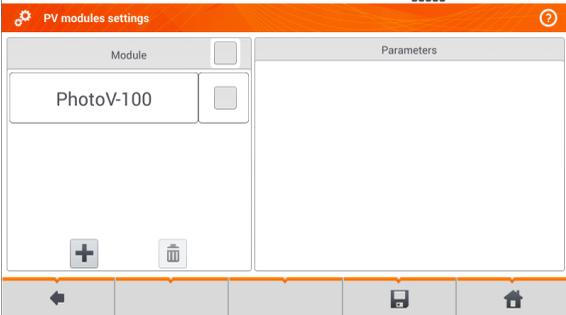
Das Festlegen der **Netzfrequenz**  $f_n$  welche die Quelle für potentielle Störungen ist, ist notwendig, um die passende Messfrequenz bei Erdungsmessungen auszuwählen. Diese Auswahl gewährleistet dann eine optimale Störungsfilterung. Das Prüfgerät ist in der Lage diese vorkommenden Störungen in 50 Hz und 60 Hz Netzen herauszufiltern.

**RCD EV Messtandard** bestimmt die Messparameter der RCD-Schutzschaltungen, die für die Bereiche Elektromobilität und Photovoltaik dediziert sind.

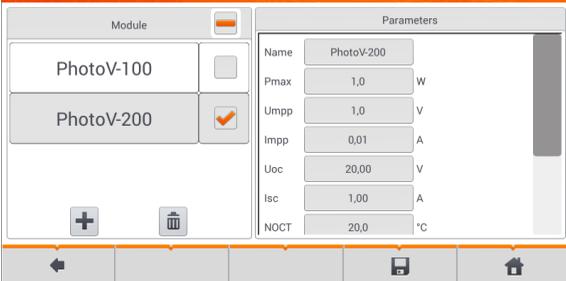
Ist die Einstellung **Auto-increment** aktiviert ( → ) wird jedes gespeicherte Messergebnis automatisch einem neuen Messpunkt hinterlegt.

**Der Zeitzähler** bestimmt im Rahmen automatischer Messungen das Zeitintervall, in dem die nächsten Schritte des Messvorgangs erfolgen.

## 2.2.2 MPI-540-PV Untermenü PV-Module

1 

- In der Spalte **Modul** mit dem Icon **+** das PV-Modul hinzuzufügen.
- In der Spalte **Parameter** Parameter des Moduls ergänzen.

2 

Beschreibung der Funktionssymbole

- nicht aktiver Datensatz
- aktiver Datensatz
- +** Neuen Datensatz hinzufügen
- Aktiven Datensatz löschen
- Zurück zur vorherigen Anzeige
- Zurück zum Hauptmenü

### Liste der Parameter

**Nazwa** – Name des Moduls

**Pmax** – Leistung am Punkt MPP\*

**Umpp** – Spannung am Punkt MPP\*

**Impp** – Strom am Punkt MPP\*

**Uoc** – Leerlaufspannung

**Isc** – Kurzschlussstrom

**NOCT** – Zelltemperatur bei Nennbetrieb

**alpha** – Temperaturkoeffizient Strom Isc

**beta** – Temperaturkoeffizient Spannung Uoc

**gamma** – Temperaturkoeffizient Leistung Pmax

**Rs** - Reihenwiderstand des PV-Moduls

\* MPP – Maximalleistungspunkt

## 2.3 Verbindung

### 2.3.1 USB Verbindung

Der im Prüfgerät integrierte USB B-Typ wird benötigt, um eine Verbindung zwischen PC und MPI-540 herzustellen. Es können dann Daten aus dem Speicher auf den PC geladen werden. Dies kann mit einer vom Hersteller bereitgestellten Software durchgeführt werden.

- **Sonel Analysis** – Diese Software kann zum Auslesen und Analyse der Daten des Rekorders des MPI-540 sowie aller Geräte der PQM Serie verwendet werden.
- **Sonel Reader** – die Software kann zum Abrufen der gespeicherten Daten aus dem MPI verwendet werden.
- **Sonel Reports PLUS** – Ermöglicht ein normkonforme Berichtserstellung der getesteten Installationen. Die Software kann zu allen Sonel Prüfgeräten mit der Funktion der Datenübertragung verwendet werden.

Detaillierte Informationen erhalten Sie über den Hersteller und Ihren Distributoren.

- 1 Verbinden Sie das USB-Kabel am Anschluss des PCs und den Typ B Anschluss an der entsprechenden Buchse am Prüfgerät.
- 2 Starten Sie die Software

### 2.3.2 **MPI-540-PV** Anschluss an Einstrahlungsstärkemessgerät

- 1 Gehen Sie zum Abschnitt **Einstellungen** ► **Kommunikation** ► **LoRa**.
- 2 Schließen Sie den LoRa-Adapter an den USB-Anschluss des Messgeräts an. In der oberen Leiste wird das **LoRa-Symbol** angezeigt.
- 3 Stellen Sie das Bestrahlungsstärkemessgerät in den Kopplungsmodus. Geben Sie die Seriennummer von MPI-540-PV ein.
- 4 Wählen Sie **Koppeln**.

## 2.4 Ländereinstellungen



- Öffnen Sie das Drop-Down Menü, um die gewünschte Sprache auszuwählen.

#### Beschreibung der Menüsteuerungssymbole

- ◀ Zurück zur vorherigen Anzeige (Sie werden aufgefordert Änderung zu speichern oder zu verwerfen)
- 💾 Änderungen speichern
- 🏠 Zurück zum Hauptmenü

### 3 Messungen



#### WARNUNG

Berühren Sie keine leitenden, erreichbaren Fremdteile während den Messungen (Fehlerschleife, RCD) der zu testenden Installation.

Die folgenden Tests können aus dem **Messmenü** ausgewählt werden.



#### LV-Niederspannungsmessungen:

- Fehlerschleifenimpedanz ( $Z_{L-N}$ , L-L,  $Z_{L-PE}$ ,  $Z_{L-PE[RCD]}$  für Netze mit vorhandenem RCD),
- Spannungsabfall  $\Delta U$ ,
- Isolationswiderstand  $R_{iso}$ ,
- RCD Überprüfung (Auslösestrom **RCD**  $I_A$ , Auslösezeit **RCD**  $t_A$ , automatische Messungen),
- Widerstand  $R_x$ ,
- Durchgängigkeit von Verbindungen  $R_{cont}$ ,
- Phasensequenz **1-2-3**,
- Motordrehrichtung **U-V-W**,
- Erdwiderstand  $R_E$ ,
- Spezifischer Erdwiderstand  $\Omega m$ ,
- Beleuchtungsstärke **Lux**.

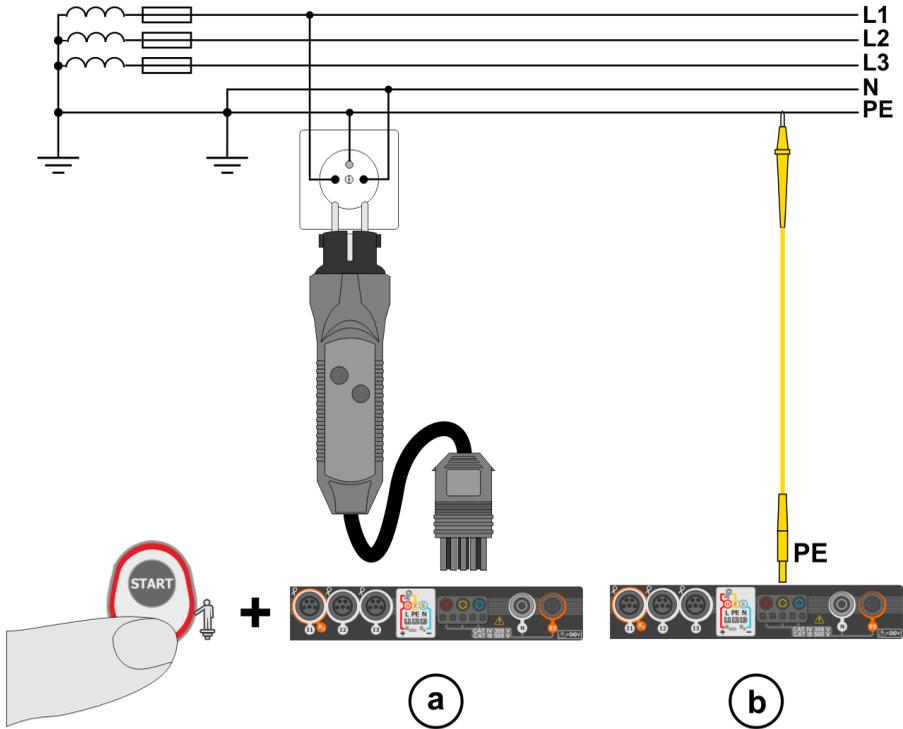
**MPI-540-PV**



#### Messungen von PV-Anlagen:

- Kontinuität der Schutz- und Ausgleichsverbindungen  $R_{cont}$ ,
- Erdungswiderstand  $R_E$ ,
- Isolationswiderstand  $R_{iso}$  **PV** ,
- Spannung des offenen Kreises  $U_{oc}$ ,
- Kurzschlußstrom  $I_{sc}$ ,
- Strom und Leistung auf AC- und DC-Seite des Inverters und sein Wirkungsgrad  $\eta$ , **P**, **I**,
- Irradiation (Einstrahlung) **Irr**.

### 3.1 Überprüfung des korrekten PE Anschlusses (Schutzerde)



Ist das Prüfgerät wie in der Zeichnung angeschlossen, berühren Sie die Kontaktelektrode und warten für ca. **1 Sekunde**. Wird Spannung am PE Anschluss erkannt gibt es folgende Rückmeldung vom Prüfgerät:

- **PE!** wird angezeigt. (Installationsfehler, der PE Leiter ist an einer Stelle mit einem phasenführenden Kontakt verbunden **und**
- ein Dauerton wird erzeugt.

Diese Funktion ist für alle Messungen, welche bei RCD- und Fehlerschleifenmessungen durchgeführt werden, **außer der Z<sub>L-N</sub> Messung**, verfügbar.



#### WARNUNG

**Wird eine Phasenspannung am PE erkannt, müssen die Messungen sofort gestoppt und der Fehler in der Installation behoben werden.**



- Stellen Sie sicher, dass Sie während der Messung auf nicht isoliertem Boden stehen. Isolierter Boden, kann eine falsches Messergebnis zur Folge haben.
- Überschreitet die am PE anliegende Spannung den zulässigen Grenzwert von (ca. 50 V), so wird dies am Prüfgerät angezeigt und signalisiert.

## 3.2 Fehlerschleifenparameter



Z<sub>L-N, L-L</sub>



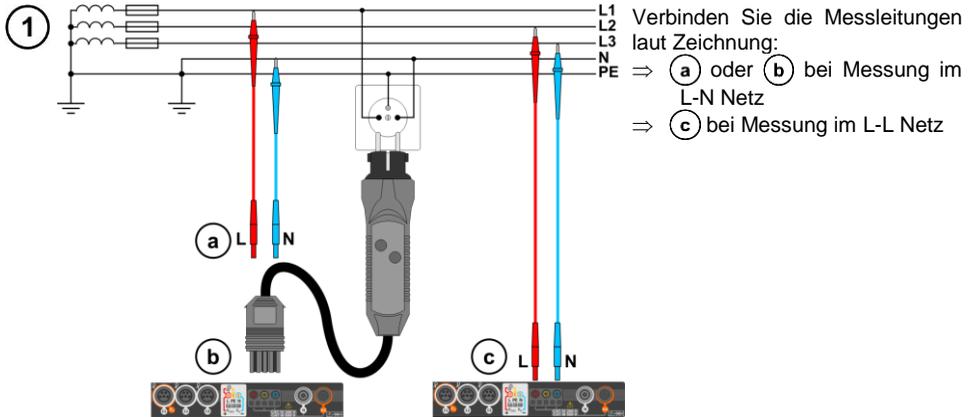
Z<sub>L-PE</sub>



Z<sub>L-PE[RCD]</sub>

Wählen Sie **Z<sub>L-N, L-L</sub>**, **Z<sub>L-PE</sub>** oder **Z<sub>L-PE[RCD]</sub>**.

### 3.2.1 Fehlerschleifenparameter in L-N und L-L Netzen



2



Wählen Sie **Z<sub>L-N, L-L</sub>**.

3 Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

### 3.2.2 Fehlerschleifenparameter im L-PE Netz

1 Verbinden Sie die Messleitungen laut Fig. 3.1 oder Fig. 3.2.

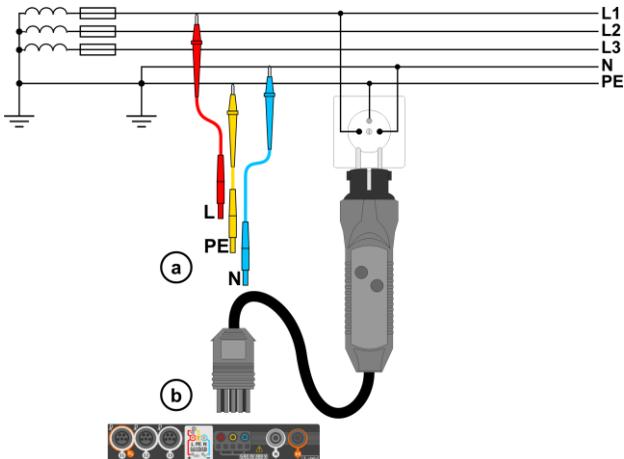
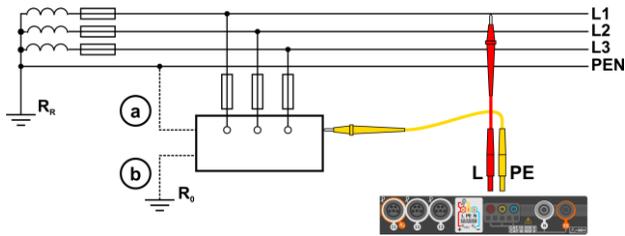


Fig. 3.1 Messung im L-PE Netz



**Fig. 3.2 Überprüfung der Wirksamkeit des Schutzes gegen elektrischen Schlag des Prüfgerätegehäuses bei: a) TN Netz oder b) TT Netz**

2



Wählen Sie  $Z_{L-PE}$ .

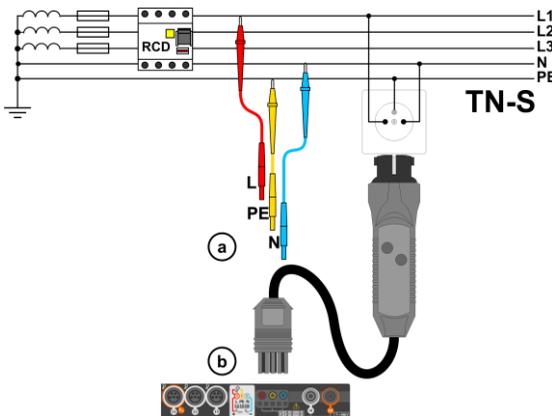
3

Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

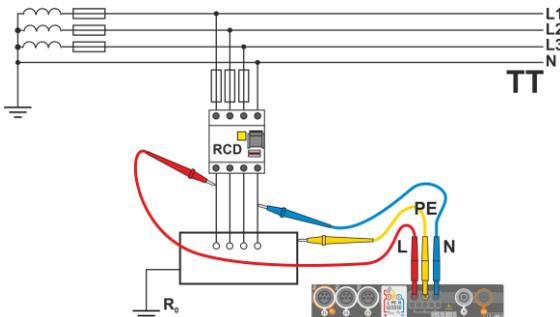
### 3.2.3 Messung der Fehlerschleifenimpedanz im L-PE Netz mit RCD

1

Verbinden Sie die Messleitungen laut Fig. 3.3, Fig. 3.4 oder Fig. 3.5.



**Fig. 3.3 Messung im TN-S Netz**



**Fig. 3.4 Messung im TT Netz**

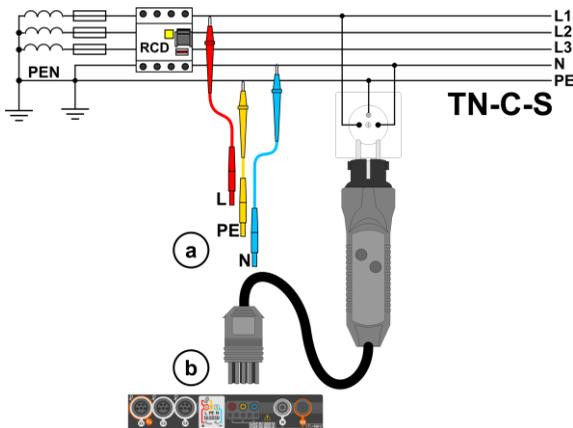


Fig. 3.5 Messung im TN-C-S System

2



Wählen Sie **Z<sub>L-PE</sub>[RCD]**

3

Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

### 3.2.4 Fehlerschleifenimpedanz im IT Netz

Vor Durchführung der Messung, wählen Sie in den **Messeinstellungen** die Netzform aus, welche Ihrer Installation entspricht.



#### ACHTUNG!

- Nach Auswahl des IT Netzes, ist die Funktion der Kontaktelektrode **inaktiv**.
- Wird versucht die Messung **Z<sub>L-PE</sub>** and **Z<sub>L-PE</sub>[RCD]** durchzuführen, wird die Meldung angezeigt, dass dies nicht möglich ist.

In welcher Weise das Prüfgerät an die Installation angeschlossen werden muss, ist in **Fig. 3.6** dargestellt.

In welcher Art die Fehlerschleifenmessungen durchgeführt werden, wird in **Abschnitt 3.2.1** beschrieben.  
Betriebsspannungsbereich: **95 V ... 440 V**.

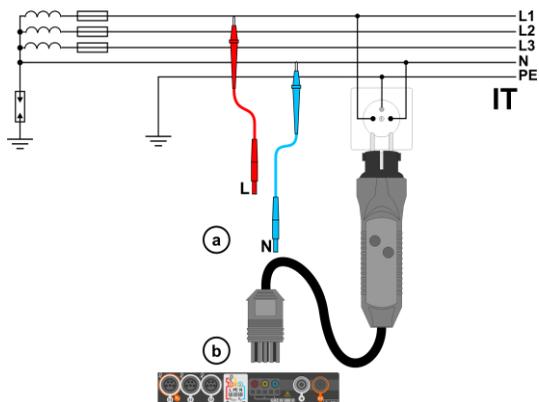
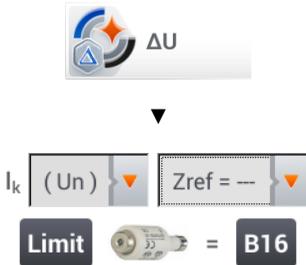


Fig. 3.6 Messung im IT Netz

### 3.3 Spannungsabfall

Diese Funktion bestimmt den Spannungsabfall zwischen zwei vom Benutzer ausgewählten Punkten des zu prüfenden Netzes. Die Prüfung basiert auf der Messung der Impedanz der L-N Kurzschluss-schleife an diesen Punkten. In einem Standard-Netz wird der Spannungsabfall normalerweise zwischen der Buchse und der Schaltanlage (Referenzpunkt) geprüft.

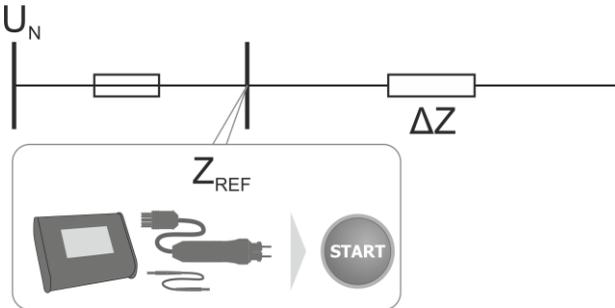
①



- Die Position  $\Delta U$  auswählen.
- Die frühere Messung mit **Zref= ---** zurücksetzen, wenn das noch nicht getan wurde.
- Den **Grenzwert** für den Spannungsabfall  $\Delta U_{MAX}$  eingeben.
- Die **Art der Sicherung** der zu prüfenden Schaltung eingeben.

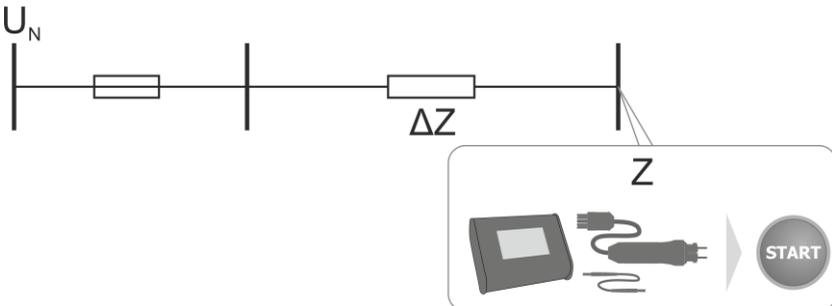
②

- Das Messgerät vom Referenzpunkt des geprüften Netzes wie bei der Messung von  $Z_{L-N}$  trennen.
- **START** drücken.



③

- Die Einstellung von **Zref** auf **Z** ändern.
- Das Messgerät an den Zielpunkt wie bei der Messung von  $Z_{L-N}$  anschließen.
- **START** drücken.



## 3.4 Erdungswiderstand



### WARNUNG

- Die Messung des Erdwiderstandes kann durchgeführt werden, wenn keine Störspannungen größer 24 V auftreten. Es können Störspannungen bis zu 100 V gemessen werden.
- Über 50 V, wird dies am Prüfgerät als Gefahr signalisiert. Das Prüfgerät darf nicht an Spannungen größer 100V angeschlossen werden.

1



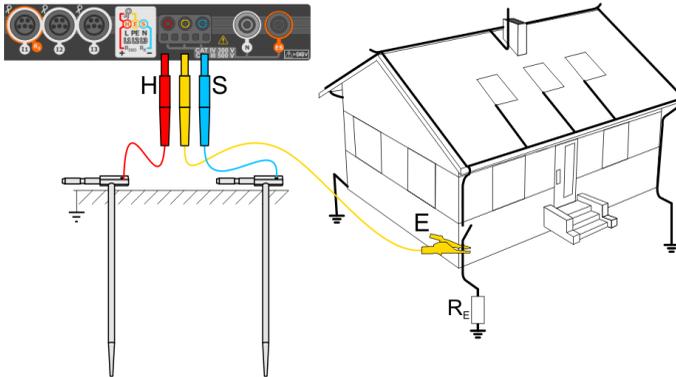
Wählen Sie  $R_E$ .

### 3.4.1 Messen des Erdungswiderstandes mit der 3-Pol-Methode ( $R_{E3P}$ )

Die 3P Messmethode ist die grundlegende Form der Erdungsmessung.

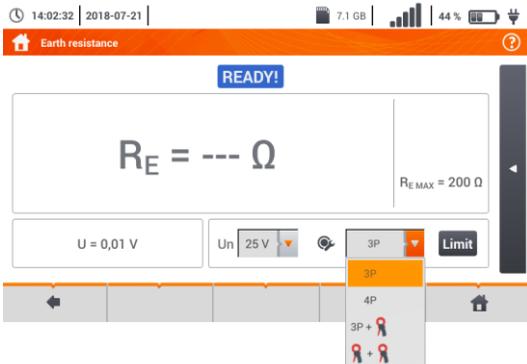
1 Trennen Sie die Erdung der Installation des Gebäudes auf.

2



- Schlagen Sie die **Strom**-Elektrode in das Erdreich und schließen Sie diese an der **H** Buchse am Prüfgerät an.
- Schlagen Sie die **Spannungs**-Elektrode in das Erdreich und schließen Sie diese an der **S** Buchse am Prüfgerät an.
- Die zu testende Erdungselektrode muss an der Buchse **E** angeschlossen werden.
- Es wird empfohlen, die zu testende **Erdungselektrode**, sowie **H** und **S** gerade und in den entsprechenden Abständen, gemäß den Regeln der Erdungsmessung, zu einander auszurichten.

3

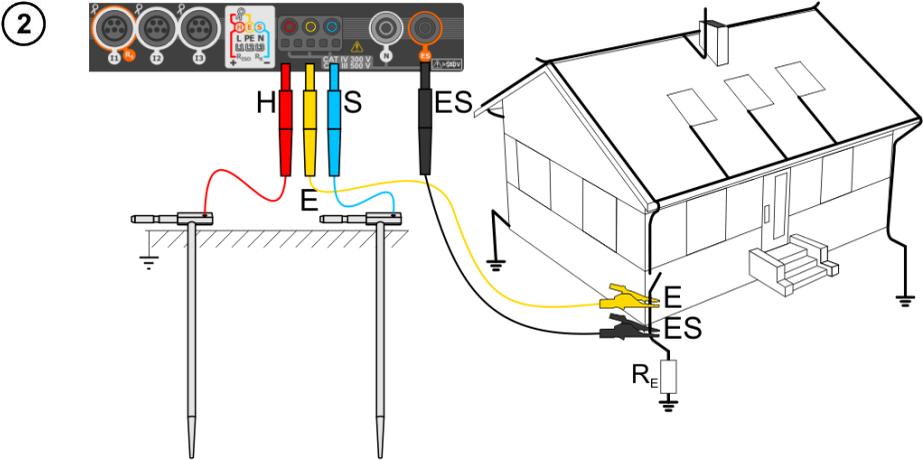


• Wählen Sie die **3P** Option im Messmenü.

• Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

### 3.4.2 Messen des Erdungswiderstandes mit der 4-Leiter-Methode ( $R_{E4P}$ )

1 Trennen Sie die Erdung der Installation des Gebäudes auf.



- Schlagen Sie die **Strom**-Elektrode in das Erdreich und schließen Sie diese an der **H** Buchse am Prüfgerät an.
- Schlagen Sie die **Spannungs**-Elektrode in das Erdreich und schließen Sie diese an der **S** Buchse am Prüfgerät an.
- Die zu testende Erdungselektrode muss an der Buchse **E** angeschlossen werden.
- Die **ES** Buchse muss unterhalb der **E** Elektrode der zu testenden Erde angeschlossen werden.
- Es wird empfohlen, die zu testende **Erdungselektrode** sowie **H** und **S** gerade und in den entsprechenden Abständen, gemäß den Regeln der Erdungsmessung, zu einander auszurichten.

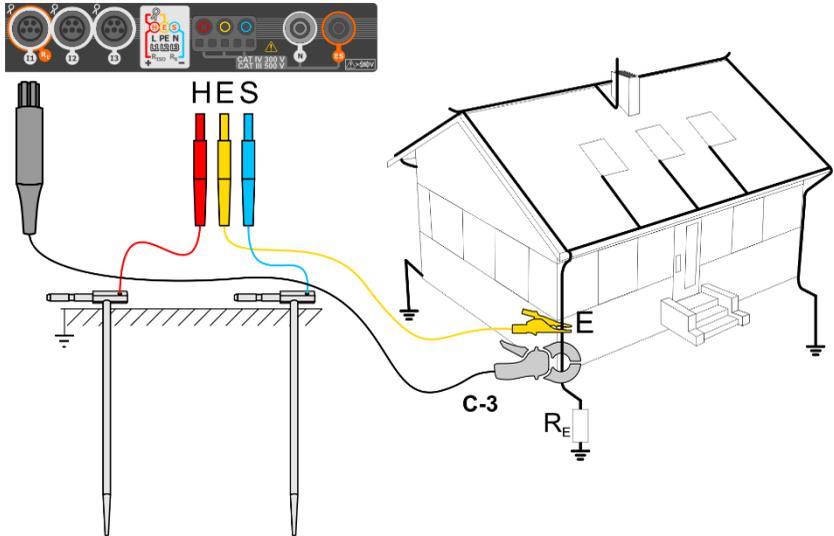
3 14:03:04 | 2018-07-21 7.1 GB 44% ? • Wählen Sie die **4P** Option im Messmenü.



- Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

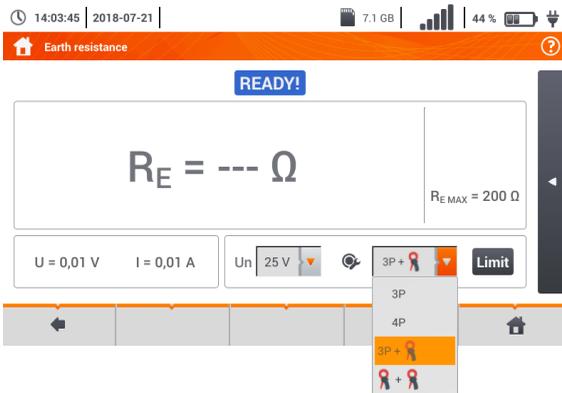
### 3.4.3 Messen des Erdungswiderstandes mit der 3-Pol-Methode und zusätzli-chen Zange ( $R_{E3P+C}$ )

1



- Schlagen Sie die **Strom**-Elektrode in das Erdreich und schließen Sie diese an der **H** Buchse am Prüfgerät an.
- Schlagen Sie die **Spannungs**-Elektrode in das Erdreich und schließen Sie diese an der **S** Buchse am Prüfgerät an.
- Es wird empfohlen, die zu testende **Erdungselektrode** sowie **H** und **S** gerade und in den entsprechenden Abständen, gemäß den Regeln der Erdungsmessung, zu einander auszurichten.
- Die **Messzange** sollte an der zu messenden Erde unterhalb des Anschlusspunktes von **E** angebracht werden.
- **Der Pfeil auf der Zange** kann in jede Richtung gerichtet werden.

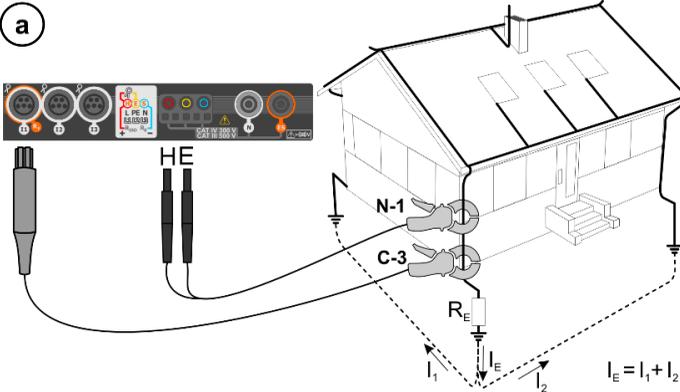
2



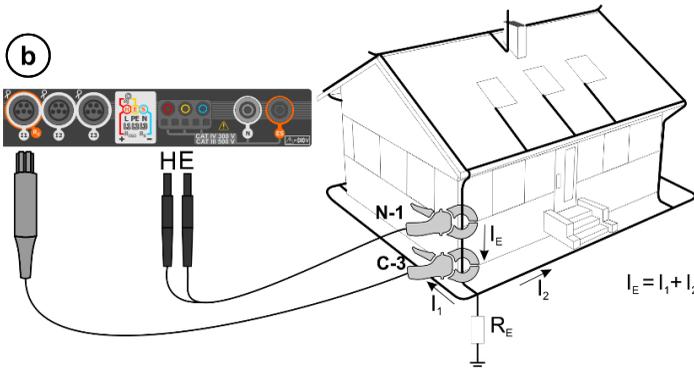
- Wählen Sie die **3P+Zange** Option im Messmenü.
- Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

### 3.4.4 Messen des Erdungswiderstandes mit der 2-Zangen-Methode (2C)

1 a



b



- Die Sende- und Messzange sollten in einem **Abstand von mindestens 30 cm** zueinander an der zu messenden Erde angebracht werden.
- **Der Pfeil auf der Zange** kann in jede Richtung gerichtet werden.
- Verbinden Sie die **Sendezangen N-1** an die **H** und **E** Buchse
- Verbinden Sie die **Messzange C-3** mit der Zangenbuchse.

2



- Wählen Sie die **Zange + Zange** Option im Messmenü.

- Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

### 3.5 Spezifische Erdwiderstand

Die spezifische Erdwiderstandsmessung, wird bei der Planung und Erstellung von Erdungsanlagen oder geologischen Messungen verwendet: Die Messung des spezifischen Erdwiderstandes  $\rho$  ist bis auf die Eingabe der Entfernung zwischen den Elektroden identisch. Das Messergebnis ist der spezifische Widerstand, dies wird automatisch nach der Formel der Wenner Methode berechnet:

$$\rho = 2\pi LR_E$$

wobei:

L – Entfernung zwischen den Elektroden (alle Entfernungen müssen gleich sein),

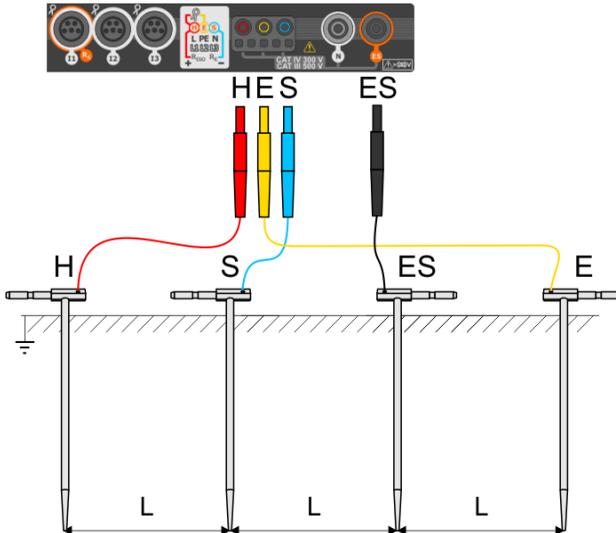
$R_E$  – Gemessener Widerstand.

1



Wählen Sie **Ωm**.

2



- Schlagen Sie die 4 Sonden **in einer Linie** und **gleichen** Abständen in die Erde
- Verbinden Sie die Sonden gemäß der obigen Zeichnung

3



- Rufen Sie das Messmenü auf
- Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

### 3.6 RCD Parameter

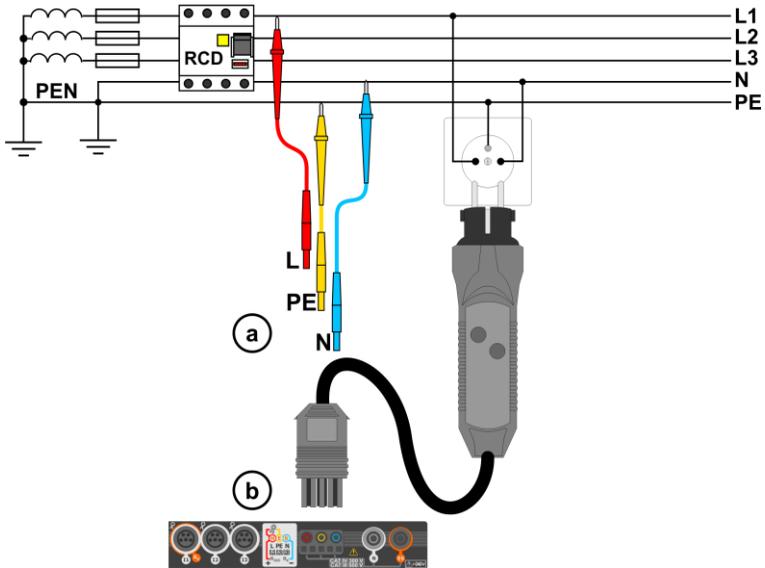
①



Wählen Sie **RCD I<sub>A</sub>** oder **RCD t<sub>A</sub>**.

②

Verbinden Sie das Prüfgerät gemäß der Zeichnung unten mit der Installation



③

Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

### 3.6.1 Messung in IT Netzen

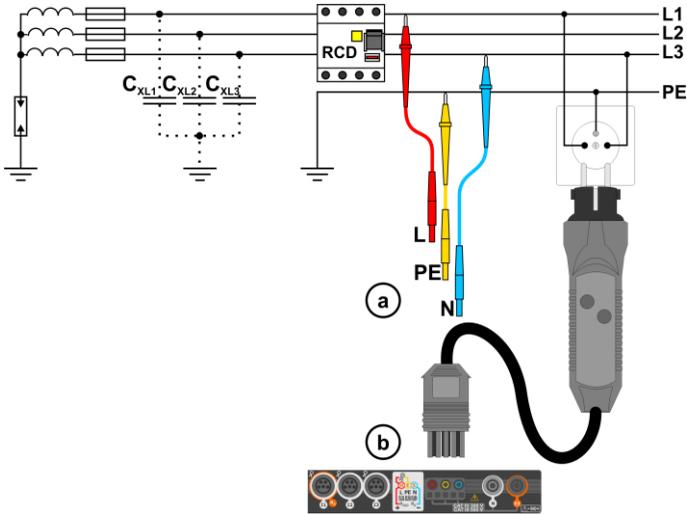
Wählen Sie vor den Messungen die entsprechende Netzform im Hauptmenü (Menü **Messeinstellungen**, Abschnitt 2.2.1).



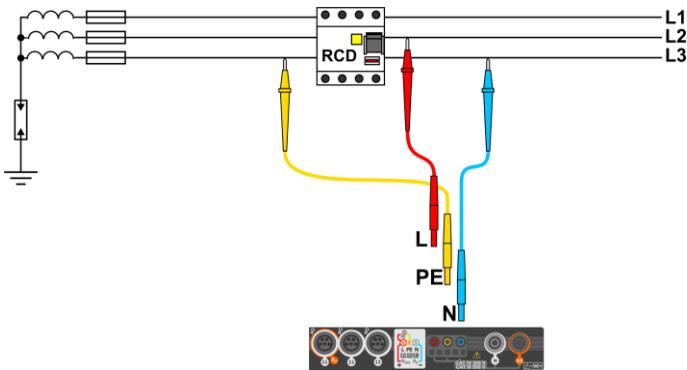
#### ACHTUNG!

Nach Auswahl des **IT Netzes**, ist die Funktion der **Kontakt Elektrode** inaktiv.

Die Art und Weise das Prüfgerät an der Installation anzuschließen wird in **Fig. 3.7** und **Fig. 3.8** gezeigt.



**Fig. 3.7 RCD Messung im IT Netz. Der Stromkreis wird durch die parasitären Kapazitäten  $C_x$  geschlossen**



**Fig. 3.8 RCD Prüfung ohne PE Anschluss**

Bereich der Betriebsspannung: **95 V ... 270 V**.

### 3.7 Automatische Messung des RCD

Das Prüfgerät ermöglicht dem Benutzer folgende automatische Messungen durchzuführen: RCD Auslösezeit ( $t_A$ ), Auslösestrom ( $I_A$ ), Berührungsspannung ( $U_B$ ) und Erdwiderstand ( $R_E$ ). In diesem Modus ist es nicht notwendig jede Messung einzeln durch die **START** Taste zu starten. Es muss lediglich einmal die **START** Taste betätigt und nach jedem Auslösen der RCD wieder aktiv geschaltet werden.

#### 3.7.1 Einstellungen zu automatischen RCD Messungen

1



Wählen Sie **RCD<sub>AUTO</sub>**.

2



• Wählen Sie **U<sub>L</sub>** und wählen Sie die entsprechende Messspannung aus der Liste.



• Wählen Sie den Differenzstrom des RCD.



• Wählen Sie die Art des RCD.

3



• Wählen Sie die zu messenden Parameter. Bezeichnungen:

**I<sub>A</sub>** Auslösestrom

**t<sub>A</sub>** Auslösezeit

+ Strom mit positiver Halbwelle voran

- Strom mit negativer Halbwelle voran

**x0.5 / 1 / 2 / 5** vielfaches des Auslösestromes gemäß IEC 61557-6

• Wählen Sie den Prüfgerätemodus:

**a** Komplet,

**b** Standard.

4a



Wird der **komplett** Modus gewählt, wählen Sie dazu den Typ des zu testenden RCDs.



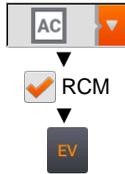
**RCD anders als EV.** Bei den Geräten dieses Typs kommt das Glied 6 mA DC nicht vor.



**RCD des Typs EV.** Hier kommt das Glied 6 mA DC vor. Unter diesen Umständen ist vor dem Test Folgendes vorzunehmen:

• Bestimmen, nach welcher Norm die Messung durchgeführt werden soll (**Abschnitt 2.2.1**),

• das Vielfache des Differenzstroms 6 mA DC bestimmen (Taste **EV**). Die Testeinstellungen variieren je nach der gewählten Norm.



**RCD anders als EV, extra geschützt von RCM** (Gerät zur Überwachung des Differenzstroms 6 mA DC, ang. *Residual Current Monitoring*). Unter diesen Umständen ist vor dem Test Folgendes vorzunehmen:

- Bestimmen, nach welcher Norm die Messung durchgeführt werden soll (**Abschnitt 2.2.1**),
- **RCM** markieren,
- das Vielfache des Differenzstroms 6 mA DC bestimmen (Taste **EV**). Die Testeinstellungen variieren je nach der gewählten Norm.

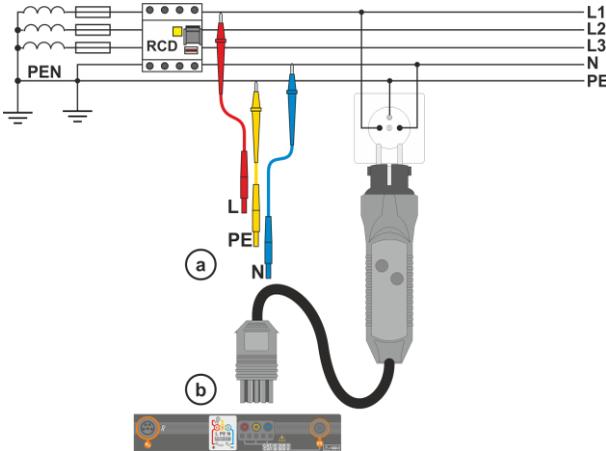
4b



Wird der **standard** Modus gewählt, wählen Sie die Wellenform des Prüfstromes. In diesem Testmodus sind RCD EV und RCM nicht verfügbar.

### 3.7.2 Automatische Messung des RCD

1 Schließen Sie das Prüfgerät gemäß der Zeichnung unten an die Installation an.



2



Wählen Sie **RCD<sub>AUTO</sub>**.

3 Wählen Sie die Messparameter wie in **Abschnitt 3.7.1** beschrieben aus.

4 Betätigen Sie **START** um den Messvorgang zu starten.

## Kriterien zu Beurteilung der Messergebnisse auf Richtigkeit

Parameter	Prüfkriterium	Anmerkung
$I_A \wedge \vee$	$0,5 I_{\Delta n} \leq I_A \leq 1 I_{\Delta n}$	-
$I_A \wedge \dots \wedge$ $I_A \Delta \dots \Delta$	$0,35 I_{\Delta n} \leq I_A \leq 2 I_{\Delta n}$	bei $I_{\Delta n} = 10 \text{ mA}$
$I_A \wedge \dots \wedge$ $I_A \Delta \dots \Delta$	$0,35 I_{\Delta n} \leq I_A \leq 1.4 I_{\Delta n}$	Bei anderen $I_{\Delta n}$
$I_A \dots$	$0,5 I_{\Delta n} \leq I_A \leq 2 I_{\Delta n}$	-
$I_A \dots 6 \text{ mA}$	$3 \text{ mA} \leq I_A \leq 6 \text{ mA}$	für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> 6 mA DC und RCM (gemäß IEC 62955 und IEC 62752)
$t_A$ bei $0.5 I_{\Delta n}$	$t_A \rightarrow \text{rcd}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bei allen RCD Typen</li> <li>▪ für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> Teil AC</li> </ul>
$t_A$ bei $1 I_{\Delta n}$	$t_A \leq 300 \text{ ms}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bei allgemeinen RCDs <input type="checkbox"/></li> <li>▪ für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> Teil AC</li> </ul>
$t_A$ bei $2 I_{\Delta n}$	$t_A \leq 150 \text{ ms}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bei allgemeinen RCDs <input type="checkbox"/></li> <li>▪ für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> Teil AC</li> </ul>
$t_A$ bei $5 I_{\Delta n}$	$t_A \leq 40 \text{ ms}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bei allgemeinen RCDs <input type="checkbox"/></li> <li>▪ für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> Teil AC</li> </ul>
$t_A$ bei $1 I_{\Delta n}$	$130 \text{ ms} \leq t_A \leq 500 \text{ ms}$	bei selektiven RCDs <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">S</span>
$t_A$ bei $2 I_{\Delta n}$	$60 \text{ ms} \leq t_A \leq 200 \text{ ms}$	bei selektiven RCDs <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">S</span>
$t_A$ bei $5 I_{\Delta n}$	$50 \text{ ms} \leq t_A \leq 150 \text{ ms}$	bei selektiven RCDs <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">S</span>
$t_A$ bei $1 I_{\Delta n}$	$10 \text{ ms} \leq t_A \leq 300 \text{ ms}$	für kurzzeitverzögerte RCDs <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">G</span>
$t_A$ bei $2 I_{\Delta n}$	$10 \text{ ms} \leq t_A \leq 150 \text{ ms}$	für kurzzeitverzögerte RCDs <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">G</span>
$t_A$ bei $5 I_{\Delta n}$	$10 \text{ ms} \leq t_A \leq 40 \text{ ms}$	für kurzzeitverzögerte RCDs <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">G</span>
$t_A$ bei $1 I_{\Delta n}$	$t_A \leq 10 \text{ s}$	für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> 6 mA und RCM ( $I_A = 6 \text{ mA}$ gemäß IEC 62955 und IEC 62752)
$t_A$ bei $10 I_{\Delta n}$	$t_A \leq 300 \text{ ms}$	für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> 6 mA und RCM ( $I_A = 60 \text{ mA}$ gemäß IEC 62955 und IEC 62752)
$t_A$ bei $33 I_{\Delta n}$	$t_A \leq 100 \text{ ms}$	für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> 6 mA und RCM ( $I_A = 200 \text{ mA}$ gemäß IEC 62955)
$t_A$ przy $50 I_{\Delta n}$	$t_A \leq 40 \text{ ms}$	für RCD <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">EV</span> 6 mA und RCM ( $I_A = 300 \text{ mA}$ gemäß IEC 62752)

### 3.8 Isolationswiderstand



#### WARNUNG

- Das zu prüfende Objekt darf nicht unter Spannung stehen
- Während der Messung wird eine gefährliche Spannung von bis zu 1 kV an den Enden der Prüfspitzen ausgegeben.
- Es ist verboten, die Prüflleitungen vom Objekt zu trennen bevor die Messung beendet ist. Nicht einhalten der obigen Anweisungen führen zu einem elektrischen Schlag durch Hochspannung und auch zu keiner Entladung des geprüften Objektes.

1



Wählen Sie  $R_{ISO}$ .

2

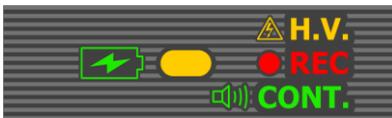


- Verbinden Sie die Sonde oder den Adapter mit, der die Messung durchgeführt werden soll.

- Wählen Sie andere Einstellungen und führen Sie die Messung durch betätigen der **START** Taste am Gerät aus.

Die Auswahlmöglichkeiten am Display variieren je nach dem, was am Prüfgerät angeschlossen wurde:

- (a) Sonden
- (b) UNI-Schuko Adapter
- (c) AutoISO-1000C Adapter.



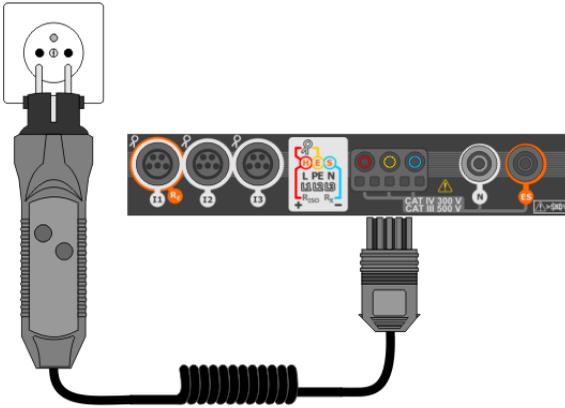
Während der Messung leuchtet die **H.V./REC/CONT.** Diode **orange**.

a



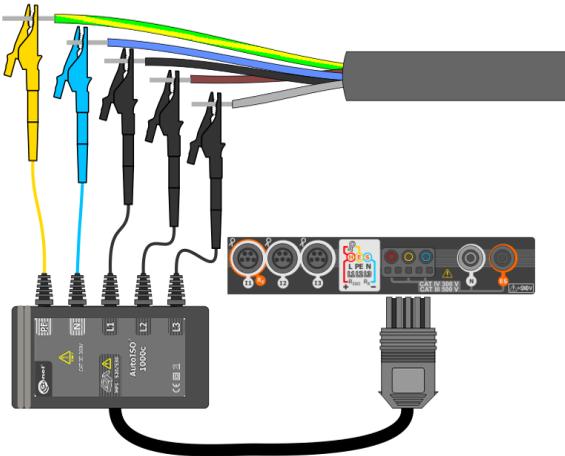
Messung mit Sonden

b



Messung mit UNI-Schuko Adapter (WS-03 und WS-04).

c



Messung mit AutoISO-1000c Adapter.

## 3.9 Niedervolt-Widerstandsmessung

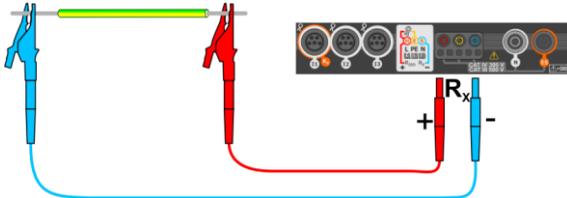
### 3.9.1 Messen des Widerstandes

①



Wählen Sie  $R_x$

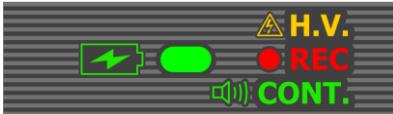
②



• Verbinden Sie das Prüfgerät mit dem Messobjekt.

• Die Messung startet automatisch.

• Während der Messung leuchtet die **H.V./REC/CONT Diode grün** und ein Signalton wird hörbar.



**ACHTUNG!**

Werden die Symbole  **VOLTAGE!** angezeigt, so steht das Testobjekt unter Spannung. Die Messung wird blockiert. **Das Prüfgerät muss sofort vom Objekt getrennt werden.**

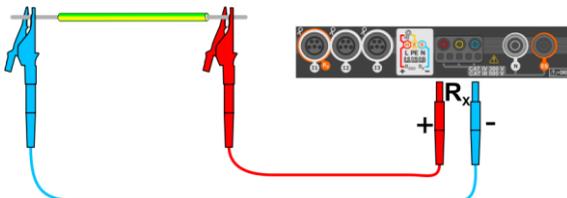
### 3.9.2 Schutzleiterwiderstandsmessung mit $\pm 200$ mA Prüfstrom

①



Wählen Sie  $R_{CONT}$

②



• Verbinden Sie das Prüfgerät mit dem Messobjekt.

• Die Messung startet automatisch.



**ACHTUNG!**

Werden die Symbole  **VOLTAGE!** angezeigt, so steht das Testobjekt unter Spannung. Die Messung wird blockiert. **Das Prüfgerät muss sofort vom Objekt getrennt werden.**

### 3.10 Phasensequenz

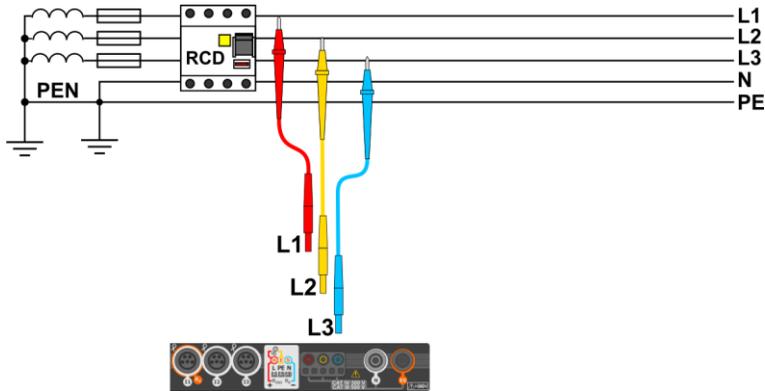
1



Wählen Sie 1-2-3

2

Schließen Sie das Prüfgerät gemäß der Zeichnung unten an an der Installation an.



3



Die Phasensequenz ist **korrekt**, wenn die Richtung **im Uhrzeigersinn** angezeigt wird.

Die Phasensequenz ist **nicht korrekt**, wenn die Richtung **gegen den Uhrzeigersinn** angezeigt wird.

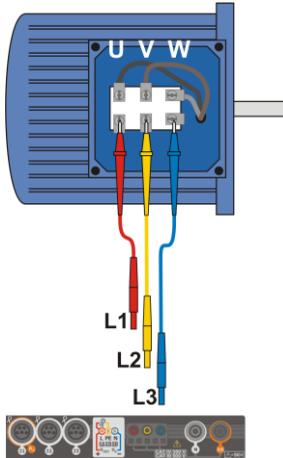
### 3.11 Motordrehrichtung

1



Wählen Sie **U-V-W**.

2



- Schließen Sie das Prüfgerät am Motor gemäß der Zeichnung an.

3



Die Pfeilrichtung drehend **nach rechts**, bedeutet der Motor ist an ein 3-Phasen Netz angeschlossen und die Motorwelle ist **rechtsläufig**.

Die Pfeilrichtung drehend **nach links**, bedeutet der Motor ist an ein 3-Phasen Netz angeschlossen und die Motorwelle ist **linksläufig**.

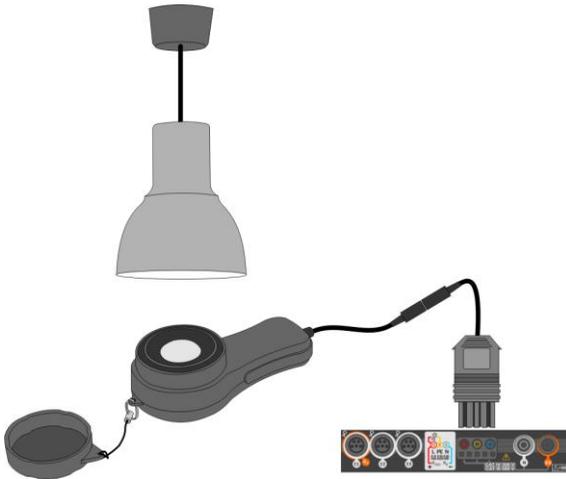
### 3.12 Beleuchtungsstärke

1



Wählen Sie **Lux**.

2

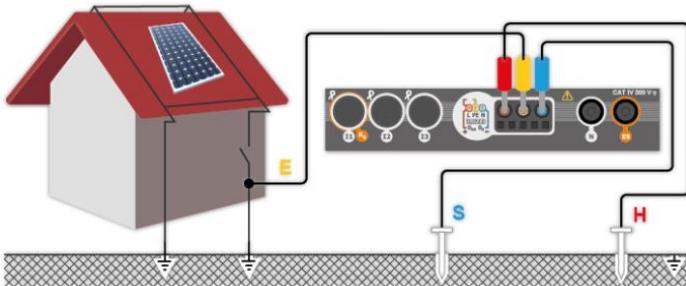


Schließen Sie die optische Sonde an und halten Sie diese gegen das Messfeld zur Lichtquelle. Am Prüfgerät wird das Messergebnis angezeigt.

### 3.13 MPI-540-PV Erdungswiderstand (PV)



Das Messsystem anschließen. Die Messung wird analog wie in **Kap. 3.4** beschrieben durchgeführt.



### 3.14 MPI-540-PV **Isolationswiderstand (PV)**



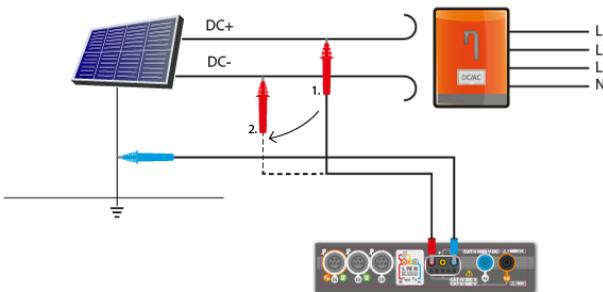
#### WARNUNG

- Während der Messung wird eine gefährliche Spannung von bis zu 1 kV an den Enden der Prüfspitzen ausgegeben.
- **Es ist verboten**, die Prüflleitungen vom Objekt zu trennen bevor die Messung beendet ist. Nicht einhalten der obigen Anweisungen führen zu einem elektrischen Schlag durch Hochspannung und auch zu keiner Entladung des geprüften Objektes.



Die Messung wird analog zu **Kap. 3.8** durchgeführt. Der Isolationswiderstand muss zwischen dem positiven Pol (DC+) und der Masse sowie zwischen dem negativen Pol (DC-) und Masse gemessen werden. Für diesen Zweck:

- Die Erdung mit der Buchse  $R_{ISO-}$  des Messgerätes, die DC+-Linie mit der Buchse  $R_{ISO+}$  verbinden, im Gerät die Methode **Riso+** auswählen und die Messung starten,
- die DC--Linie mit der Buchse  $R_{ISO+}$  verbinden, im Gerät die Methode **Riso-** auswählen und die Messung starten.



Nach der Anwahl der Leiste  auf der rechten Seite des Bildschirms erscheint ein Menü mit zusätzlichen Messergebnissen.

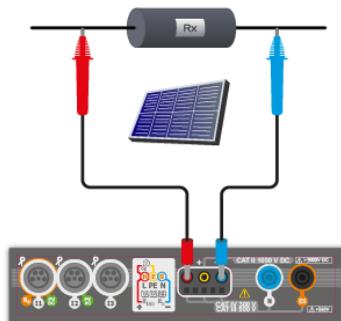
**Uiso L-N** – Messspannung

Nach Anwahl der Leiste  wird das Menü ausgeblendet.

### 3.15 MPI-540-PV **Kontinuität der Verbindungen (PV)**



Das Messsystem anschließen. Die Messung wird analog wie in **Kap. 3.9.2** beschrieben durchgeführt.



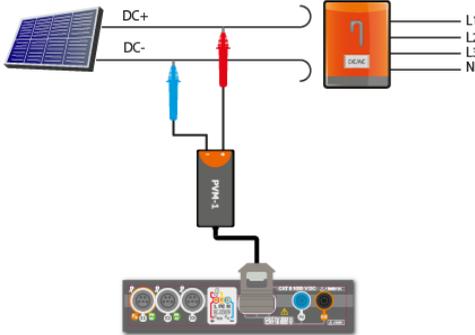
### 3.16 MPI-540-PV Spannung DC des offenen Kreises $U_{OC}$

1



Die Position  $U_{OC}$  auswählen, um den Messbildschirm aufzurufen.

2



Den Wechselrichter ausschalten oder das untersuchte Objekt davon trennen. An die PV-Modulkette über den PVM-1 Adapter und die Adapter der MC4 Steckverbinder das Messgerät anschließen. Es werden folgende Parameter gemessen:

$U_{OC}$  – Spannung des offenen Kreises,  
 $U_{OC,STC}$  – Spannung des offenen Kreises nach der Umrechnung in STC-Bedingungen\*,

$\Delta U_{OC}$  – Differenz zwischen der Spannung des offenen Kreises (gemessen und auf STC-Bedingungen umgerechnet) und der durch den Hersteller des Moduls erklärten Spannung, auch auf STC-Bedingungen umgerechnet.

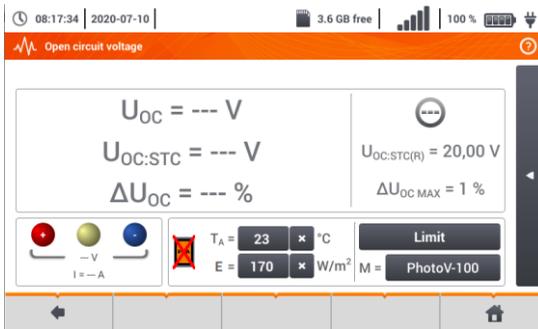
\*STC (Standard Test Conditions) – Bezugsbedingungen, für die der Hersteller alle Modulparameter angibt.



#### WARNUNG

MC4 Steckverbinder nicht trennen, wenn der Laststrom des betriebenen Wechselrichters dadurch fließt. Dies kann zur Lichtbogenbildung führen und eine Gefahr für den Benutzer darstellen!

3



Alle Prüfparameter eingeben:

$T_A$  – Umgebungstemperatur, sofern die Messquelle der Temperatur = Luft (**Kap. 2.2.1**),

$T_{PV}$  – Modultemperatur, sofern die Messquelle der Temperatur = Modul (**Kap. 2.2.1**),

$E$  – Bestrahlungsstärke,

**Limit** – Einstellung des Wertes von  $\Delta U_{OC,MAX}$ ,

**M** – Photovoltaik-Modul aus der Datenbank des Messgerätes (**Kap. 2.2.2**).

Darüber hinaus werden auf dem Bildschirm angezeigt:

$U_{OC,STC(R)}$  – die vom Hersteller erklärte Spannung des offenen Kreises unter STC-Bedingungen,

$\Delta U_{OC,MAX}$  – eingestellter Grenzwert von  $\Delta U_{OC}$



Die Parameter  $T_A$ ,  $T_{PV}$ ,  $E$  kommen von dem Bestrahlungsstärkemessgerät, wenn es mit dem Messgerät verbunden ist. Siehe auch **Kap. 2.3.2**.

4



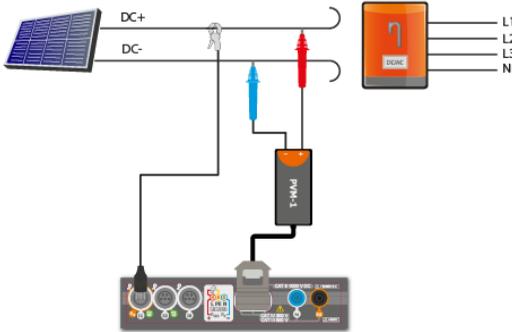
Drücken Sie die **START** Taste.

### 3.17 MPI-540-PV Kurzschlußstrom DC $I_{sc}$

1



2



**WARNUNG**  
**MC4 Steckverbinder nicht trennen, wenn der Laststrom des betriebenen Wechselrichters dadurch fließt. Dies kann zur Lichtbogenbildung führen und eine Gefahr für den Benutzer darstellen!**

Die Position  $I_{sc}$  auswählen, um den Messbildschirm aufzurufen. Anschließend die Zange zurücksetzen (**Kap. 3.19**).

Den Wechselrichter ausschalten oder das untersuchte Objekt davon trennen. An die PV-Modulkette über den PVM-1 Adapter und die Adapter der MC4 Steckverbinder das Messgerät anschließen. Es werden folgende Parameter gemessen:

$I_{sc}$  – Kurzschlussstrom  
 $I_{sc,STC}$  – Kurzschlussstrom nach Umrechnung auf STC-Bedingungen\*,

$\Delta I_{sc}$  – Differenz zwischen dem Kurzschlussstrom (gemessen und auf STC-Bedingungen umgerechnet) und dem durch den Hersteller des Moduls erklärten Strom, auch auf STC-Bedingungen umgerechnet.

\*STC (Standard Test Conditions) – Bezugsbedingungen, für die der Hersteller alle Modulparameter angibt.

3



Alle Prüfparameter eingeben:

$T_A$  – Umgebungstemperatur, sofern die Messquelle der Temperatur = Luft (**Kap. 2.2.1**),

$T_{PV}$  – Modultemperatur, sofern die Messquelle der Temperatur = Modul (**Kap. 2.2.1**),

$E$  – Bestrahlungsstärke,

**Limit** – Einstellung des Wertes von  $\Delta I_{sc,MAX}$ ,

**M** – Photovoltaik-Modul aus der Datenbank des Messgerätes (**Kap. 2.2.2**).

Darüber hinaus werden auf dem Bildschirm angezeigt:

$I_{sc,STC(R)}$  – der vom Hersteller erklärte Kurzschlussstrom unter STC-Bedingungen,

$\Delta I_{sc,MAX}$  – eingestellter Grenzwert von  $\Delta I_{sc}$ .



Die Parameter  $T_A$ ,  $T_{PV}$ ,  $E$  kommen von dem Bestrahlungsstärkemessgerät, wenn es mit dem Messgerät verbunden ist. Siehe auch **Kap. 2.3.2**.

4



Ggf. die Zange erneut zurücksetzen.. Drücken Sie die **START** Taste.

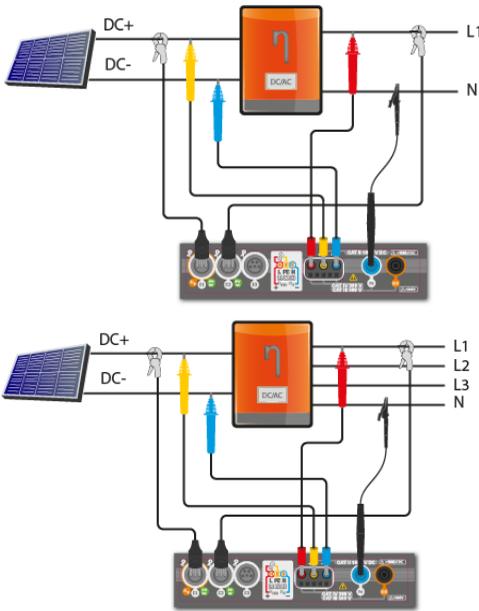
### 3.18 MPI-540-PV Test des Wechselrichterfeldes $\eta$ , $P$ , $I$

1



Die Position  $\eta$ ,  $P$ ,  $I$  auswählen, um den Messbildschirm aufzurufen. Anschließend die Zange zurücksetzen (**Kap. 3.19**).

2

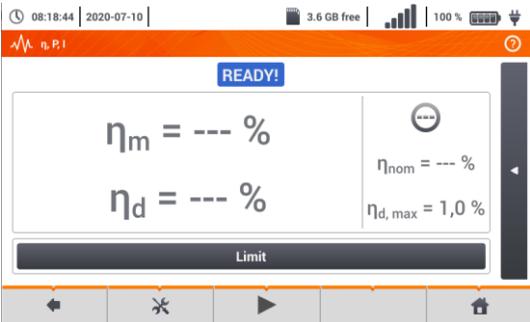


Messgerät an das Objekt anschließen. Es werden folgende Parameter gemessen:

- am Eingang des Wandlers (DC),
- am Ausgang des Wandlers (AC).

◀ Im Falle eines 3-Phasen-Wandlers wird bei der Messung die Symmetrie der Ausgangsströme und -spannungen auf der AC-Seite angenommen.

3



Mit dem Icon können die im Bildschirm angezeigten Daten ausgewählt werden:

- ⇒ Ströme am Eingang ( $I_{DC}$ ) und Ausgang ( $I_{AC}$ ),
- ⇒ Leistungen am Eingang ( $P_{DC}$ ) und Ausgang ( $P_{AC}$ ),
- ⇒ Wirkungsgrad des Wandlers ( $\eta_m$ ) und Differenz zwischen dem gemessenen und vom Hersteller erklärten Wirkungsgrad des Wechselrichters ( $\eta_d$ ).

**Limit** auswählen, um das Kriterium für die max. Differenz zwischen dem gemessenen und vom Hersteller erklärten Wirkungsgrad des Wechselrichters einzustellen.

Ggf. die Zange erneut zurücksetzen.

Mit dem Symbol zur Konfiguration der Messung wechseln. Siehe **Kapp. 3.18.1, 3.18.2**.

4



**START** drücken. Die aktuelle Anzeige wird übernommen und auf dem Hauptbildschirm angezeigt.

### 3.18.1 Messkonfiguration

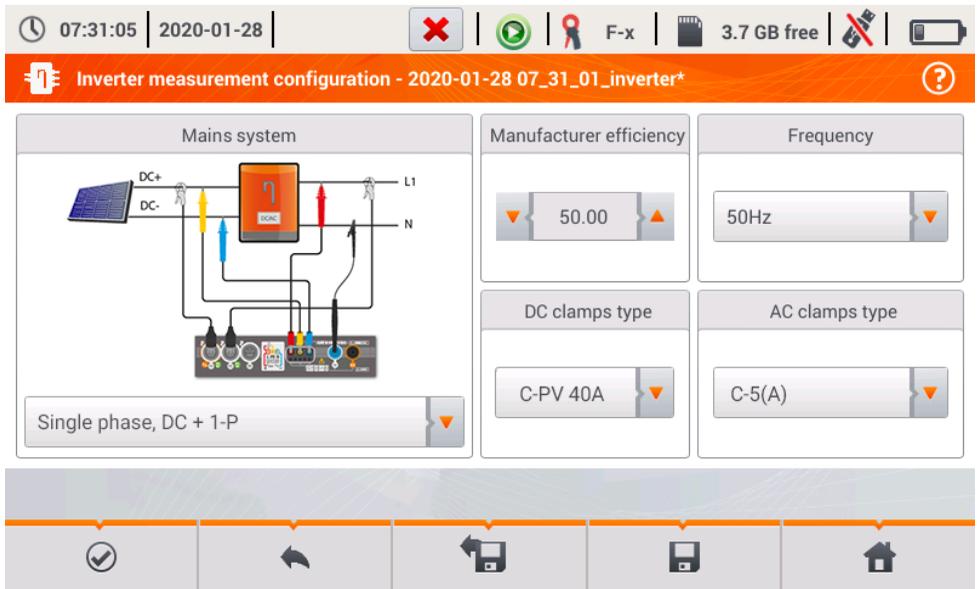


Abb. 3.9. Setup-Bildschirm zur Wirkungsgradmessung des Wechselrichters

Stellen Sie die Parameter des geprüften Wechselrichters im Setup-Bildschirm ein:

- **Netzsystem** – es stehen zwei Typen zur Wahl:
  - **Einphasig, DC + 1-P**  
Wählen Sie diesen Systemtyp im Falle einphasiger Wechselrichter mit einem Wechselstromausgang aus.
  - **Dreiphasig, DC + 4-P**  
Es ist nur möglich, den Wirkungsgrad der dreiphasigen Vierleiter-Wechselrichter zu messen (Sternsystem mit Neutralleiter).
- **Wirkungsgrad des Herstellers** – der vom Hersteller erklärte Wirkungsgrad Dieser Wert wird verwendet, um den gemessenen mit dem erklärten Wirkungsgrad zu vergleichen.
- **Typ DC-Messzange** – die Auswahl der Messzange für die Strommessung auf der DC-Seite des Wechselrichters.
- **Typ AC-Messzange** – die Auswahl der Messzange für die Strommessung auf der AC-Seite des Wechselrichters.
- **AC-Frequenz** – die Nennfrequenz des Wechselstromausgangs vom Wechselrichter.

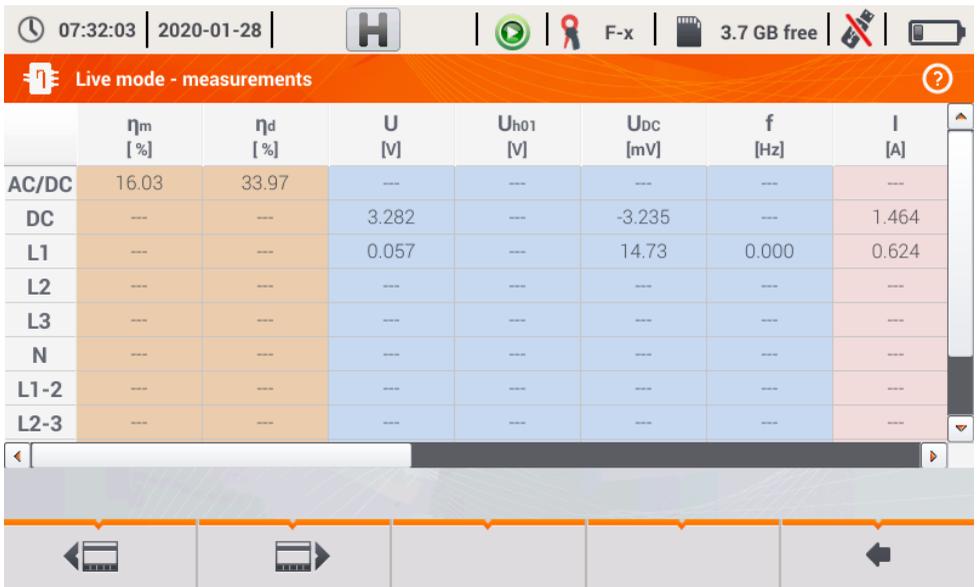
Nachdem die erforderlichen Parameter eingestellt wurden, können unmittelbar entsprechende Messungen durchgeführt werden.

## Beschreibung der Funktionssymbole

-  Wechsel zum Messbildschirm (Ist-Werte in einer tabellarischen Darstellung) mit den eingegebenen Einstellungen (ohne Speicherung der Konfiguration).
-  die Speicherung der Konfiguration für den Wirkungsgrad des Wechselrichters in einer Datei, mit der Möglichkeit, unmittelbar nach der Speicherung zur Messung zu übergehen (Feld **Zu laufenden Anzeigen wechseln** im Dialogfenster, das eingeblendet wird).
-  Wechsel zur Liste der gespeicherten Konfigurationen für den Wirkungsgrad des Wechselrichters und Erstellung einer neuen Konfiguration. Die Konfigurationen werden ähnlich wie Messkonfigurationen dargestellt, ihnen ist das Icon  zugeordnet. Ein Doppelklick auf die ausgewählte Konfiguration öffnet sie automatisch; es erfolgt der Wechsel zur Anzeige der Einstellwerte für den Wirkungsgrad des Wechselrichters. Die Schaltfläche der Menüleiste  dient zur Hinzufügung neuer Konfigurationen für den Wirkungsgrad des Wechselrichters (es wird ein Fenster wie in **Abb. 3.10** dargestellt, mit Standardeinstellungen eingeblendet). Das Icon  dient zur Bearbeitung der ausgewählten Konfiguration.

### 3.18.2 Ist-Messwerte

Nach dem Wechsel zum Bildschirm der Ist-Messwerte werden alle Parameter der gemessenen Wechselrichterschaltung in einer tabellarischen Darstellung präsentiert.

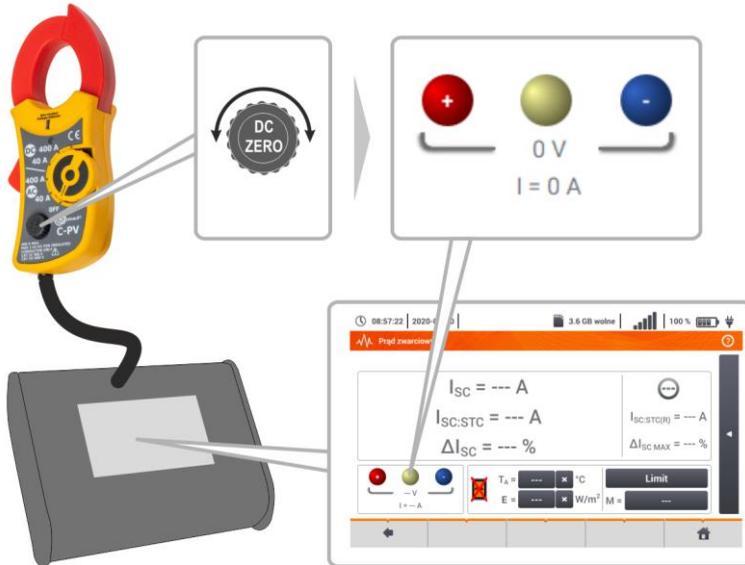


AC/DC	$\eta_m$ [%]	$\eta_d$ [%]	U [V]	U <sub>h01</sub> [V]	U <sub>dc</sub> [mV]	f [Hz]	I [A]
DC	16.03	33.97	---	---	---	---	---
L1	---	---	3.282	---	-3.235	---	1.464
L2	---	---	0.057	---	14.73	0.000	0.624
L3	---	---	---	---	---	---	---
N	---	---	---	---	---	---	---
L1-2	---	---	---	---	---	---	---
L2-3	---	---	---	---	---	---	---

Abb. 3.10. Ist-Messwerte in der tabellarischen Darstellung im Wirkungsgradmessmodus des Wechselrichters

### 3.19 MPI-540-PV C-PV Zange zurücksetzen

Vor der Messung von  $I_{SC}$  und Prüfung des Wechselrichters (**Kap. 3.17, 3.18**) die C-PV Messzange zurücksetzen. Dazu die Messzange an das Messgerät anschließen. Den Drehknopf **DC ZERO** am Gehäuse der Messzange so positionieren, dass die Strom- und Spannungswerte möglichst gleich Null sind. Erst dann kann die Messzange an dem Prüfobjekt angeschlossen werden.

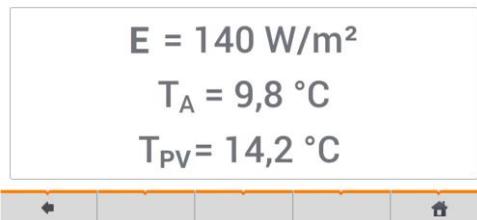


### 3.20 MPI-540-PV Irradiation (Einstrahlung) und Temperatur

1 Koppeln Sie das Gerät und das Bestrahlungsstärkemessgerät gemäß **Kapitel 2.3.2**.

2  Wählen Sie **Irr**, um den Messbildschirm aufzurufen.

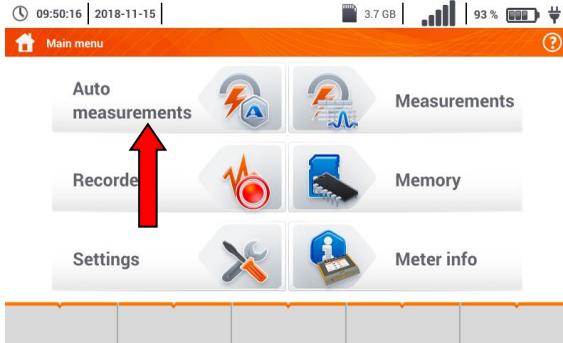
3  Verbinden Sie das Bestrahlungsstärkemessgerät mit dem Prüfobjekt. Auf dem Bildschirm werden die aktuellen Messwerte angezeigt:



**E** – Einstrahlung,  
**T<sub>A</sub>** – Umgebungstemperatur,  
**T<sub>PV</sub>** – PV-Modultemperatur.

## 4 Automatische Messungen

Im Messgerät sind automatische Testverfahren enthalten.



### 4.1 Automatische Messungen

1



Messsequenzen werden in zwei Ordnern gruppiert:

- ⇒ Messungen in TN/TT/IT-Netzen,
- ⇒ Messungen für die Elektrofahrzeug-Ladestationen EVSE.

Den gewünschten Ordner und die Sequenz aus der Liste auswählen.

2



Das Messgerät an das Messsystem anschließen.

In jedem Einstellungsfeld die Art des Messgeräts, die Installationsparameter und andere erforderliche Daten eingeben.

#### Beschreibung der Funktionssymbole

- Hilfe für die Messung
- Einstellungsfelder verstecken
- Einstellungsfelder anzeigen
- Speicherung der eingegebenen Messdaten

3



Drücken Sie **START**. Die automatische Messsequenz wird eingeleitet.

4



◀ Bildschirm nach der Ausführung einer Messung aus der Sequenz.

Beschreibung der Funktionssymbole

- ◻ Verfahren stoppen und zur Übersicht gehen
- ↺ Messung wiederholen und das Ergebnis überschreiben
- ↺+ Messung wiederholen ohne das vorherige Ergebnis zu verlieren
- || Verfahren stoppen
- ▶▶ zum nächsten Schritt oder zur Übersicht gehen. Die Zeit des automatischen Übergangs zum nächsten Schritt wird gemäß **Kapitel 2.2.1**.

5



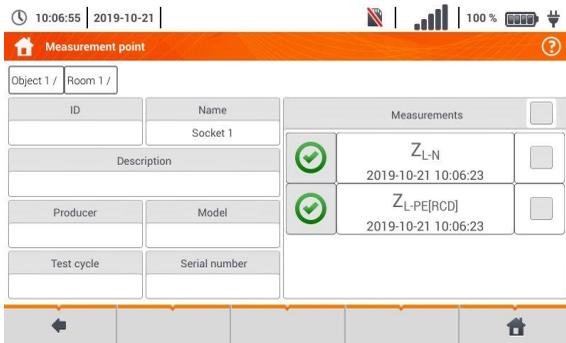
◀ Übersichtsbildschirm

Das Verfahren kann mit der Taste erneut gestartet werden.

Jede Messung in der Sequenz enthält Teilergebnisse. Um sie aufzurufen, berühren Sie das Etikett **dieser Messung**. Es wird ein Fenster wie für eine Einzelmessung geöffnet. Das Fenster kann man mit dem Symbol verlassen.

Mit dem Symbol wird die Messung im Messgerät gespeichert. Detaillierte Beschreibung der Speicherverwaltung ist im **Kapitel 6.1.3** enthalten.

6



Alle Messungen der Sequenz werden an einem Messpunkt gespeichert.

Grenzwertbewertung

- Ergebnis innerhalb des eingestellten Grenzwertes
- Ergebnis außerhalb des eingestellten Grenzwertes
- Keine Bewertung möglich
- Keine Messung durchgeführt

## 4.2 Messverfahren erstellen

1

Name	Modified
TN/TT/IT	2020-03-26 15:35:03
EVSE	2020-03-26 15:35:03

- + auswählen, um zum Sequenz-Assistenten zu gelangen.

- + auswählen, um die gewünschte Messung dem Messverfahren hinzuzufügen.



2



Unter zur Verfügung stehenden Elementen dasjenige auswählen, das in das Messverfahren aufgenommen werden soll. Neben Standardmessungen sind auch verfügbar:

- ⇒ Kurztextinhalte,
- ⇒ Sichtprüfung.

3



Nach jeder Auswahl wird ein Menü mit Parametern des jeweiligen Schrittes eingeblendet.

Sehen Prüfungen die Messungen in Elektrofahrzeug-Ladestationen vor, das Feld **EV** markieren.

Beschreibung der Funktionssymbole

- Hilfe für die Messung
- Einstellungsfelder ausblenden
- Einstellungsfelder einblenden
- Speicherung der eingegebenen Messdaten

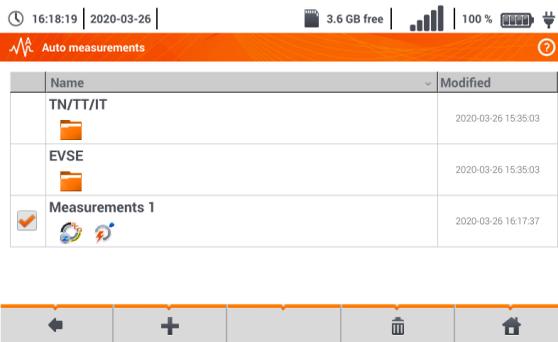
4



• Die Reihenfolge der Schritte wird mit den Tasten geändert. Der Schritt wird mit der Taste gelöscht.

• Das Messverfahren wird mit der Taste gespeichert. Es erscheint ein Dialogfenster, in dem der Name des Messverfahrens einzugeben ist.

5



Das Messverfahren steht nun im Hauptmenü der Standardverfahren zur Verfügung. markieren und auswählen, um das Verfahren zu löschen.

## 5 Rekorder

### 5.1 Funktionsbeschreibung

Das MPI-540 kann zur Aufnahme von Parameter der Spannungsversorgung verwendet werden. Es können Messungen Parameter wie Spannung, Strom, Leistung und Harmonische im 50/60 Hz gemessen und aufgezeichnet werden. Um den Modus des Leistungsanalysators zu aktivieren, wählen Sie **Rekorder** im Hauptmenü.

In diesem Modus ist es möglich die Stromparameter (z. B. Wellenformen, Komponentenvektoren oder tabellarische Daten) darzustellen. Weiter können Mittelwerte gemäß den Benutzereinstellungen sowie Analysen der aufgezeichneten Daten (Timeplots, Oberwellen, etc.) durchgeführt werden.

Das Analysatormodul verwendet die folgenden Eingangsbuchsen des Prüfgerätes:

- 3 **Stromzangenbuchsen** I1, I2, I3,
- 3 **Spannungsbananenbuchsen** L1, L2, L3 der Multifunktionsbuchsen, an welche jede einzelne Phase angeschlossen wird (max. 550 V gemessen gegen Erde)
- Separate Bananenbuchse, gekennzeichnet mit N



Fig. 5.1 Messeingänge

Die 4 Eingänge für die Stromzangen ermöglichen dem Benutzer die folgenden verschiedene Zangentypen zur Strommessung anzuschließen.

- Flexible Zangen F-1A, F-2A, F-3A mit nominalen Strombereich von 3000 A AC (abhängig nur vom Spulenumfang)
- CT Zangen: C-4A (Bereich 1000 A AC), C-5A (Bereich 1000 A AC/DC), C-6A (Bereich 10 A AC) and C-7A (Bereich 100 A AC).

Der Messbereich hier, hängt zusätzlich noch von den eingesetzten Wandlern ab – z.B. Wandler 10 000 A / 5 A mit C-6A Zangen können Ströme bis zu 10 000 A gemessen werden.

Die Aufnahmedaten werden auf der herausnehmbaren SD-Karte gespeichert. Im Prüfgerät befindet sich ein zusätzlich ein interner Speicher, um z.B. Konfigurationsdateien zu speichern.

Die Konfiguration des Rekorders besteht darin, nur die Grundparameter einzustellen: Netzform, Zangentyp, Frequenz und Mittelwertperiode. Alle möglichen zu messenden Daten werden immer aufgezeichnet. Alle möglichen zu messenden Netzversorgungsparameter sind:

- Spannung RMS
- DC Anteile der Spannung
- Ströme RMS
- DC Anteile des Stromes (nur möglich mit C-5A Zangen)
- Netzfrequenz von 40...70 Hz
- Harmonische von Spannung und Strom (bis zur 40.),
- Gesamtverzerrungsfaktor (THD) THD<sub>r</sub> für Spannung und Strom
- Wirk-, Blind-, Schein- und Verzerrungsleistung
- Positive und negative Wirkenergie

- Passive Energie, aufgenommene und abgegebene
- Scheinenergie
- Leistungsfaktor (PF)
- Asymmetrische Faktoren von Spannung und Strom

Einige Parameter sind gemittelt, je nach ausgewählter Zeit, (mögliche Einstellungen: 1 s, 3 s, 10 s, 30 s, 1 min, 10 min, 15 min, 30 min) und werden auf der Speicherkarte abgelegt.

Das Prüfgerät ist mit der PC Software *Sonel Analysis*, welche die Geräte der PQM-Serie ebenfalls unterstützt und die Datenanalyse aufgezeichneter Daten vorsieht, kompatibel. Die Daten können per USB Kabel oder direkt vom Gerät oder über die externe Speicherkarte am PC ausgelesen werden.

Tab. 5.1 Übersicht der Messparameter des MPI-540, abhängig von der Netzform

**Tab. 5.1. Messparameter für verschiedene Netzwerkkonfigurationen**

Parameter		1-Phase		2-Phase				3-Phase 4-Leiter					3-Phase 3-Leiter			
		L1	N	L1	L2	N	Σ	L1	L2	L3	N	Σ	L12	L23	L31	Σ
U	Effektivwert der Spannung	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
U <sub>DC</sub>	DC Spannungsanteil	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
I	Effektivwert des Stromes	•		•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
I <sub>DC</sub>	DC Stromanteil	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
F	Frequenz	•		•				•					•			
P	Wirkleistung	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•				•
Q <sub>1</sub>	Blindleistung	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•				•(1)
D, S <sub>N</sub>	Verzerrungsleistung	•		•	•		•	•	•	•		•				
S	Scheinleistung	•		•	•		•	•	•	•		•				•
PF	Leistungsfaktor	•		•	•		•	•	•	•		•				•
tanφ	Faktor tangens φ	•		•	•		•	•	•	•		•				•(1)
THD <sub>F</sub> U	Gesamtverzerrung - Spannung	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
THD <sub>F</sub> I	Gesamtverzerrung - Strom	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
E <sub>P+</sub> , E <sub>P-</sub>	Wirkenergie (aufgenommen und abgegeben)	•		•	•		•	•	•	•		•				•
E <sub>Q1+</sub> , E <sub>Q1-</sub> , E <sub>Q3+</sub> , E <sub>Q3-</sub>	Blindenergie (aufgenommen und abgegeben)	•		•	•		•	•	•	•		•				•(1)
E <sub>S</sub>	Scheinenergie	•		•	•		•	•	•	•		•				•
U <sub>h1...U<sub>h40</sub></sub>	Amplitude Spannungsharmonische	•		•	•			•	•	•			•	•	•	
I <sub>h1...I<sub>h40</sub></sub>	Amplitude Stromharmonische	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•	•	•	
Asymmetrie U, I	Symmetrische Komponenten und asymmetrische Faktoren												•			•

**Erklärungen:** L1, L2, L3 (L12, L23, L31) zeigt die Phasenfolge an  
 N Strommessung von I<sub>n</sub> abhängig vom Parametertyp

Σ ist der Gesamtwert des Systems.

(1) In 3 Phasen Netzen wird die gesamte Blindleistung als inaktive Leistung N bezeichnet.

(2) Nur verbrauchte Energie E<sub>P-</sub>.

## 5.2 Elemente des Hauptmenüs

Wird in den Rekordermodus gewechselt, wird zuerst das **Hauptmenü** angezeigt. Dies ist verfügbar:

- Nach dem Einschalten des Prüfgerätes
- Zu jeder Zeit, wenn das  Symbol ausgewählt wird

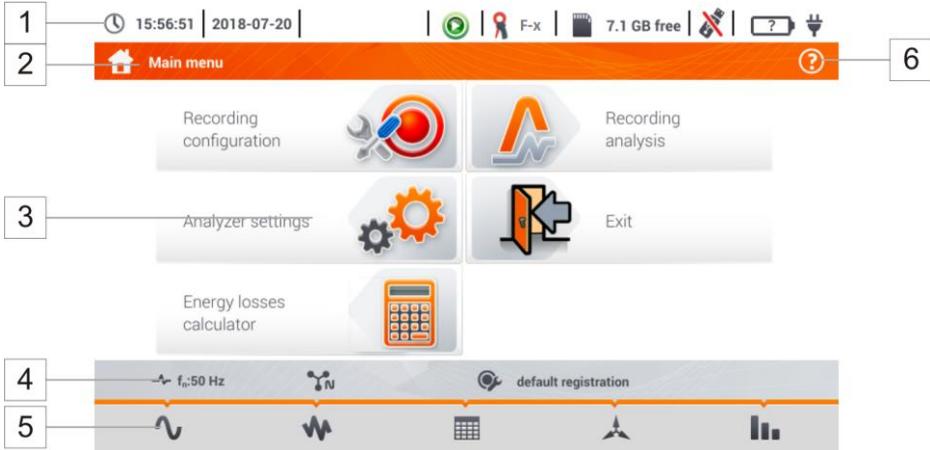


Fig. 5.2 Hauptelemente des Rekorders

### 1 Kopfleiste

#### 2 Bezeichnung des aktiven Menüs

Durchgeführte Änderung in einem Untermenü, welche noch nicht gespeichert sind, werden durch ein \* Symbol neben der Menüüberschrift angezeigt.



### 3 Hauptmenü

### 4 Informationsleiste der aktuellen Netzwerkconfiguration

### 5 Funktionssymbole

### 6 Aktives Hilfsmenü

- Darstellung des Anschlusses am Netzwerk
- Erklärung der Symbole

## 5.2.1 Hauptmenü

In der Mitte des Displays wird das Hauptfenster angezeigt. Das Standardmenü (dargestellt in Fig. 5.2) enthält:

- **Aufnahmekonfiguration** – Hier können alle Konfigurationen der Parameter zu Messungen und Aufnahmen wie: Netzwerktyp (z.B. 1-phasig, 3-phasig) oder Zangentypen vorgenommen werden.
- **Aufnahmeanalyse** – Analyse der aufgezeichneten Daten sowie „live“ Ansicht des Aufnahmeprozesses

- **Analysatoreinstellungen** – Eine Vielzahl von Optionen zur Aufnahmekonfiguration können hier ausgewählt werden
- **Energieverlustrechner** – Hier kann der Benutzer den zu erwartenden finanziellen Verlust auf Grund einer schlechten Qualität der Netzversorgung ermitteln
- **EXIT** – Hier gelangen Sie zurück ins Hauptmenü

## 5.2.2 Informationsleiste der Parameter zum aktuellen Netzwerk

Unterhalb der Hauptansicht zeigt die Leiste die Parameter des aktuell gemessenen (Fig. 5.2, Element

4) Netzes:

- Nominalspannung
- Netzfrequenz
- Graphische Darstellung des Netzes
- Bezeichnung der aktuellen Aufnahmekonfiguration

Das Netzwerk wird durch folgende Symbole dargestellt:

-  1-Phasen System
-  2-Phasen System
-  3-Phasen 4-Leiter System
-  3-Phase 3-Leiter System
-  3-Phasen 3-Leiter System mit Strommessung nach der Aron Methode

## 5.2.3 Hilfe

An der rechten Seite wird das Hilfesymbol (?) angezeigt (Fig. 5.2, Element 6). Nach anwählen des Hilfemenüs erscheint ein Kontextmenü, welche die sichtbaren Elemente am Display beschreibt und erklärt.

## 5.3 Anschluss an der Anlage

### 5.3.1 Messvorbereitungen

Der Rekorder kann direkt an die folgenden AC Netze angeschlossen werden:

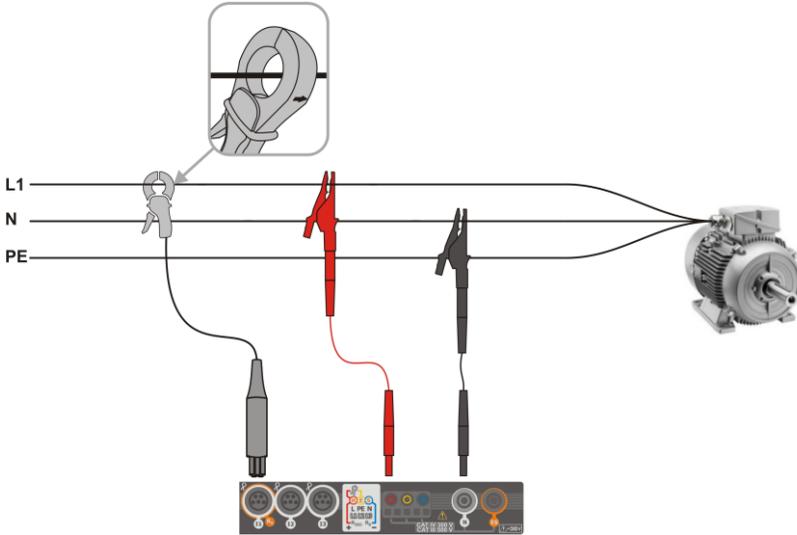
- 1-Phase (Fig. 5.3)
- 2-Phasen (Hilfsphase) mit Hilfswindung des Transformers) (Fig. 5.4)
- 3-Phasen 4-Leiter (Fig. 5.5),
- 3-Phasen 3-Leiter (Fig. 5.6, Fig. 5.7)

In 3-Leiter AC Netzen wird der Strom mittels der Aron (Fig. 5.7) gemessen, wobei nur 2 Zangen zum Messen von linearen Strömen  $I_{L1}$  und  $I_{L3}$  verwendet werden.  $I_{L2}$  wird durch die folgende Formel berechnet:

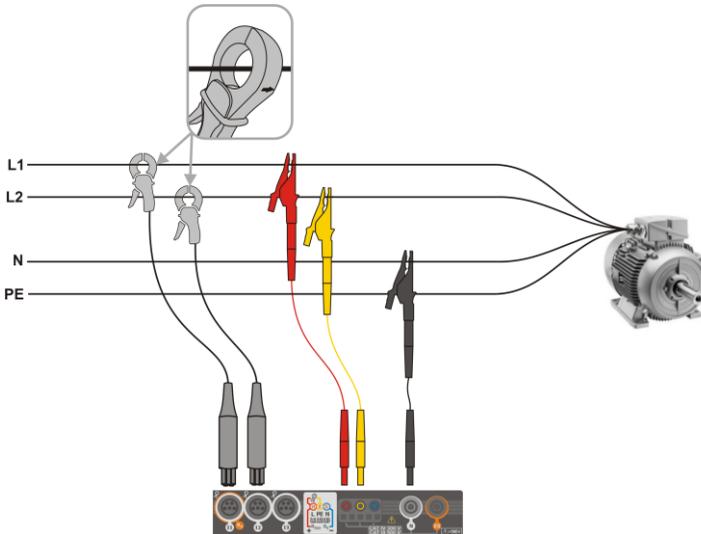
$$I_{L2} = -I_{L1} - I_{L3}$$

Beachten Sie unbedingt die Richtung der angelegten Zangen (flexibel und feste). Legen Sie die Zangen mit dem Pfeil in Lastrichtung an. Dies kann durch eine Wirkleistungsmessung überprüft werden – bei den meisten Arten der passiven Empfänger ist die Wirkleistung positiv. Sind die Zangen in falscher Richtung angeschlossen, kann die Polarität durch die Software (**Analysatoreinstellungen** → **Zangen**) geändert werden.

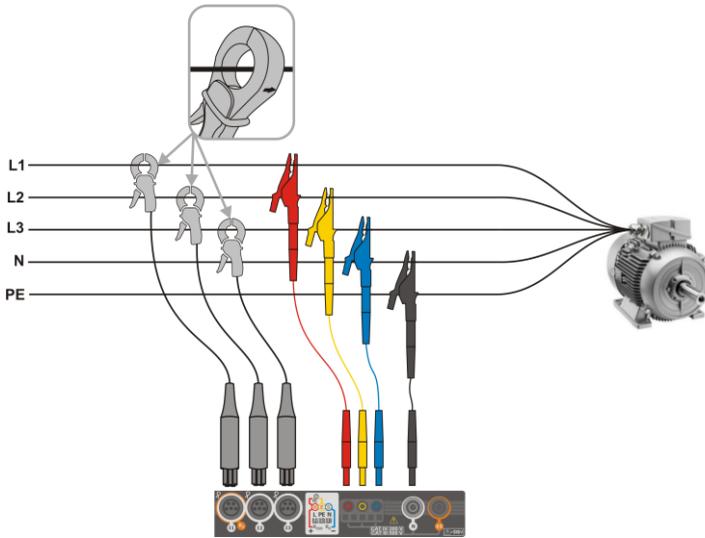
Die folgende Darstellung zeigt schematisch, wie der Analysator abhängig vom Netzwerk angeschlossen wird.



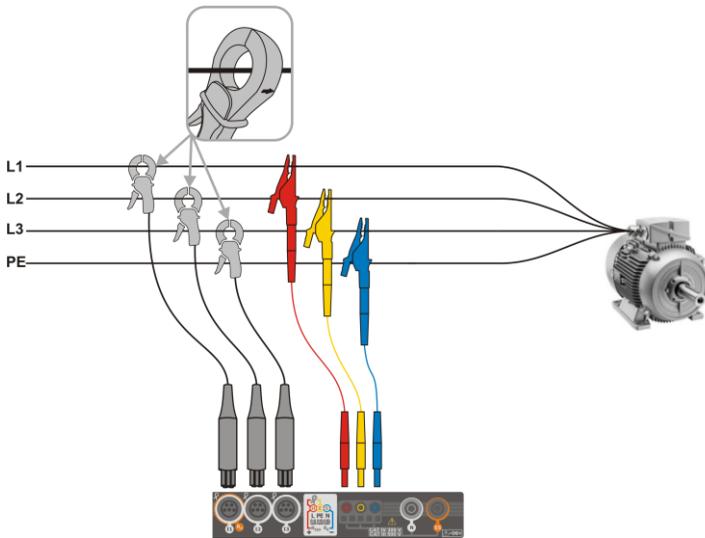
**Fig. 5.3 Anschlussdiagramm – 1-phasig**



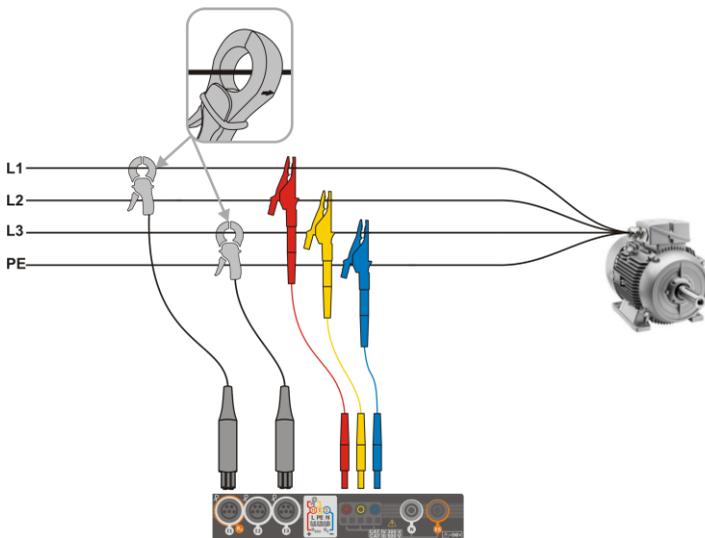
**Fig. 5.4 Anschlussdiagramm – 2-phasig**



**Fig. 5.5 Anschlussdiagramm – 3-phasig 4-Leiter**



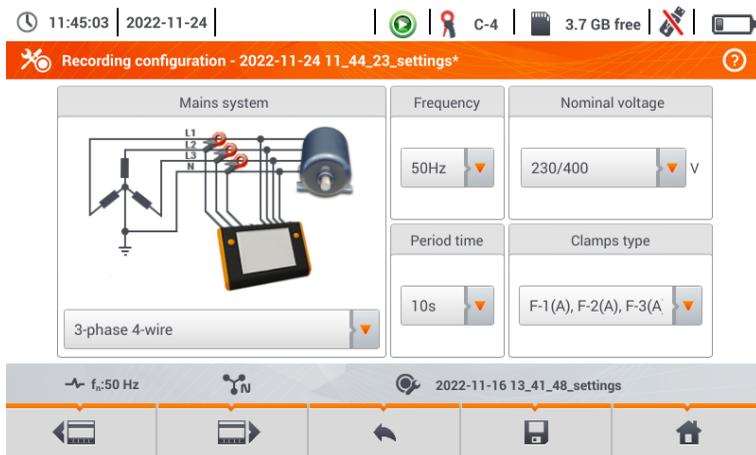
**Fig. 5.6 Anschlussdiagramm – 3-phasig 3-Leiter**



**Fig. 5.7 Anschlussdiagramm– 3-phasig 3-Leiter  
(Strommessung durch die Aron Methode)**

### 5.3.2 Aufnahmekonfiguration

Durch das **+** Symbol, wird ein neues Fenster wie in Fig. 5.8 dargestellt. Die Standardbezeichnung der neuen Konfiguration wird in der Titelleiste angezeigt. Diese setzt sich zusammen aus dem aktuellen Datum und Uhrzeit "JJJ-MM-TT hh\_mm\_ss\_settings".



**Fig. 5.8. Aufnahmekonfiguration – Allgemeine Einstellungen**

Mit  und  in der unteren Menüleiste, kann zwischen aufeinanderfolgenden Ansichten gewählt werden.

Hier kann festgelegt werden:

- **Netzform** durch Auswahl aus der Drop-down Liste  oder der Netzwerkbezeichnung:
  - ⇒ **1-Phase**
  - ⇒ **Hilfsphase**
  - ⇒ **3-Phasen 4-Leiter** – Netz mit Neutralleiter, z.B. Sternschaltung mit N
  - ⇒ **3-Phasen 4-Leiter** – Netz ohne Neutralleiter – Sternschaltung ohne N und Dreieck
  - ⇒ **3-Phasen 3-Leiter Aron** – wie Standard 3-Leiter System, jedoch Strommessung nur mit 2 Zangen ( $I_1$  i  $I_3$ ). Der dritte Strom ( $I_2$ ) wird aus der Formel ermittelt:  
$$I_2 = -I_1 - I_3.$$
- **Frequenz** – Netznennfrequenz. Folgende zwei Auswahlen stehen zur Verfügung: **50 Hz, 60 Hz**
- **Nennspannung** – Die folgenden Einstellungen stehen zur Auswahl: 58/100, 64/110, 110/190, 115/200, 120/208, 127/220, 133/230, 220/380, 230/400, 240/415, 254/440, 290/500, 400/690 V
- **Periodenzeit** – legt die Zeit für die durchschnittlich aufgezeichneten Parameter sowie die Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Aufnahmen auf der Speicherkarte fest (außer Ereignisse). Die folgenden Einstellungen stehen zur Auswahl: 1 s, 3 s, 10 s, 30 s, 1 min, 10 min, 15 min, 30 min
- **Zangentypen** – hier kann die Messung von Strömen aktiviert oder deaktiviert sowie der Zangentyp festgelegt werden. Ist eine Strommessung nötig, kann folgendes angezeigt werden
  - ⇒ **No** – keine Zange angeschlossen
  - ⇒ **F-1(A), F-2(A), F-3(A)** – flexible Zange (Rogowski Spule) mit Nennbereich von 3000 A AC
  - ⇒ **C-4** – Zangen CT (mit Kern) mit Bereich von 1000 A AC
  - ⇒ **C-5** – Zangen mit Hallsensor mit Bereich von 1000 A AC/DC
  - ⇒ **C-6** – Zangen CT (mit Kern) mit Bereich von 10 A AC
  - ⇒ **C-7** – Zangen CT (mit Kern) mit Bereich von 100 A AC
- **Ereignisse U: Log Ereignisse** – Die Auswahl dieser Box ermöglicht die Erkennung von Spannungsereignissen: swells (Spannungsspitzen), dips (Spannungseinbrüche), oder interruptions (Spannungsunterbrechungen). Drei Felder mit Werten ermöglichen dem Benutzer individuelle Schwellenwerte für die 3 Arten von Ereignissen zu vergeben. Die Schwellenwerte können entweder in Volt oder als prozentualer Wert bezogen auf die Nennspannung des Netzes angezeigt werden. Zum Beispiel: Schwellenwert von Spannungsspitzen bei +10% bei Nennspannung von 230 V löst eine Registrierung dieser Ereignisse bei einer Überschreitung von 253 V ( $RMS_{1/2}$ ) aus. Das Ereignis endet, wenn die Spannung wieder auf den Schwellenwert fällt, welcher durch die Hysterese verringert wurde. Wenn die Hysterese in diesem Fall 2% ist, dann ist das Ereignis zu Ende, wenn die Spannung ( $RMS_{1/2}$ ) kleiner ist als 248,4 V ( $253\text{ V} - 4,6\text{ V}$ ) ist
- **Ereignisse I: Log Ereignisse** – Das Anwählen ermöglicht die Registrierung von Stromereignissen. Die Eingabe von "0" deaktiviert ein gegebenes Ereignis. Es können Werte im Bereich von 0... $I_n$  (wobei  $I_n$  der Strommessbereich nach Einbezug der Stromwandler ist).
  - **L max [A]** – Maximaler Schwellenwert für Strom L1, L2, L3 (abhängig von der Netzform). Ein Event wird registriert, wenn der Stromwert von  $RMS_{1/2}$  den eingestellten Schwellenwert überschreitet.
  - **L min [A]** – Minimaler Schwellenwert für Strom L1, L2, L3. Ein Event wird registriert, wenn der Stromwert von  $RMS_{1/2}$  unter den eingestellten Schwellenwert fällt.
  - **N max [A]** – gleich zu L max, bezogen auf N Stromkanal (Neutralleiterstrom).
  - **N min [A]** – gleich zu L min, bezogen auf N Stromkanal (Neutralleiterstrom).
- **Einstellungen: Hysterese** – Prozentueller Wert im Bereich von 0,1 bis 10. Dieser wird verwendet, um Ereignisse zu registrieren. Höhere Werte ermöglichen die Anzahl der Ereignisse zu verringern, wenn der Parameterwert um den Schwellenwert (Threshold) schwankt. Ein typischer Wert der Hysterese liegt bei 2%.

## 5.4 Analystoreinstellungen

In der Ansicht der **Analystoreinstellungen** kann:

- Ändern des Zangenanschlusses
- Ändern der Phasenidentifikation
- Ansicht der abgespeicherten Dateien im Rekorder Modus



## 5.5 LIVE Modus am Netz

Der Rekorder ermöglicht dem Benutzer die Vorschau der Netzwerkparameter in Echtzeit (LIVE Modus). Die Symbole zu den möglichen Parametern finden Sie in der unteren Menüleiste des Aufnahmemenüs:

-  Ansicht der Wellenformen von Spannung und Strom
-  Ansicht Timeplot
-  Tabellarische Ansicht der Messungen
-  Ansicht des Phasordiagramms
-  Ansicht der Harmonischen

Eine Aktualisierung der Ansicht im LIVE Modus kann zwischenzeitlich durch die **HALTEN** Funktion blockiert werden.

- Zum Blockieren wählen Sie das Symbol in der Kopfleiste (die Farbe des Symbols wechselt zu **rot**).
- Um die Aktualisierungsfunktion wieder zu aktivieren, wählen Sie das Symbol erneut (die Farbe des Symbols wechselt wieder zu **schwarz**).

### 5.5.1 Transientenwellenformen von Strom und Spannung

Nach Auswahl des  Symbols, werden die Wellenformen der Ströme und Spannungen angezeigt. Es werden zwei Perioden der Kurven der aktiven Kanäle angezeigt (abhängig von der Messkonfiguration).

**Verwenden Sie die Marken** rechts, um Messkanäle **ein** oder **aus** zu schalten (eine Wellenkurve muss immer sichtbar sein). Jeder Marker wird durch die **Bezeichnung des jeweiligen Kanales** unterschieden (z. B. "U L1"). Es handelt sich hier um den **Effektivwert**.

## 5.5.2 Timeplot der Effektivwerte

Nach Auswahl des  Symbols, wird die Ansicht der Timeplots angezeigt. In dieser Ansicht wird ein Graph der Effektivwerte von Spannung und Strom in Relation zur Zeit angezeigt. Das Display deckt einen Bereich von ca. 110 Sekunden ab. Nach dem dieser Bereich abgelaufen ist, wird das Display um 30 Sekunden nach rechts erweitert.

## 5.5.3 "Live" Modus – tabellarische Ansicht

Nach Auswahl des  Symbolen wird eine Übersichtstabelle mit den Werten der Netzparameter angezeigt. Diese Tabelle wird in Echtzeit aktualisiert.

Erklärung:

<b>L1</b> .....	Phasenwert L1
<b>L2</b> .....	Phasenwert L2
<b>L3</b> .....	Phasenwert L3
<b>N</b> .....	Spannungswert des Stromkanales I <sub>N</sub>
<b>L1-2</b> .....	Phase-Phase Wert L1-L2,
<b>L2-3</b> .....	Phase-Phase Wert L2-L3,
<b>L3-1</b> .....	Phase-Phase Wert L3-L1,
<b>Σ</b> .....	Gesamtwert

Die nächste Spalte beschreibt die individuellen Parameterwerte:

<b>U [V]</b> .....	RMS Spannung
<b>U<sub>h01</sub> [V]</b> .....	RMS Wert der Grundspannungskomponente
<b>U<sub>DC</sub> [V]</b> .....	Konstantspannungskomponente
<b>f [Hz]</b> .....	Netzfrequenz
<b>I [A]</b> .....	RMS Strom
<b>I<sub>h01</sub> [A]</b> .....	RMS Wert der Grundstromkomponente
<b>I<sub>DC</sub> [A]</b> .....	Konstantstromkomponente
<b>P [W]</b> .....	Wirkleistung
<b>Q1 oder QB [var]</b> .....	Blindleistung der Grundkomponente oder Blindleistung gemäß Budeanu (abhängig von der Berechnungsmethode der Blindleistung)
<b>S [VA]</b> .....	Scheinleistung
<b>S<sub>N</sub> [VA] oder D [var]</b> ...	Scheinverzerrungsleistung oder Budeanu-Verzerrungsleistung (abhängig von der Berechnungsmethode der Blindleistung)
<b>E<sub>P+</sub> [Wh]</b> .....	aufgenommene Wirkenergie
<b>E<sub>P-</sub> [Wh]</b> .....	Wirkenergie zurückgegeben
<b>E<sub>oL+</sub> [varh]</b> .....	aufgenommene induktive Wirkenergie,
<b>E<sub>oC-</sub> [varh]</b> .....	zurückgegebene kapazitive Wirkenergie,
<b>E<sub>oL-</sub> [varh]</b> .....	zurückgegebene induktive Wirkenergie,
<b>E<sub>oC+</sub> [varh]</b> .....	aufgenommene kapazitive Wirkenergie,
<b>E<sub>s</sub> [VAh]</b> .....	Scheinenergie
<b>PF</b> .....	Leistungsfaktor
<b>cosφ</b> .....	Verschiebungsfaktor
<b>tanφ<sub>L+</sub></b> .....	Tangens φ der aufgenommenen induktiven Wirkenergie,
<b>tanφ<sub>C-</sub></b> .....	Tangens φ der zurückgegebenen kapazitiven Wirkenergie,
<b>tanφ<sub>L-</sub></b> .....	Tangens φ der zurückgegebenen induktiven Wirkenergie,
<b>tanφ<sub>C+</sub></b> .....	Tangens φ der aufgenommenen kapazitiven Wirkenergie,
<b>Pst</b> .....	Kurzzeit-Flickerfaktor
<b>Plt</b> .....	Langzeitflicker
<b>U<sub>0</sub> [V]</b> .....	Symmetrische Nullspannungskomponente
<b>U<sub>1</sub> [V]</b> .....	Positive Sequenz der symmetrischen Spannungskomponente

$U_2$ [V] .....	Negative Sequenz der symmetrischen Spannungskomponente
$U_2/U_1$ [%] .....	Spannungsasymmetriefaktor der negativen Sequenz
$U_0/U_1$ [%] .....	Asymmetriefaktor der Spannungsnullkomponente
$I_0$ [A] .....	Nullstromsymmetriekomponente
$I_1$ [A] .....	Positive Sequenz der symmetrischen Stromkomponente
$I_2$ [A] .....	Negative Sequenz der symmetrischen Stromkomponente
$I_2/I_1$ [%] .....	Stromasymmetriefaktor der negativen Sequenz
$I_0/I_1$ [%] .....	Asymmetriefaktor der Stromnullkomponente.

### 5.5.4 Vektordiagramm der Grundkomponenten (Phasor)

Nach Auswahl des  Symbols wird das Phasordiagramm angezeigt. Dargestellt werden die Vektoren von Spannung und Strom.

Folgende Tabellen befinden sich neben dem Diagramm:

- o Die erste enthält Informationen zu Werten der Grundkomponente und ihre Winkel
- o Die zweite enthält die Asymmetriekoeffizienten der negativen Komponenten (der Koeffizient wird nur in 3-Phasen Netzen angezeigt)

Die Art der Last wird angezeigt durch die folgenden Symbole:

 - Spule (induktive Last), wenn der Winkel zwischen der Grundkomponente zwischen Spannung und Strom ( $\varphi_{U_{h1}, I_{h1}}$ ) größer als Null ist (Spannung ist vor Strom)

 - Kondensator (kapazitive Last), wenn der Winkel  $\varphi_{U_{h1}, I_{h1}}$  negativ ist (Strom ist vor Spannung).

### 5.5.5 Harmonische Graph/Tabelle

Nach Auswahl des  Symbols wird die Ansicht der Oberwellen angezeigt. In dieser Ansicht werden angezeigt: Oberwellen von Spannung und Strom, die Winkel dieser zwischen Spannung und Strom,  $\cos\varphi$  Faktor dieser Ströme und der THD Faktor. Die Oberwellen werden standardmäßig als Säulendiagramm oder Tabelle dargestellt.

## 5.6 Ein/Aus der Aufnahmefunktion

Nach korrekter Konfiguration kann die Aufnahme durch die **START** Taste **ausgelöst** werden. Eine laufende Aufnahme wird durch das Symbol  und der blinkenden roten LED angezeigt.

Um die **Aufnahme** zu **stoppen**, drücken Sie erneut die **START** Taste und bestätigen Sie anschließend diese Aktion im Pop-up Fenster. Der Stopp der Aufnahme wird durch drei lange und 3 Kurze Signaltöne **bestätigt**. Die Farbe des Aufnahmesymbols wird grün  und die rote LED blinkt nicht mehr.

## 5.7 Analyse der Aufzeichnungen

Die Analyse der aufgezeichneten Daten ist ohne zusätzliche Software, direkt über das Prüfgerät möglich. Folgende Analysen können durchgeführt werden:

- Allgemeine Vorschau der Aufnahme – Start- und Endzeit, Mittelwerte von Spannung und Strom
- Vorschau der Spannungsmittelwerte über den gesamten Aufnahmezeitraum
- Zeitleisten für jeden Aufnahmeparameter (begrenzt auf 1100 Punkte and 4 Parameter pro einzelnen Graphen) mit Zoom-in Option und Zeitpunktmarker.
- Vorschau des Säulendiagrammes der Harmonischen (Mittelwert des gesamten Aufnahmezeitraumes).

Es besteht die Möglichkeit, während laufender Aufzeichnungen, gespeicherte Aufnahmen zu analysieren.

Die Liste der im Prüfgerätespeicher hinterlegten Aufzeichnungen  können unter **Aufnahmeanalyse – Aufnahmeliste** dargestellt werden. Durch Wischen mit dem Finger am Display kann diese nach oben und unten verschoben werden. Eine detaillierte Beschreibung finden Sie in der Vollversion dieser Anleitung auf der Herstellerwebseite.

## 5.8 Energieverlustrechner

### 5.8.1 Funktionsbeschreibung

In diesem Modus können Sie den finanziellen Verlust auf Grund schlechter Netzqualität veranschlagen. Die Ansicht der Verlustanalyse finden Sie unter **Fig. 5.9**.



**Fig. 5.9 Energieverlust Analyse**

#### Parameter der Analyse

$P_{opt}$	Leistungsverlust auf Grund zu großem Leitungswiderstand. (Vorausgehend, fehlende Oberwellen höherer Ordnung, Asymmetrie und Wirkleistung)	$C_{opt}$	Kosten in Relation zu $P_{opt}$ Verlust
$P_{dis}$	Verlust durch Oberwellen höherer Ordnung	$C_{dis}$	Kosten in Relation zu $P_{dis}$ Verlust
$P_{unb}$	Leistungsverlust durch Netzasymmetrien	$C_{unb}$	Kosten in Relation zu $P_{unb}$ Verlust
$P_{rea}$	Leistungsverlust auf Grund eines schlechten Leistungsfaktors (Harmonische)	$C_{rea}$	Kosten in Relation zu $P_{rea}$ Verlust
		$C_{pf}$	Kosten in Relation zu einem kleinen Leistungsfaktor (großer Anteil an Blindleistung)
$P_{tot}$	Gesamtverlust (Summe aller oben genannten)	$C_{tot}$	Kosten in Relation $P_{rea}$ Verlust
$P_{sav}$	Verlust, welcher durch Verbesserung der Qualitätsparameter reduziert werden kann (z.B. Kompensation der Oberwellen, Unterdrückung der Asymmetrien). Wird wie folgt errechnet:	$C_{sav}$	Kosten in Relation $P_{sav}$ Verlust

$$P_{sav} = P_{tot} - P_{opt}$$

Der finanzielle Verlust kann basierend der Livemodus:

⇒ 1 Stunde

⇒ 1 Tag

⇒ 1 Monat

veranschlagt werden.

Ist eine der obigen Option ausgewählt, (  →  ), werden die Daten auf diese Bezogen angezeigt.

## 5.8.2 Konfiguration des Verlustrechners

Nach Auswahl des  Symboles, öffnet sich das Konfigurationsfenster. Zwischen den Ansichten kann mit den Symbolen   gewechselt werden.

In der ersten Ansicht setzen Sie die Parameter des entsprechenden zur Analyse vorgesehenen Leiters:

- Für Phase **L**:
  - o **Anzahl der Adern** in der Phase
  - o **Leiterquerschnitt** in mm<sup>2</sup>
- Für Neutralleiter **N**:
  - o **Anzahl der Adern**
  - o **Leiterquerschnitt** in mm<sup>2</sup>
- **Länge** der Leitungen in Metern
- **Leitungsmaterial** – Kupfer oder Aluminium

Basierend der obigen Parameter, wird der Leistungsverlust der entsprechenden Leitung errechnet.

In der zweiten Ansicht setzen Sie die Parameter zu Bestimmung des finanziellen Verlustes z. B.

- Kosten von 1 kWh Wirkleistung
- Kosten von 1 kWh Blindenergie bei einem Leistungsfaktor PF ≥ 0.8
- Kosten von 1 kWh Blindenergie bei einem Leistungsfaktor PF < 0.8,
- Währung

Um die Währung zu ändern:

- Klicken Sie in das Feld der aktuellen Einheit
- Tragen Sie über die Bildschirmtastatur die gewünschte Einheit ein.

## 5.9 Wirkungsgrad des Wechselrichters

Siehe **Kapitel 3.18.1, 3.18.2.**

## 6 Prüfgerätespeicher

### 6.1 Messdatenspeicher

#### 6.1.1 Speichereinstellungen

①  Wählen Sie im Hauptmenü **Settings**.



②  Wählen Sie **Speichereinstellungen**.



③  Zwei Optionen werden angezeigt:



- **Standardeinstellungen** - Werkseinstellungen wiederherstellen. Wird diese Option ausgewählt, so muss diese erst durch eine Aufforderung bestätigt werden.
- **SD Karte formatieren** - Wird diese Option ausgewählt, so muss diese erst durch eine Aufforderung, dass alle Daten gelöscht werden, bestätigt werden.

Beschreibung der Funktionssymbole:

- ◀ Zurück zur vorherigen Ansicht
- 🏠 Zurück zum Hauptmenü

## 6.1.2 Speicherstruktur

Der Speicher ist in einer Baumstruktur aufgebaut. (Fig. 6.1). Es kann eine unbegrenzte Anzahl von Kunden angelegt werden. Unter diesen Kunden können ebenso beliebige Objekte und Unterobjekte erstellt werden.

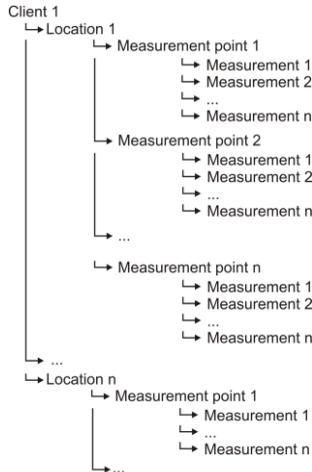


Fig. 6.1. Speicherstruktur eines Kunden im Speicher



- Die Ergebnisse aller durchgeführten Messfunktionen können in einer Zelle der **Messpunkte** Spalte gespeichert werden.
- Nur die Messungen, welche durch **START** aktiviert wurden, können im Speicher abgelegt werden (außer Auto-Nullen der Niederspannungs-Widerstandsmessung).
- Alle Ergebnisse (Haupt- und Untergebnis) der jeweiligen Messfunktion, Voreinstellungen sowie Datum und Zeit werden mit im Speicher abgelegt.

## 6.1.3 Eingabe der Messergebnisse

1

- Wählen sie nach Abschluss der Messung das  Symbol.
- Es wird das Menü zur Eingabe der Messergebnisse angezeigt (Menü und Steuerung ist identisch zu **Abschnitt 6.1.1**).

## 6.2 Aufnahmespeicher des Rekorders

### 6.2.1 MicroSD Speicherkarte

Die herausnehmbare microSD HC Karte ist der primäre Speicherplatz für die Aufnahmedaten. Gespeichert wird:

- Aufgenommene Messdaten
- Screenshots

Die Kopfleiste zeigt den Status der Karte und den verfügbaren Speicherplatz.

Um eine reibungslose Funktion des Prüfgerätes zu gewährleisten und Datenverlust zu verhindern, unterlassen Sie:

- Das Herausnehmen der Karte während einer Aufnahme. Dies hat das **Beenden der Aufnahme zu Folge, Beschädigung der aufgezeichneten Daten** und in einigen Fällen sogar die **Beschädigung der gesamten Datenstruktur** der Karte.
- Das Verändern oder Löschen gespeicherter Dateien auf der Karte. Wird ein fehlerhaftes Dateisystem nach dem einstecken der Karte erkannt, wird eine Aufforderung zum Formatieren der Karte angezeigt. Nur ein Formatieren der Karte (es werden alle Daten gelöscht) macht ein weiteres Verwenden möglich.

Bevor Sie die Karte aus dem Gerät nehmen (um Daten mit der Software *Sonel Analysis auszulesen*) wird empfohlen, das Prüfgerät vorher abzuschalten, so dass noch alle, sich im Cache befindlichen Daten abgespeichert werden können.

Die MicroSD Speicherkarte kann über das Prüfgerät formatiert werden. Gehen Sie zu **Analysator Einstellungen**, wählen sie **Speicher**. Hier kann die Karte formatiert werden. (siehe auch **Abschnitt 6.1.1**).

### 6.2.2 USB Speicher

Ein Anschluss eines externen USB Speichermediums ermöglicht dem Benutzer:

- Das Kopieren ausgewählter Dateien mit Screenshot von der microSD Speicherkarte zu USB
- Speichern der Log files des Prüfgerätes, um eine Serviceanalyse im Falle eines Gerätefehlers durchzuführen
- Updates von Gerätefirmware durchzuführen

Das unterstützte Dateisystem ist FAT32. Wird eine Karte mit einem anderen Dateisystem eingelegt, wird die Meldung angezeigt, dass sich eine unformatierte Speicherkarte im Gerät befindet. Aus dieser Ansicht gelangen Sie direkt in das Formatierungsmenü.

Die Daten des Speichersticks sind im Ordner "MPI-540\_DATA".

### 6.2.3 Kompatibilität zur *Sonel Analysator Software*

Die *Sonel Analysis Software* wird mit dem MPI-540 und den Leistungsanalysatoren der PQM Serie verwendet. Es besteht die Möglichkeit:

- Auslesen der Daten vom Gerät
- Datenanzeige in tabellarischer Form
- Graphenanzeige
- Geräte- und Softwareupdate

Die Software ist kompatibel zu Windows XP, Windows Vista, Windows 7, Windows 8 und Windows 10.

Eine detaillierte Beschreibung der Software "*Sonel Analysis*" finden Sie als separates Dokument in der Vollversion dieser Anleitung auf der Herstellerwebseite.

## 6.2.4 Verbindung zu PC und Datenübertragung

Eine Verbindung zu einem PC (PC Modus) ermöglicht:

- Übertragung von Daten aus dem Prüfgerätespeicher:
  - Es besteht die Möglichkeit alle aufgezeichneten Daten auszulesen
- Ist ein PC verbunden, wird die Meldung "PC Verbindung" angezeigt
- Ist ein PC verbunden, sind alle Tasten außer  gesperrt, es sei denn der Rekorder befindet sich im Modus Tastensperre (z. B. während einer Aufnahme) – dann sind alle Tasten gesperrt. Das  Symbol, welches bei Auswahl die PC Verbindung unterbricht, befindet sich in der unteren Symbolleiste.
- Findet innerhalb von 10 Sekunden kein Datenaustausch zwischen Gerät und PC statt, beendet das Gerät den Übertragungsmodus und schließt die Verbindung.

Mit der *Sonel Analysis* Software können Daten direkt von der microSD über einen externen Kartenleser ausgesehen werden. Diese Methode ist die schnellste zum Auslesen der Daten. Um dies durchzuführen, nehmen Sie die Karte aus dem Prüfgerät und stecken Sie sie in ein mit dem PC verbundenes Kartenlesegerät (beachten Sie beim Herausnehmen der Karte die Anweisungen aus Abschnitt 6.2.1).

# 7 Spannungsversorgung

## 7.1 Batterieladestatus

Das Prüfgerät wird mit einem Li-Ion Akkupack 11.1 V 3.4 Ah versorgt. Der Akkuladevorgang beinhaltet eine Ladestromüberwachung, was eine exakte Bestimmung des Ladezustandes inkl. Temperatursensor.

Der Ladezustand wird durch ein Symbol oben rechts der Kopfleiste am Display angezeigt.

## 7.2 Austausch der Akkus

Das MPI-540 wird durch einen speziellen SONEL Lilon Akkupack versorgt.

Die Akkuladeinheit ist im Messgerät integriert und funktioniert nur mit dem original Akkupack des Herstellers. Die Ladeinheit wird durch ein externes Netzteil mit Spannung versorgt. Dies funktioniert auch über den KFZ-Zigarettenanzünder. Sowohl der Akkupack als auch der Ladeadapter sind Bestandteil des Standardzubehörs.



### WARNING

Befinden sich die Messleitungen während des Akkutaushes noch am Prüfgerät, besteht die Gefahr eines elektrischen Schlages mit gefährlicher Spannung.

## 7.3 Laden der Akkus

Der Ladevorgang beginnt automatisch sobald:

- Ein 2 V DC Ladeadapter angeschlossen wird
- Ein Ladekabel mit dem KFZ-Zigarettenanzünder verbunden wird

Das Laden wird durch das  Symbol neben dem Batteriesymbol und der H.V./REC/CONT. Diode angezeigt. Die Temperatur des Akkus sowie die Umgebungstemperatur beeinflussen den Ladevorgang maßgebend. Der Ladevorgang stoppt, sobald die Temperatur der Batterie unter 0°C fällt oder über 45°C ansteigt.

## 8 Technische Daten

### 8.1 Grunddaten

⇒ Die Abkürzung "v.Mw.", welche in den Angaben zur Genauigkeit verwendet wird, bedeutet „bezogen auf den gemessenen Wert“.

#### 8.1.1 Wechselspannungsmessung (True RMS)

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
0,0 V...299,9 V	0,1 V	±(2% v.Mw. + 4 Digits)
300 V...500 V	1 V	±(2% v.Mw. + 2 Digits)

- Frequenzbereich: 45...65 Hz

#### 8.1.2 Frequenzmessung

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
45,0 Hz...65,0 Hz	0,1 Hz	±(0,1% v.Mw. + 1 Digit)

- Spannungsbereich: 50 ... 500 V

#### 8.1.3 Schleifenimpedanzmessung $Z_{L-PE}$ , $Z_{L-N}$ , $Z_{L-L}$

##### Schleifenimpedanzmessung $Z_s$

Prüfbereich gemäß IEC 61557-3:

Messleitung	Messbereich $Z_s$
1,2 m	0,130 $\Omega$ ...1999,9 $\Omega$
5 m	0,170 $\Omega$ ...1999,9 $\Omega$
10 m	0,210 $\Omega$ ...1999,9 $\Omega$
20 m	0,290 $\Omega$ ...1999,9 $\Omega$
WS-03, WS-04	0,190 $\Omega$ ...1999,9 $\Omega$

Anzeigebereich:

Anzeigebereich	Auflösung	Genauigkeit
0,000...19,999 $\Omega$	0,001 $\Omega$	±(5% v.Mw. + 0,03 $\Omega$ )
20,00...199,99 $\Omega$	0,01 $\Omega$	±(5% v.Mw. + 0,3 $\Omega$ )
200,0...1999,9 $\Omega$	0,1 $\Omega$	±(5% v.Mw. + 3 $\Omega$ )

- Nennspannung  $U_{nL-N}$  /  $U_{nL-L}$ : 110/190 V, 115/200 V, 127/220 V, 220/380 V, 230/400 V, 240/415 V
- Arbeitsspannungsbereich: 95 V...270 V (bei  $Z_{L-PE}$  und  $Z_{L-N}$ ) und 95 V...440 V (bei  $Z_{L-L}$ )
- Nennnetzfrequenz  $f_n$ : 50 Hz, 60 Hz
- Arbeitsfrequenzbereich: 45 Hz...65 Hz
- Maximaler Prüfstrom (bei 415 V): 41,5 A (10 ms)
- Überprüfung auf einen korrekten PC Anschluss über die Berührungselektrode

## 8.1.4 Schleifenimpedanzmessung $Z_{L-PE[RCD]}$ (ohne Auslösen des RCD)

### Schleifenimpedanzmessung $Z_s$

Prüfbereich gemäß IEC 61557-3:

- 0,50...1999  $\Omega$  bei 1,2 m Leitungen, WS-03 und WS-04
- 0,51...1999  $\Omega$  bei 5 m, 10 m and 20 m Leitungen

Anzeigebereich	Auflösung	Genauigkeit
0...19,99 $\Omega$	0,01 $\Omega$	$\pm(6\% \text{ v.Mw.} + 10 \text{ Digits})$
20,0...199,9 $\Omega$	0,1 $\Omega$	$\pm(6\% \text{ v.Mw.} + 5 \text{ Digits})$
200...1999 $\Omega$	1 $\Omega$	

- Es werden keine RCDs mit  $I_{\Delta n} \geq 30 \text{ mA}$  ausgelöst
- Nennarbeitsspannung  $U_n$ : 110 V, 115 V, 127 V, 220 V, 230 V, 240 V
- Arbeitsspannungsbereich: 95 V...270 V
- Nennnetzspannung  $f_n$ : 50 Hz, 60 Hz
- Arbeitsfrequenzbereich: 45...65 Hz
- Überprüfung auf einen korrekten PC Anschluss über die Berührungselektrode

## 8.1.5 RCD Parameter

- Messen von RCD Typen: AC, A, B, B+, F, EV
- Nennarbeitsspannung  $U_n$ : 110 V, 115 V, 127 V, 220 V, 230 V, 240 V
- Arbeitsspannungsbereich: 95 V...270 V
- Nennnetzspannung  $f_n$ : 50 Hz, 60 Hz
- Arbeitsfrequenzbereich: 45...65 Hz

### RCD Auslösezeit $t_a$

Prüfbereich gemäß IEC 61557-6: 0 ms ... bis zum oberen angezeigten Grenzwert

Typ des RCD	Faktor	Prüfbereich	Auflösung	Genauigkeit
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Allgemein</li> <li>▪ Kurzzeitverzögert</li> <li>▪ EV – Teil AC</li> </ul>	0,5 $I_{\Delta n}$	0..300 ms (TN/TT)	1 ms	$\pm(2\% \text{ v.Mw.} + 2 \text{ Digits})^1)$
	1 $I_{\Delta n}$	0..400 ms (IT)		
	2 $I_{\Delta n}$	0..150 ms		
	5 $I_{\Delta n}$	0..40 ms		
Selectiv	0,5 $I_{\Delta n}$	0..500 ms		
	1 $I_{\Delta n}$	0..200 ms		
	2 $I_{\Delta n}$	0..150 ms		
	5 $I_{\Delta n}$	0..150 ms		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ EV 6 mA DC</li> <li>▪ RCM</li> </ul>	1 $I_{\Delta n}$	0,0..10,0 s	0,1 s	$\pm(2\% \text{ v.Mw.} + 3 \text{ Digits})$
	10 $I_{\Delta n}$	0..300 ms	1 ms	
	33 $I_{\Delta n}^{2)}$	0..100 ms		
	50 $I_{\Delta n}^{3)}$	0..40 ms		

1) für  $I_{\Delta n} = 10 \text{ mA}$  und 0,5  $I_{\Delta n}$  Genauigkeit:  $\pm(2\% \text{ v.Mw.} + 3 \text{ Digits})$

2) für Messungen nach IEC 62955

3) für Messungen nach IEC 62752

- Genauigkeit der Differenzstromeinstellung:

bei 1\* $I_{\Delta n}$ , 2\* $I_{\Delta n}$ , 5\* $I_{\Delta n}$  ..... 0..8%

bei 0,5\* $I_{\Delta n}$  ..... -8..0%

## 8.1.6 Erdwiderstand $R_E$

Prüfbereich gemäß IEC 61557-5: 0,50  $\Omega$ ...1,99 k $\Omega$  bei Prüfspannung von 50 V und 0,56  $\Omega$ ...1,99 k $\Omega$  bei Prüfspannung von 25 V

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
0,00...0,35 $\Omega$	0,01 $\Omega$	$\pm(2\%$ v.Mw. + 10 Digits)
0,35...9,99 $\Omega$	0,01 $\Omega$	$\pm(2\%$ v.Mw. + 4 Digits)
10,0...99,9 $\Omega$	0,1 $\Omega$	$\pm(2\%$ v.Mw. + 3 Digits)
100...999 $\Omega$	1 $\Omega$	
1,00...1,99 k $\Omega$	0,01 k $\Omega$	

- Prüfspannung: 25 V oder 50 V rms
- Prüfstrom: 20 mA, sinusförmig rms 125 Hz (bei  $f_n=50$  Hz) und 150 Hz (bei  $f_n=60$  Hz)
- Blockierung der Messungen bei Störspannungen  $U_{N>24}$  V
- Maximal messbare Störspannungen:  $U_{Nmax}=100$  V
- Maximaler Widerstand der Hilfelektroden: 50 k $\Omega$

### Selektive Messung mit Erdungszangen

Bereich	Auflösung	Genauigkeit *
0,00...0,35 $\Omega$	0,01 $\Omega$	$\pm(8\%$ v.Mw. + 10 Digits)
0,35...9,99 $\Omega$	0,01 $\Omega$	$\pm(8\%$ v.Mw. + 4 Digits)
10,0...99,9 $\Omega$	0,1 $\Omega$	
100...999 $\Omega$	1 $\Omega$	
1,00...1,99 k $\Omega$	0,01 k $\Omega$	

\* – bei maximalem Störstrom: 1 A

- Messung mit zusätzlichen Stromzangen C-3
- Störstrombereich: bis zu 9,99 A

### Selektive Messung mit 2 Erdungszangen

Bereich	Auflösung	Genauigkeit *
0,00...0,35 $\Omega$	0,01 $\Omega$	$\pm(8\%$ v.Mw. + 10 Digits)
0,35...9,99 $\Omega$	0,01 $\Omega$	$\pm(10\%$ v.Mw. + 4 Digits)
10,0...19,9 $\Omega$	0,1 $\Omega$	
20,0...99,9 $\Omega$		$\pm(20\%$ v.Mw. + 4 Digits)

\* – bei maximalem Störstrom: 1 A

- Messung mit Sendezangen N-1 und Empfängerzangen C-3
- Störstrombereich: bis zu 9,99 A

### Spezifischer Erdwiderstand ( $\rho$ )

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
0,0...99,9 $\Omega$ m	0,1 $\Omega$ m	Abhängig von der Genauigkeit von $R_E$
100...999 $\Omega$ m	1 $\Omega$ m	
1,00...9,99 k $\Omega$ m	0,01 k $\Omega$ m	
10,0...99,9 k $\Omega$ m	0,1 k $\Omega$ m	

- Gemessen mit der Wenner Methode
- Einstellen der Entfernung in Meter oder Fuß
- Auswahl der Entfernungen: 1 m ... 30 m (1 ft ... 90 ft).

## 8.1.7 Niedervoltmessung von Durchgängigkeit und Widerstand

### Messen von Schutzleitern und Potentialausgleichen mit 200 mA ± Strom

Messbereich gemäß IEC 61557-4: 0.12...400 Ω

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
0,00...19,99 Ω	0,01 Ω	±(2% v.Mw. + 3 Digits)
20,0...199,9 Ω	0,1 Ω	
200...400 Ω	1 Ω	

- Spannung an offenen Anschlüssen: 4 V...9 V
- Ausgangsstrom bei  $R < 2 \Omega$ : min. 200 mA ( $I_{SC}$ : 200 mA..250 mA)
- Kompensation des Messleitungswiderstandes
- Messung in beiden Strompolaritäten

### Widerstandsmessung mit kleinem Strom

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
0,0...199,9 Ω	0,1 Ω	±(3% v.Mw. + 3 Digits)
200...1999 Ω	1 Ω	

- Spannung an offenen Anschlüssen: 4 V...9 V
- Ausgangsstrom: < 8 mA
- Tonsignal bei Widerstandsmessung: < 30 Ω ± 50%
- Kompensation des Messleitungswiderstandes

## 8.1.8 Isolationswiderstandsmessung

Messbereich gemäß IEC 61557-2 bei  $U_N = 50 \text{ V}$ : 50 kΩ...250 MΩ

Anzeigebereich bei $U_N = 50 \text{ V}$	Auflösung	Genauigkeit
0 kΩ...1999 kΩ	1 kΩ	±(3% v.Mw. + 8 Digits), [±(5% v.Mw. + 8 Digits)] *
2,00 MΩ...19,99 MΩ	0,01 MΩ	
20,0 MΩ...199,9 MΩ	0,1 MΩ	
200 MΩ...250 MΩ	1 MΩ	

\* – bei WS-03 und WS-04 Leitungen

Messbereich gemäß IEC 61557-2 bei  $U_N = 100 \text{ V}$ : 100 kΩ...500 MΩ

Anzeigebereich bei $U_N = 100 \text{ V}$	Auflösung	Genauigkeit
0 kΩ...1999 kΩ	1 kΩ	±(3% v.Mw. + 8 Digits) [±(5% v.Mw. + 8 Digits)] *
2,00 MΩ...19,99 MΩ	0,01 MΩ	
20,0 MΩ...199,9 MΩ	0,1 MΩ	
200 MΩ...500 MΩ	1 MΩ	

\* – bei WS-03 and WS-04 Leitungen

Messbereich gemäß IEC 61557-2 bei  $U_N = 250 \text{ V}$ : 250 kΩ...999 MΩ

Anzeigebereich bei $U_N = 250 \text{ V}$	Auflösung	Genauigkeit
0 kΩ...1999 kΩ	1 kΩ	±(3% v.Mw. + 8 Digits) [±(5% v.Mw. + 8 Digits)] *
2,00 MΩ...19,99 MΩ	0,01 MΩ	
20,0 MΩ...199,9 MΩ	0,1 MΩ	
200 MΩ...999 MΩ	1 MΩ	

\* – bei WS-03 and WS-04 Leitungen

Messbereich gemäß IEC 61557-2 bei  $U_N = 500 \text{ V}$ : 500 k $\Omega$ ...2,00 G $\Omega$

Anzeigebereich bei $U_N = 500 \text{ V}$	Auflösung	Genauigkeit
0...1999 k $\Omega$	1 k $\Omega$	$\pm(3\% \text{ v.Mw.} + 8 \text{ Digits})$ $[\pm(5\% \text{ v.Mw.} + 8 \text{ Digits})]^*$
2,00...19,99 M $\Omega$	0,01 M $\Omega$	
20,0...199,9 M $\Omega$	0,1 M $\Omega$	
200...999 M $\Omega$	1 M $\Omega$	
1,00...2,00 G $\Omega$	0,01 G $\Omega$	$\pm(4\% \text{ v.Mw.} + 6 \text{ Digits})$ $[\pm(6\% \text{ v.Mw.} + 6 \text{ Digits})]^*$

\* – bei WS-03 and WS-04 Leitungen

Grundunsicherheit IEC 61557-2 bei  $U_N = 1000 \text{ V}$ : 1000 k $\Omega$ ...4,99 G $\Omega$

Anzeigebereich bei $U_N = 1000 \text{ V}$	Auflösung	Genauigkeit
0...1999 k $\Omega$	1 k $\Omega$	$\pm(3\% \text{ v.Mw.} + 8 \text{ Digits})$
2,00...19,99 M $\Omega$	0,01 M $\Omega$	
20,0...199,9 M $\Omega$	0,1 M $\Omega$	
200...999 M $\Omega$	1 M $\Omega$	
1,00...4,99 G $\Omega$	0,01 G $\Omega$	$\pm(4\% \text{ v.Mw.} + 6 \text{ Digits})$
5,00...9,99 G $\Omega$	0,01 G $\Omega$	nicht spezifiziert

- Prüfspannung: 50 V, 100 V, 250 V, 500 V i 1000 V
- Genauigkeit der erzeugten Spannung ( $R_{\text{obc}} [\Omega] \geq 1000 \cdot U_N [\text{V}]$ ): -0% +10% vom eingestellten Wert
- Erkennung von gefährlicher Spannung vor Durchführung der Messungen
- Entladung des gemessenen Objektes
- Isolationswiderstandsmessung mit UNI-Schuko Stecker (WS-03, WS-04) zwischen allen 3 Anschlüssen (bei  $U_N=1000 \text{ V}$  nicht verfügbar)
- Isolationswiderstandsmessung bei mehradrigen Leitungen (max. 5) mit optionalem AutoISO-1000c Adapter
- Spannungsmessung an den Anschlüssen + $R_{\text{ISO}}$ , - $R_{\text{ISO}}$  im Bereich von: 0 V...440 V
- Prüfstrom: < 2 mA

## 8.1.9 Beleuchtungsmessung

Messbereich der LP-1 Sonde

Bereich [lx]	Auflösung [lx]	Spektrale Ungenauigkeit	Genauigkeit
0...399,9	0,1	f1<6%	$\pm(5\% \text{ v.Mw.} + 5 \text{ Digits})$
400...3999	1		
4,00 k...19,99 k	0,01 k		

- Sonde Klasse B

Messbereich der LP-10B Sonde

Bereich [lx]	Auflösung [lx]	Spektrale Ungenauigkeit	Genauigkeit
0...39,99	0,01	f1<6%	$\pm(5\% \text{ v.Mw.} + 5 \text{ Digits})$
40,0...399,9	0,1		
400...3999	1		
4,00 k...39,99 k	0,01 k		
40,0 k...399,9 k	0,1 k		

- Sonde Klasse B

## Messbereiche der LP-10A Sonde

Bereich [Ix]	Auflösung [Ix]	Spektrale Ungenauigkeit	Genauigkeit
0...3,999	0,001	f1 < 2%	±(2% v.Mw. + 5 Digits)
4,00...39,99	0,01		
40,0...399,9	0,1		
400...3999	1		
4,00 k...39,99 k	0,01 k		
40,0 k...399,9 k	0,1 k		

- Sonde Klasse A

### 8.1.10 Phasenfolge

- Erkennung der Phasenfolge: Gleiche Richtung (richtig), entgegengesetzte Richtung (falsch)
- Netzspannungsbereich  $U_{L-L}$ : 95 V...500 V (45 Hz...65 Hz)
- Anzeige der Phase-Phase Spannungen

### 8.1.11 Motordrehrichtung

- SEM Motorspannungsbereiche: 1 V ÷ 500 V AC
- Teststrom (pro Phase): < 3,5 mA

### 8.1.12 **MPI-540-PV** Messung der Spannung DC des offenen Kreises $U_{oc}$

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
0,0 V...299,9 V	0,1 V	±(3% w.m. + 5 Digits)
300 V...1000 V	1 V	±(3% w.m. + 2 Digits)

### 8.1.13 **MPI-540-PV** Messung des Kurzschlussstromes DC $I_{sc}$

Bereich	Auflösung	Genauigkeit
0,00 A...20,00 A	0,01 A	±(3% w.m. + 0,10 A)

- Vor der Messung die Messzange zurücksetzen.

## 8.2 Rekorder Daten

Rekorder Klasse: gemäß EN 61000-4-30:2015 Klasse S

### 8.2.1 Messeingänge

#### Spannungseingänge

Anzahl der Eingänge	4 (L1, L2, L3, N - 3 Messkanäle) nicht galvanische voneinander getrennt
Maximum Eingangsspannung	L1, L2, L3, N: 500 $V_{RMS}$ relativ gegen Erde
Spitzeneingangsspannung (ohne Schneiden)	1150 V (L-N)
Analoges Transmissionsband (-3 dB)	12 kHz
Wandler	Benutzerdefiniert
Impedanz der Messeingänge	14 M $\Omega$ (L-L, L-N)
CMRR	>70 dB (50 Hz)

## Stromeingänge

<b>Anzahl der Eingänge</b>	3 (L1, L2, L3) nicht galvanische voneinander getrennt
<b>Maximale Spitzeneingangsspannung</b>	5 V relativ gegen Erde
<b>Nenneingangsspannung (feste Zangen)</b>	1 V <sub>RMS</sub>
<b>Spitzeneingangsspannung (feste Zangen, without cutting)</b>	3,6 V
<b>Analoges Transmissionsband (-3dB)</b>	12 kHz
<b>Eingangsimpedanz</b>	Path bei festen Zangen: 100 kΩ Path bei flexiblen Zangen: 12.4 kΩ
<b>Messbereich ohne Wandler</b>	Flexible Zangen F-1(A)/F-2(A)/F-3(A): 1..3000 A (10000 A Spitze, 50 Hz) Feste Zangen C-4(A), C-5(A): 1..1000 A (3600 A Spitze) Feste Zangen C-6(A): 0,01..10 A (36 A Spitze) Feste Zangen C-7(A): 0..100 A (360 A Spitze)
<b>Transformers</b>	Benutzerdefiniert
<b>CMRR</b>	60 dB (50 Hz)

## 8.2.2 Sampling und Echtzeituhr (RTC)

<b>A/C Konverter</b>	16-bit
<b>Sampling Rate</b>	5,12 kHz bei 50 Hz und 60 Hz gleichzeitiges sampling in allen Kanälen
<b>Samples pro Periode</b>	102,4 bei 50 Hz; 85,33 bei 60 Hz
<b>PLL Synchronisation</b>	40..70 Hz
<b>Referenzkanal bei PLL</b>	L1-N, L1-L2 (abhängig von der Netzform)
<b>Echtzeituhr</b>	±30 ppm (ca. ±2,6 s/Tag)

## 8.2.3 Spannungsmessung

<b>Spannung</b>	<b>Bereich und Bedingungen</b>	<b>Auflösung</b>	<b>Genauigkeit</b>
U <sub>RMS</sub> (AC+DC)	20% U <sub>nom</sub> ≤ U <sub>RMS</sub> ≤ 120% U <sub>nom</sub> for U <sub>nom</sub> ≥ 100 V	0,1% U <sub>nom</sub>	±0,5% U <sub>nom</sub>
Crestfaktor	1..10 (1..2,2 bei Spannung 500 V) bei U <sub>RMS</sub> ≥ 10% U <sub>nom</sub>	0,01	±5%

## 8.2.4 Strommessung (True RMS)

Strom	Bereich und Bedingungen	Auflösung	Genauigkeit
I <sub>RMS</sub> (AC+DC)	<b>Genauigkeit des Gerätes</b>		
	10% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < 100% I <sub>nom</sub>	0,01% I <sub>nom</sub>	±2%
	<b>Flexible Zangen F-1A/F-2A/F-3A</b>		
	0..3000 A (10 kA <sub>p-p</sub> @ 50Hz)	0,01% I <sub>nom</sub>	<b>Zusätzliche Unsicherheit</b> ±1% (±2% mit einbezogen zusätzlicher Fehler, je nach Position)
	<b>Feste Zangen C-4A</b>		
	0..1000 A (3600 A <sub>p-p</sub> )	0,01% I <sub>nom</sub>	<b>Zusätzliche Unsicherheit</b> 0,1..10 A: ± (3% + 0,1 A) 10 A: ±3% 50 A: ±1.5% 200 A: ±0.75% 1000..1200 A: ±0,5%
	<b>Feste Zangen C-5A</b>		
	0..1000 A (3600 A <sub>p-p</sub> )	0,01% I <sub>nom</sub>	<b>Zusätzliche Unsicherheit</b> 0,5..100 A: ≤ (1,5% + 1 A) 100..800 A: ≤ 2,5% 800..1000 A AC: ≤ 4% 800..1400 A DC: ≤ 4%
	<b>Feste Zangen C-6A</b>		
0..10 A (36 A <sub>p-p</sub> )	0,01% I <sub>nom</sub>	<b>Zusätzliche Unsicherheit</b> 0,01..0,1 A: ± (3% + 1 mA) 0,1..1 A: ±2,5% 1..12 A: ±1%	
<b>Feste Zangen C-7A</b>			
0..100 A (360 A <sub>p-p</sub> )	0,01% I <sub>nom</sub>	<b>Zusätzliche Unsicherheit</b> 0..100 A: ± (0,5% + 0,02 A) (45..65 Hz) 0..100 A: ± (1,0% + 0,04 A) (40..1000 Hz)	
Crestfaktor	1..10 (max. 3,6 bei I <sub>nom</sub> ) for I <sub>RMS</sub> ≥ 1% I <sub>nom</sub>	0,01	±5%

## 8.2.5 Frequenzmessung

Frequenz	Bereich und Bedingungen	Auflösung	Genauigkeit
F	40..70 Hz 15% U <sub>nom</sub> ≤ U <sub>RMS</sub> ≤ 120% U <sub>nom</sub>	0,01 Hz	±0,05 Hz

## 8.2.6 Harmonische (Oberwellen)

Harmonische	Bereich und Bedingungen	Auflösung	Genauigkeit
Harmonische (n)	DC, 1..40, Gruppierung: Oberwellenuntergruppen gemäß EN 61000-4-7		
U <sub>RMS</sub> Amplitude	0..200% U <sub>nom</sub>	0,01% U <sub>nom</sub>	±0,15% U <sub>nom</sub> wenn v.Mw.<3% U <sub>nom</sub> ±(5% + 0,1% × n) v.Mw. wenn v.Mw.≥ 3% U <sub>nom</sub>
I <sub>RMS</sub> Amplitude	Depending clamps used (see specifications for I <sub>RMS</sub> )	0,01% I <sub>nom</sub>	±0,5% I <sub>nom</sub> wenn v.Mw.<10% I <sub>nom</sub> ±(5% + 0,1% × n) v.Mw. wenn v.Mw.≥ 10% I <sub>nom</sub>
Spannung THD-F (n = 2..40)	0,0...100,0% for U <sub>RMS</sub> ≥ 1% U <sub>nom</sub>	0,1%	±5%
Strom THD-F (n = 2..40)	0,0...100,0% for I <sub>RMS</sub> ≥ 1% I <sub>nom</sub>	0,1%	±5%

## 8.2.7 Asymmetrie

Asymmetrie (Spannung und Strom)	Bereich und Bedingungen	Auflösung	Genauigkeit
Asymmetriefakto für die positive und negative Nullsequenz	0,0% ... 10,0% bei 80% U <sub>nom</sub> ≤ U <sub>RMS</sub> < 150% U <sub>nom</sub>	0,1%	±0,15% (Absoluter Fehler)

## 8.2.8 Leistungs- und Energiemessung

Leistung und Energie	Bedingungen (für Leistung und Energie 80% U <sub>nom</sub> ≤ U <sub>RMS</sub> < 120% U <sub>nom</sub> )		Auflösung	Genauigkeit
Wirkleistung Wirkenergie	2% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < 5% I <sub>nom</sub>	cosφ = 1	Abhängig von U <sub>nom</sub> und I <sub>nom</sub>	± √(2,5 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
	5% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> ≤ I <sub>nom</sub>	cosφ = 1		± √(2,0 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
	5% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < 10% I <sub>nom</sub>	cosφ = 0,5		± √(2,5 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
	10% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> ≤ I <sub>nom</sub>	cosφ = 0,5		± √(2,0 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
Blindleistung Blindenergie	2% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < 5% I <sub>nom</sub>	sinφ = 1	Abhängig von U <sub>nom</sub> und I <sub>nom</sub>	± √(4,0 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
	5% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < I <sub>nom</sub>	sinφ = 1		± √(3,0 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
	5% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < 10% I <sub>nom</sub>	sinφ = 0,5		± √(4,0 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
	10% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < I <sub>nom</sub>	sinφ = 0,5		± √(3,0 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
	10% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < I <sub>nom</sub>	sinφ = 0,25		± √(4,0 <sup>2</sup> + δ <sub>ph</sub> <sup>2</sup> ) %
Scheinleistung Scheinenergie	2% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < 5% I <sub>nom</sub>		Abhängig von U <sub>nom</sub> und I <sub>nom</sub>	±2,5%
	5% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> ≤ I <sub>nom</sub>			±2,0%
Leistungsfaktor (PF)	0...1 50% U <sub>nom</sub> ≤ U <sub>RMS</sub> < 150% U <sub>nom</sub> 10% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < I <sub>nom</sub>		0,01	±0,03
Verschiebungsleistungs- faktor (cosφ/ DPF)	0...1 50% U <sub>nom</sub> ≤ U <sub>RMS</sub> < 150% U <sub>nom</sub> 10% I <sub>nom</sub> ≤ I <sub>RMS</sub> < I <sub>nom</sub>		0,01	±0,03

### 8.3 Weitere technische Daten

- a) Isolierklasse gemäß EN 61010 und EN 61557 ..... doppelt
- b) Messkategorie gemäß EN 61010-2-030 ..... IV 300 V, III 500 V, **MPI-540-PV** II 1000 V DC
- c) Gehäuseschutzklasse gemäß EN 60529 ..... IP51 (Anschlüsse versiegelt mit Silikonstopper)
- d) Spannungsversorgung des Gerätes ..... Li-Ion 11,1 V 3,4 Ah 37,7 Wh
- e) Parameters des AC Batterieladeadapter ..... 12 V DC / 2,5 A  
..... 100 V...240 V, 50 Hz...60 Hz (Netz)
- f) Abmessungen ..... 288 mm x 223 mm x 75 mm
- g) Gewicht des Gerätes mit Batterien ..... ca. 2,5 kg
- h) Lagertemperatur ..... -20°C...+60°C
- i) Betriebstemperatur ..... 0°C...+45°C
- j) Temperaturbereich für Ladevorgang ..... +10°C...+40°C
- k) Temperatur bei Ladeunterbrechungen ..... <+5°C und ≥ +50°C
- l) Luftfeuchtigkeit ..... 20%...90%
- m) Referenztemperatur ..... +23°C ± 2°C
- n) Referenzluftfeuchtigkeit ..... 40%...60%
- o) Höhe über n.N ..... <2000 m
- p) Zeiten für automatische Abschaltung (Auto-OFF) ..... 2 min, 5 min oder deaktiviert
- q) Anzahl der Messungen Z odr RCD (bei geladenen Akkus) ..... >3000 (6 Messungen / Minute)
- r) Anzahl der Messungen Riso oder R (bei geladenen Akkus) ..... >1000
- s) Zeit für Aufnahmen (bei geladenen Akkus) ..... 16 h
- t) Anzeige ..... Frab LCD TFT mit polytouch  
..... 800 x 480 Pixels  
..... diagonal 7"
- u) Speicher für Messergebnisse ..... unbegrenzt
- v) Speicher für Aufnahmen ..... unbegrenzt
- w) Datenübertragung ..... USB
- x) Qualitätsstandard .....  
..... Entwicklung, Design und Herstellung nach ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001
- y) Das Gerät entspricht den Anforderungen gemäß IEC 61557
- z) EMC Produktanforderungen (Elektromagnetische Verträglichkeit, Störfestigkeit für Industriebereiche) gemäß ..... EN 61326-1 und EN 61326-2-2



#### EN 55022 Konformitätserklärung

Das MPI-540 / MPI-540-PV ist ein Klasse A Produkt. In häuslicher Umgebung kann dieses Gerät Rundfunkstörungen verursachen. Der Benutzer kann dies jedoch durch Maßnahmen wie Erhöhung des Abstandes zu diesen Geräten verhindern.



SONEL S. A. erklärt hiermit, dass der Radiogerättyp MPI-540 / MPI-540-PV mit der Richtlinie 2014/53/EU vereinbar ist. Der volle Text der EU-Konformitätserklärung ist unter der folgenden Internetadresse verfügbar: <https://sonel.pl/de/download/konformitatserklarungen/>

## AUFZEICHNUNGEN

## AUFZEICHNUNGEN

## MELDUNGEN während MESSUNGEN



### ACHTUNG!

Das Prüfgerät wurde zum Arbeiten an folgenden Phasenspannungen entwickelt: 110 V, 115 V, 127 V, 220 V, 230 V und 240 V sowie Phase-Phase Spannungen von 190 V, 200 V, 220 V, 380 V, 400 V, 415 V.  
Der Anschluss des Prüfgerätes an höheren Spannungen als erlaubt, zerstört dieses und kann zur Gefahr für den Benutzer werden.

Messung $Z_s$	
<b>L-N!</b>	$U_{L-N}$ Spannung unzulässig, um Messungen durchzuführen
<b>L-PE!</b>	$U_{L-PE}$ Spannung unzulässig, um Messungen durchzuführen
<b>N-PE!</b>	$U_{N-PE}$ hat zulässigen Wert von 50 überschritten
<b>L ↔ N</b>	Phase an N Buchse anstatt L Buchse angeschlossen (z.B. L-N Leiter in Steckdose vertauscht)
<b>TEMPERATURE!</b>	Maximaltemperatur im Prüfgerät überschritten
<b>f!</b>	Netzfrequenz ist außerhalb des Bereichs von 45...65 Hz
<b>ERROR!</b>	Fehler während des Messvorgangs. Ergebnis kann nicht korrekt angezeigt werden.
<b>Schleifentest-Messkreis fehlerhaft!</b>	Prüfgerät zum Service einsenden
<b>U&gt;500V!</b> Mit Dauerton	Vor der Messung. Spannung an den Messbuchsen größer 500 V
<b>VOLTAGE!</b>	Die Spannung am Testobjekt ist nicht innerhalb der angegebenen Grenzwerte festgelegt durch die Netzennspannung $U_n$
<b>LIMIT!</b>	Zu niedriger Wert des erwarteten Kurzschlussstromes $I_k$ für die voreingestellte Sicherung und Auslösezeit
$R_E$ Messung	
<b>VOLTAGE!</b>	Zu hohe Spannungen den Anschlüssen
<b>H!</b>	Unterbrechung im Messkreis
<b>S!</b>	Unterbrechung im Spannungsmesskreis
<b><math>R_E &gt; 1.99 \text{ k}\Omega</math></b>	Messbereich überschritten
<b>NOISE!</b>	Signal / Rauschen Verhältnis ist zu niedrig (Störsignal zu groß)
<b>LIMIT!</b>	Fehler auf Grund der Elektrodenwiderstände $> 30 \%$ (zur Berechnung der Messungenauigkeiten werden die Messwerte verwendet)
	Unterbrechung im Messkreis oder Widerstand der Erdspeife größer als 60 k $\Omega$
$R_{CD}$ Messung	
<b><math>U_B &gt; U_L!</math></b>	Die Berührungsspannung überschreitet den eingestellten Schwellenwert $U_L$
<b>!</b>	Im Ergebnisfeld rechts angezeigt, RCD fehlerhaft.
<b>PE!</b> mit Dauerton	Spannungen zwischen Kontaktelektrode und PE Leiter überschreitet das erlaubte Limit von $U_L$ .
$R_{iso}$ Messung	
 mit Dauerton	Spannung ab den Eingängen erkannt. Keine Messung möglich.
<b>NOISE!</b>	Störspannung am Objekt erkannt. Messung ist möglich wird jedoch durch zusätzlich Messunsicherheit belastet
<b>LIMIT!</b>	Sicherung hat ausgelöst. Das angezeigte Symbol wird durch einen Dauerton begleitet. Wird dies nach der Messung angezeigt, bedeutet dies, dass das Messergebnis während dem Auslösen einer Sicherung erzielt wurde (z.B. Kurzschluss am Objekt).



**SONEL S.A.**

Wokulskiego 11  
58-100 Świdnica  
Polen

**Kundenbetreuung**

Tel. +48 74 884 10 53  
E-Mail: [customerservice@sonel.com](mailto:customerservice@sonel.com)

[www.sonel.com](http://www.sonel.com)