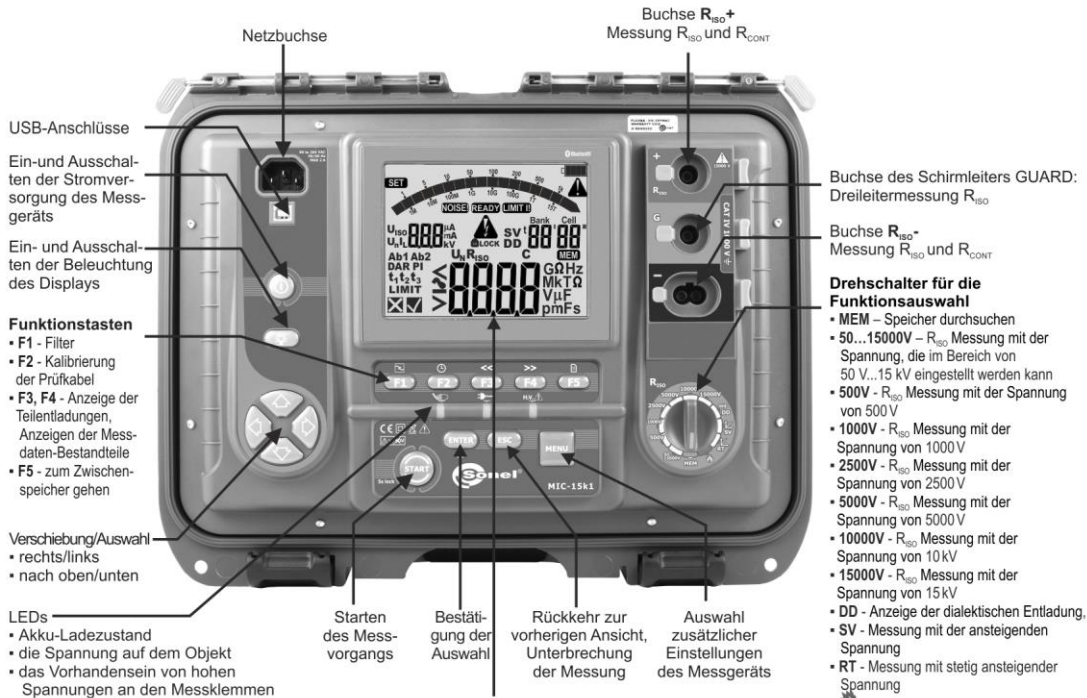


# **BEDIENUNGSANLEITUNG**

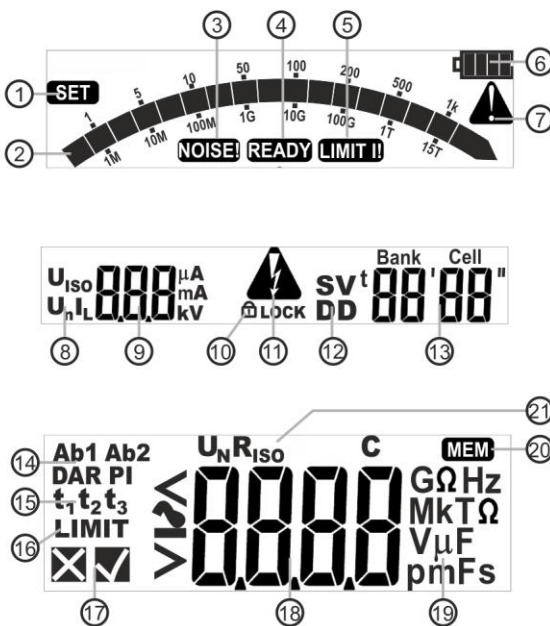
## **ISOLATIONSWIDERSTANDS- MESSGERÄT**

**MIC-15k1**

# MIC-15k1



## DISPLAY



- Symbol der Aktivität des Einstellmodus der Messparameter
- Bargraph
- Symbol der Anwesenheit von Spannungsinterferenz
- Symbol der Messbereitschaft
- Arbeiten mit Messstrombegrenzung
- Symbol zur Anzeige des Zustandes der Akkus
- Warnung
  - Betonung der Wichtigkeit der Informationen über den Fehler, die angezeigt werden,
  - Signalisierung der Notwendigkeit in der Bedienungsanleitung nachzuschlagen
- Symbole der Größen, die im Hilfsfeld angezeigt werden
- Hilfsfeld
- Aufrechterhaltungssymbol (Blockade) der Messung
- Signalisierung einer hohen Spannung auf den Klemmen  $U_{iso}$
- SV - Ramp Mess-Mnemonik
- DD - dielektrische Entladungsrate
- Nummer der Speicherbank und -zelle
- Dauer des Messvorgangs
- Mnemonik der Absorptionskoeffizienten
- Mnemonik der Zeit zur Berechnung der Absorptionskoeffizienten
- Einstellung der zulässigen Grenze des Widerstands
- Richtigkeit des Ergebnisses
- Wert der Messgröße
- Ableseeinheit
- Speicher-Aktivitätsmodus
  - Speichern
  - Speichereinhalt anzeigen
- Symbole der Messgrößen



## **BEDIENUNGSANLEITUNG**

# **ISOLATIONSWIDERSTANDSMESSGERÄT MIC-15k1**



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

Das MIC-15k1 ist ein modernes, leicht zu handhabendes und sicheres Prüfgerät. Machen Sie sich bitte vorab mit dieser Anleitung vertraut, um Messfehlern oder einem fehlerhaften Gebrauch vorzubeugen.

# INHALT

<b>1 Sicherheit</b>	<b>5</b>
<b>2 Allgemeine Beschreibung und Funktionen des Geräts</b>	<b>6</b>
<b>3 Konfiguration des Messgeräts</b>	<b>7</b>
<b>4 Messungen</b>	<b>12</b>
4.1 Einstellungen für die Messung	13
4.2 Fernsteuerung des Messgeräts	15
4.3 2-Leiter-Messung	17
4.4 3-Leiter-Messung	21
4.5 Messung des Oberflächen- und Volumenwiderstands der Isolierung – Sr-Modus	23
4.6 Messung mit schrittweise ansteigender Spannung – SV	25
4.7 Messung mit stetig ansteigender Spannung – RT	27
4.8 Fehlerortung (🔥 Nachbrennen)	30
4.9 Dielektrische Entladung – DD	32
4.10 Anzeige der Teilentladungen	35
4.11 Prüfung der Spannung	36
4.12 Messung der Polarisations- und Depolarisationsströme PDC	38
4.13 Bestimmung der Länge des gemessenen Kabels	40
4.14 Dichtheitsprüfung der MV-Kabelarmierung	41
<b>5 Speicherung der Messergebnisse</b>	<b>42</b>
5.1 Speichern der Messergebnisse	42
5.2 Speicher durchsuchen	44
5.3 Löschen des Speichers	45
5.3.1 Löschen der Datenbank	45
5.3.2 Löschen des gesamten Speichers	46
<b>6 Datenübertragung</b>	<b>48</b>
6.1 Zubehör zur Datenübertragung an PC	48
6.2 Datenübertragung via USB	48
6.3 Datenübertragung mithilfe des Moduls Bluetooth	49
<b>7 Aktualisierung der Software</b>	<b>50</b>
<b>8 Stromversorgung</b>	<b>51</b>
8.1 Überwachung der Versorgungsspannung	51
8.2 Akkuversorgung	51
8.3 Aufladen des Akkus	51
8.4 Zasilanie z sieci	52
8.5 Generelle Handhabung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren (Li-Ion)	52
<b>9 Reinigung und Wartung</b>	<b>53</b>
<b>10 Lagerung</b>	<b>53</b>
<b>11 Demontage und Entsorgung</b>	<b>53</b>
<b>12 Technische Daten</b>	<b>54</b>
12.1 Grundlegende Daten	54

12.2 Weitere technische Daten ..... 56

12.3 Weitere Daten ..... 57

12.3.1 Zusätzliche Ungenauigkeiten nach EN 61557-2 ( $R_{ISO}$ ) ..... 57

**14 Hersteller ..... 57**

# 1 Sicherheit

Das Gerät MIC-15k1 wurde zur Überprüfung von Isolationsschäden und zum Schutz gegen elektrischen Schlag in Versorgungsnetzen entwickelt. Die erzielten Messergebnisse werden zur Ermittlung der Sicherheit von elektrischen Installationen verwendet, deshalb müssen, um eine einwandfreie Funktion und Genauigkeit der erzielten Ergebnisse zu gewährleisten folgende Punkte beachtet werden:

- Bevor Sie das Messgerät in Betrieb nehmen, machen Sie sich gründlich mit dieser Anleitung vertraut und beachten Sie die vom Hersteller festgelegten Sicherheitsvorschriften und Spezifikationen.
- Jede Anwendung, die von den Angaben in diesem Handbuch abweicht, kann zu Schäden am Messgerät führen und eine Gefahrenquelle für den Anwender darstellen.
- Das Messgerät darf nur von entsprechend qualifiziertem Personal mit entsprechenden Zertifikaten für die Durchführung von Messungen an elektrischen Anlagen bedient werden. Die Bedienung des Analysators durch nicht autorisiertes Personal kann zu Schäden am Gerät führen und eine Gefahrenquelle für den Benutzer und umstehende Personen darstellen.
- Bei der Messung des Isolationswiderstands liegt an den Enden der Drähte des Messgeräts eine gefährliche Spannung von bis zu 16,5 kV (15 kV + (0...10%)) an.
- Vor der Isolationswiderstandsmessung muss das zu prüfende Objekt von der Netzspannung getrennt werden.
- Während der Isolationswiderstandsmessung dürfen die Messleitungen nicht vom Prüfobjekt getrennt werden, bevor der Messvorgang abgeschlossen wurde (**Kap. 4.3**). Vorher wurde das Prüfobjekt nicht kapazitiv Entladen, was einen elektrischen Schlag zur Folge haben könnte
- Achten Sie beim Messen des Isolationswiderstands des Kabels darauf, dass das andere Ende gegen unbeabsichtigtes Berühren geschützt ist.
- Die Verwendung dieses Handbuchs schließt nicht aus, dass bei der Durchführung einer bestimmten Art von Arbeit die Arbeitsschutzvorschriften und andere einschlägige Brandschutzvorschriften eingehalten werden müssen. Vor Beginn der Arbeit mit dem Gerät in besonderen Umgebungen – z. B. in einer potenziell feuergefährdeten/explosionsgefährdeten Umgebung – ist eine Rücksprache mit der für Gesundheit und Sicherheit zuständigen Person erforderlich.
- Es ist inakzeptabel zu arbeiten:
  - ⇒ es ist beschädigt und ganz oder teilweise außer Betrieb,
  - ⇒ seine Kabel und Leitungen eine beschädigte Isolierung aufweisen,
  - ⇒ wenn Sie das Messgerät von einem kühlen an einen warmen Ort mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit gebracht haben, starten Sie die Messungen erst, wenn sich das Gerät auf die Umgebungstemperatur erwärmt hat (ca. 30 Minuten).
- Leuchtet die Aufschrift **LOLT** auf dem Display, weist dies auf eine zu niedrige Spannung der Energieversorgung und die Notwendigkeit des Batteriewechsels, bzw. auf die Notwendigkeit die Akkus aufzuladen, hin.
- Die Meldung **ErrX**, wobei X eine Zahl von 0 bis 9 ist, deuten auf eine Fehlfunktion des Geräts. Falls nach erneutem Einschalten sich die Situation wiederholt, deutet dies auf eine Beschädigung des Messgeräts.
- Bevor die Prüfung gestartet werden kann, muss die richtige Messung ausgewählt und sichergestellt sein, dass die Messleitungen entsprechend an den Anschlüssen am Prüfgerät angeschlossen sind.
- Das Messgerät darf nicht von abweichenden Spannungsquellen, als in der Bedienungsanleitung vermerkt betrieben werden.
- Die **R<sub>ISO</sub>**-Eingänge des Messgeräts sind elektronisch gegen Überlast (z.B. durch Anschluss an einen stromführenden Stromkreis) bis zu 1500 V für 60 Sekunden geschützt.
- Reparaturen dürfen nur von einer autorisierten Servicestelle durchgeführt werden.




Aufgrund der kontinuierlichen Weiterentwicklung des Geräts können die in diesem Handbuch beschriebenen Funktionen vom tatsächlichen Stand abweichen.

## 2 Allgemeine Beschreibung und Funktionen des Geräts

Das digitale Messgerät MIC-15k1 ist für die Messung des Isolationswiderstands bestimmt. Zu den Hauptmerkmalen des Geräts gehören:

### ☐ Isolationswiderstandsmessung

- Messspannung 500 V, 1000 V, 2500 V, 5000 V, 10 000 V und 15 000 V bzw. im Bereich 50...15 000 V einstellbar
- Messung des Isolationswiderstands bis 40 TΩ
- Messung bei ansteigender Spannung stetig (RT) oder diskret (SV)
- Entladezustand-Messung des Dielektrikums DD
- Nachbrennen-Funktion 
- Ableitstromanzeige
- Direktmessung von einem oder zwei Absorptionskoeffizienten
- Akustische Signale im 5-Sekunden-Takt vereinfachen die Aufnahme von Zeitcharakteristiken bei der Isolationswiderstandsmessung
- Kapazitätsmessung des Prüflings
- Bestimmung der Kabellänge
- Selbsttätige Entladung der Kapazität des Prüflings beim Beenden der Isolationswiderstandsmessung
- Messung im stark gestörten Umfeld möglich

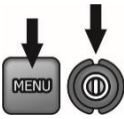
### ☐ Sonstige

- Automatische Auswahl des Messbereichs
- Speicher für Messdaten mit der Exportmöglichkeit (Option) an einen PC über Bluetooth, USB oder RS-232
- Große, gut lesbare Anzeige mit Option der Hintergrundbeleuchtung
- Überwachung des Akkuladezustands
- Selbsttätige Abschaltung bei Nichtbenutzung (AUTO-OFF-Funktion)
- Ergonomische Bedienung
- Unterstützung für mobile App, die Steuerung des Messgeräts, Ablesen der Messdaten und deren laufende Präsentation auf Diagrammen ermöglicht
- Unterstützung für maßgeschneiderte Software zur Erfassung und Auswertung der im Messgerät gespeicherten Daten.



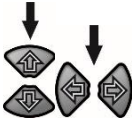
### 3 Konfiguration des Messgeräts


①





- Messgerät ausschalten.
- Die **MENU** Taste gedrückt halten und die **ON/OFF** Taste kurz drücken. Die **MENU** Taste solange gedrückt halten, bis das Symbol **SET** erscheint.

②



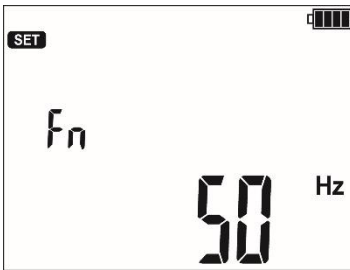
Parameters eingestellt und mit den Tasten  wird zum nächsten Parameter gewechselt.

Mit den Tasten  wird der Wert des Parameters eingestellt.

- Beim Einstellen eines Parameters, damit sich dessen Werte schneller ändern, die Tasten  länger gedrückt halten.
- Wird der gewünschte Wert in etwa erreicht,  kurz drücken und den Wert präzise einstellen.

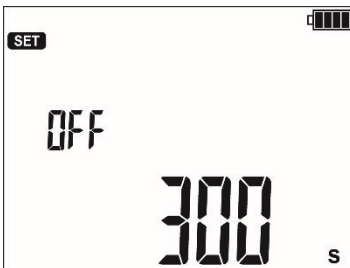
Die Reihenfolge der Einstellung ist wie folgt:

③



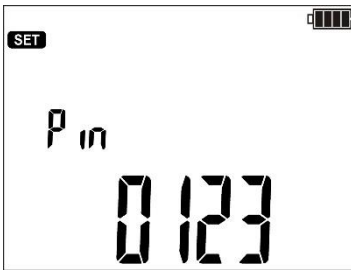
**Nennfrequenz** des Netzes (50 Hz oder 60 Hz).

④



Zeit bis zur **automatischen Abschaltung** (300 s, 600 s, 900 s) oder keine (- - -).

5



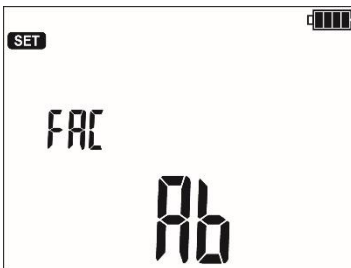
**PIN** für die Bluetooth-Verbindung. Die einzustellende Ziffer blinkt. Zur nächsten Ziffer mit den Tasten **F3** und **F4** übergehen.

Der Code schützt vor einer unbefugten Herstellung der drahtlosen Verbindung durch Drittpersonen (Außenstehenden).

Denselben Code eingeben:

- in der Software für drahtlose Datenübertragung (**Sonel Reader, Sonel Reports Plus**),
- in der mobilen App **Sonel MIC Mobile**, um die Verbindung herzustellen.

6



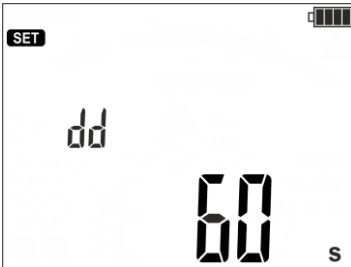
**Absorptionskoeffizienten** für  $R_{ISO}$ :

- ⇒ Ab1, Ab2 (**Ab**)  
oder  
⇒ PI, DAR (**PI**).

Jede Änderung modifiziert die Zeiten t1, t2 und t3 zu den Standardzeiten.

- Für **Ab1/Ab2** t1 = 15 s, t2 = 60 s, t3 = 0.
- Für **PI/DAR** t1 = 30 s, t2 = 60 s, t3 = 0.

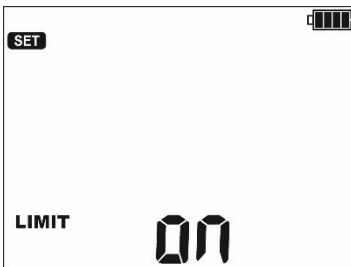
7



**Zeit der Ableitstrommessung** für die **DD**-Funktion.

Voreingestellt sind 60 s. Diese Einstellung kann jedoch durch den Benutzer im Bereich 60...5999 s geändert werden. Siehe auch **Kap. 4.9, 4.12**.

8

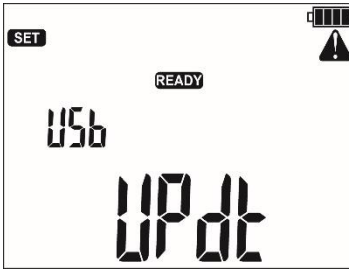


**Grenzwerte** einstellen: Einschalten (**0n**) und Ausschalten (**0ff**).

Beim Status **0n** werden neue einstellbaren Parameter angezeigt.

- ⇒ Bei der Isolationswiderstandsmessung: Grenzwert des Widerstand  $R_{ISO}$  (**Kap. 4.1 Schritt 8**).
- ⇒ Bei **RT**-Funktion: End-Messspannung  $U_{ISO}$ , Ableitstrom-Grenzwert  $I_L$  (**Kap. 4.7 Schritt 8**).

9



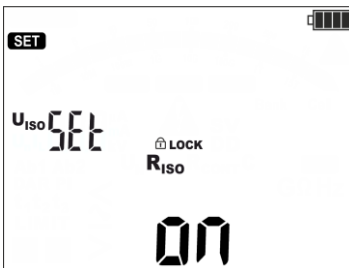
**Aktualisierung der Software.** Die Besprechung des Themas befindet sich in **Kap. 7**.

10



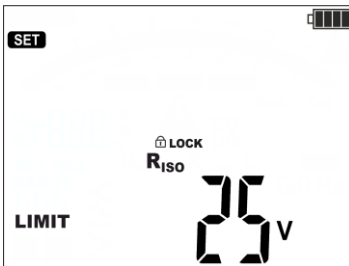
**Akustische Signale:** Einschalten (ON) und Ausschalten (OFF).

11



**Spannungstest:** Einschalten (ON) und Ausschalten (OFF).

12



Mindestwert der Stör-Wechselspannung am Prüfbjekt, die vom Gerät mit der **NOISE**-Meldung signalisiert wird. Verfügbare Einstellungen: 25 V, 30 V, 35 V...1495 V, 1500 V.

13

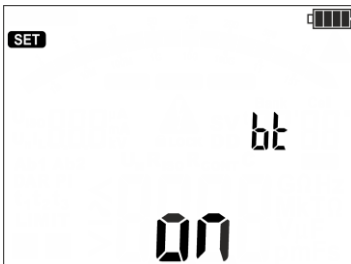


Genauigkeit der Zuführung der Messspannung:

- ⇒ **Hi** – 0...5%,
- ⇒ **Lo** – 0...10%.

Zum Beispiel bei der Einstellung **Hi** und der Messspannung von **1000 V** wird das Messgerät Spannung von ca. **1050 V** erzeugen.

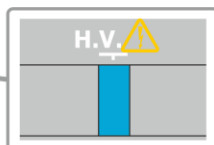
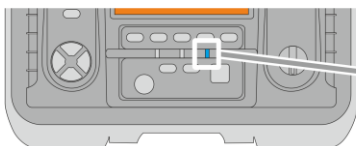
14



Drahtlose Bluetooth-Kommunikation:

- ⇒ **OFF** – deaktiviert,
- ⇒ **on** – aktiviert.

Ist die Kommunikation aktiviert, blinkt die **HV** Diode in **Blau**.



15



Kapazitätsmessung während des Tests:

- ⇒ **OFF** – deaktiviert
- ⇒ **on** – aktiviert.

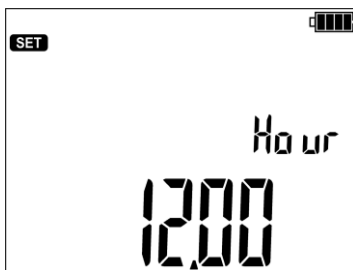
16



Starten des Hochspannungswandlers:

- ⇒ **NORM RISE** – der Wandler startet normal, so dass die Spannung den Nennwert innerhalb von wenigen Sekunden erreicht,
- ⇒ **FAST RISE** – der Wandler startet abrupt (so dass die Spannung in den ersten Sekunden der Messung einen etwas zu hohen Wert erreicht), mit dem Ergebnis, dass die Nennspannung an den Klemmen innerhalb von <350 ms ab dem Prüfbeginn verfügbar ist.

17

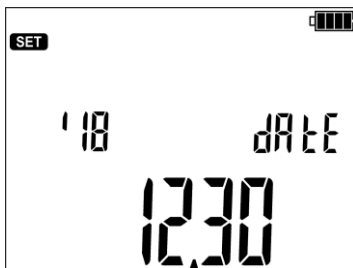


Aktuelle Uhrzeit.

Mit den Tasten vom Einstellen der Stunden zu Minuten überspringen und umgekehrt.

Mit den Tasten den Wert einstellen.

18

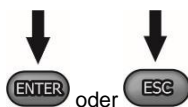


Aktuelles Datum (JJ-MM-TT).

Mit den Tasten vom Einstellen des Jahres zu Monaten und Tagen überspringen.

Mit den Tasten den Wert einstellen.

19



- Mit der Taste **ENTER** zum Messbildschirm zurückkehren, mit Bestätigung der Änderungen.

- Mit der Taste **ESC** zum Messbildschirm zurückkehren, ohne die Änderungen zu bestätigen.





Um die Werkseinstellungen wiederherzustellen, halten Sie die **ON/OFF**-Taste länger als 5 Sekunden gedrückt.

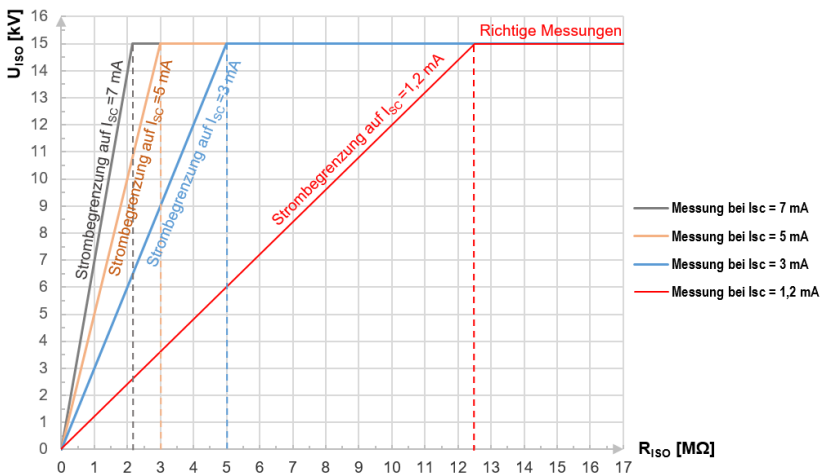
## 4 Messungen



### WARNUNG

- Während der Messung darf der Bereichsschalter nicht verwendet werden, da dies die Beschädigung des Gerätes zur Folge haben kann und Quelle einer Gefahr für den Benutzer sein kann.
  - Das zu messende Objekt darf nicht unter einer Spannung stehen.
  - **Beim Messen von Kabeln ist Vorsicht geboten.** Die Gefahr eines elektrischen Schlags besteht auch, nachdem ihre Kapazität durch das Messgerät entladen wurde, da die Spannung automatisch wiederhergestellt werden kann.
- 
- Der letzte Messwert bleibt gespeichert und wird erst dann überschrieben, wenn der Zwischenspeicher des Messgeräts voll ist (**Kap. 5**).
  - Der Messwert wird auf dem Bildschirm 20 Sekunden lang angezeigt. Danach geht das Messgerät in den Bereitschaftszustand für den nächsten Messvorgang über.
  - Der letzte Messwert kann mit der Taste **ENTER** wieder aufgerufen werden – auch nach dem Ausschalten und Wiedereinschalten des Messgeräts. Die übrigen nicht gespeicherten Messdaten können aufgerufen werden, wie im **Kap. 5** dargestellt.
  - Während des Messvorgangs – insbesondere bei hohen Widerstandswerten – sicherstellen, dass **die Prüfkabel und Krokodilklemmen nicht miteinander in Berührung kommen**, da sonst die Messwerte durch den Oberflächenstrom mit einem zusätzlichen Fehler behaftet sein können.
  - Das Drücken der Taste **F2** ruft nacheinander die **Uhrzeit** und das **Datum** auf. Das dritte Drücken verursacht die Rückkehr zum Bildschirm des Messvorgangs.

Der Ausgangsstrom  $I_{sc}$  des Wandlers wird auf 1,2 mA, 3 mA, 5 mA, 7 mA oder 10 mA beschränkt (10 mA **ausschließlich** bei der  **Nachbrennen-Funktion** verfügbar). Die Aktivierung der Strombegrenzung wird durch einen kontinuierlichen Piepton signalisiert. Das Testergebnis ist dann korrekt, aber **an den Messklemmen** liegt eine Spannung an, **die niedriger ist als die eingestellte Spannung**. Die Strombegrenzung erfolgt in der ersten Phase der Messung durch die Aufladung der Kapazität des Testobjekts.



Graph 4.1. Die momentane Prüfspannung  $U_{ISO}$  als Funktion des gemessenen Isolationswiderstandes  $R_{ISO}$  (zur Nennspannung) dargestellt

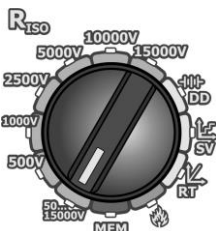


## WARNUNG

Bei Kabeln, die auf die Nennspannung von 15 kV ausgelegt sind (max. 17 kV) eine besondere Vorsicht walten lassen – Kabel während des Messvorgangs nicht in der Hand halten.

### 4.1 Einstellungen für die Messung

1



Den Funktionswahl-Drehumschalter auf eine der  $R_{iso}$ -Stellungen umschalten und so die Messspannung auswählen.

Die Stellung **50...15000 V** ermöglicht die Auswahl einer beliebigen Spannung aus diesem Bereich (Schritt 5) in **10 V**-Intervallen.

2



Das Messgerät befindet sich im Modus der Spannungsmessung.

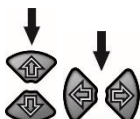
3







Durch das Drücken der Taste **MENU** überspringt man:

- ⇒ zur Auswahl der Messspannung  $U_n$  (die Schalterstellung **50...15000 V** bietet die Zusatzoption zur Auswahl der Messspannung),
- ⇒ zur Auswahl der Zeiten zur Berechnung der Absorptionskoeffizienten ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ),
- ⇒ zur Auswahl der Gesamtdauer des Messvorgangs  $t$ , des Kurzschlussstroms  $I_{sc}$  und des Grenzwertes.

4

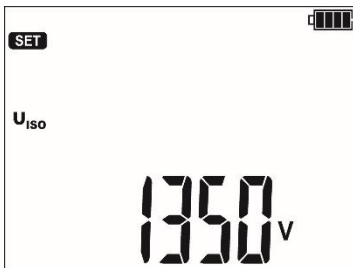


Mit den Tasten  den Parameterwert einstellen.  
Mit den Tasten  zum nächsten Parameterwert überspringen.

- Beim Einstellen eines Parameters, damit sich dessen Werte schneller ändern, die Tasten  länger gedrückt halten.
- Wird der gewünschte Wert in etwa erreicht,  kurz drücken und den Wert präzise einstellen.

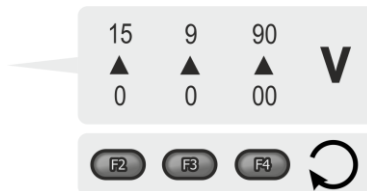
Die Einstellungen sind in folgender Reihenfolge vorzunehmen:

5



Messspannung  $U_n$  (nur für Stellung **50...15000 V**).

Die Einstellung der Spannung kann auch mithilfe von Funktionstasten (F2 – Abstufung 1000 V, F3 – Abstufung 100 V, F4 – Abstufung 10 V) vorgenommen werden.

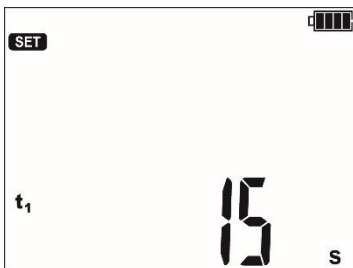


6

Zeit, eine nach der anderen:

- ⇒ t1 (1 s...600 s),
- ⇒ t2 (1 s...600 s, jedoch >t1),
- ⇒ t3 (1 s...600 s, jedoch >t2),
- ⇒ t (unabhängig von t1, t2 und t3: 1 s...99 min 59 s).

6a



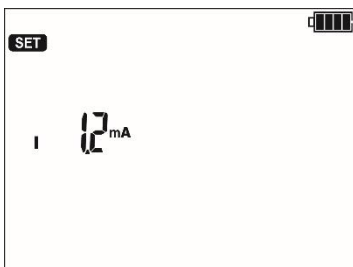
Einstellen der t1...t3 Zeit.

6b



Einstellen Gesamtdauer des Messvorgangs t.

7

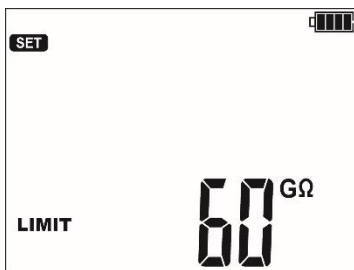


Maximaler durch das Messgerät erzwungener Kurzschlussstrom  $I_{sc}$ :

- ⇒ 1,2 mA,
- ⇒ 3 mA,
- ⇒ 5 mA,
- ⇒ 7 mA.



8



**Grenzwert.** Die Option ist verfügbar, wenn im **Kap. 3 Schritt 8** das Einstellen der Grenzwerte aktiviert wurde.

Der Grenzwert ist für  $R_{ISO}$  der Mindestwert. Der Grenzwert-Einstellbereich entspricht dem Bereich der Funktion: von 1 kΩ bis 40 TΩ.

Den Grenzwert mit den Tasten  $\uparrow$  und  $\downarrow$  einstellen.

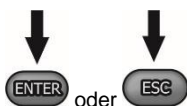
- Beim Einstellen eines Parameters, damit sich dessen Werte schneller ändern, die Tasten  $\uparrow\downarrow$  länger gedrückt halten.
- Wird der gewünschte Wert in etwa erreicht,  $\uparrow\downarrow$  kurz drücken und den Wert präzise einstellen.

Das Einstellen des Grenzwerts verläuft im Kreis. Die Auflösung des einzustellenden Grenzwertes entspricht mit dem gegebenen Unterbereich.

Um den Grenzwert zu deaktivieren, den Wert - - - einstellen, d.h.:

- in der Stellung 1 kΩ  $\downarrow$  drücken oder
- in der Stellung 40 TΩ  $\uparrow$  drücken.

9

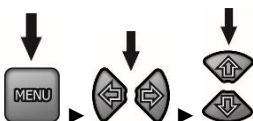


- Mit der Taste **ENTER** die Einstellungen übernehmen (wird durch ein akustisches Signal bestätigt).
- Mit der Taste **ESC** verlassen, ohne die Einstellungen zu ändern.

## 4.2 Fernsteuerung des Messgeräts

Das Gerät kann mithilfe der mobilen App **Sonel MIC Mobile** ferngesteuert werden. Zu diesem Zweck die drahtlose Datenübertragung aktivieren (**Kap. 3 Schritt 14**) und den **btrc**-Modus aktivieren, indem die folgenden Schritte verfolgt werden.

1



- Wenn kein Messvorgang läuft, die Taste **MENU** drücken.
- Mit den Tasten  $\leftarrow \rightarrow$  zur Option **btrc** übergehen.
- Mit den Tasten  $\uparrow \downarrow$  den Modus von **OFF** auf **ON** umschalten.

2



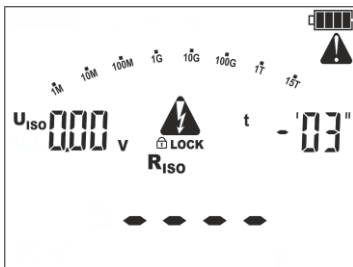
Die Auswahl mit der Taste **ENTER** übernehmen.

3



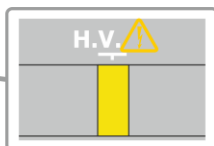
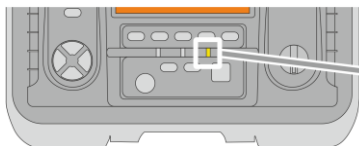
Die Fernsteuerung ist aktiv – die **bt rc**-Meldung wird angezeigt. In der Bildschirmecke blinkt ein Warndreieck.

4



Wird der Messvorgang über die App ausgelöst:

- blinkt ein Warndreieck,
- blinkt ein Warndreieck, der vor Hochspannung warnt,
- blinkt die **H.V.**-Diode,
- ertönt ein Signalton.



5



Wenn die Fernsteuerung nicht aktiv ist, wird bei einem Versuch, den Messvorgang über die App auszulösen, die Meldung **bt rc OFF** angezeigt.

### 4.3 2-Leiter-Messung

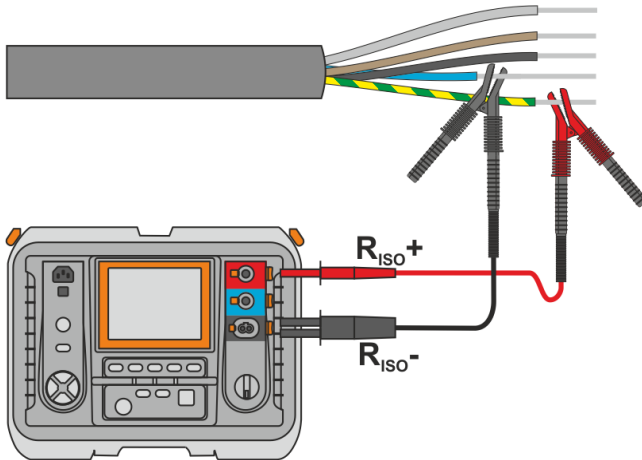
①



Den Funktionswahl-Drehumschalter auf eine der  $R_{iso}$ -Stellungen umschalten und so die Messspannung auswählen. Die Stellung **50...15000 V** ermöglicht zusätzlich die Auswahl einer beliebigen Spannung aus diesem Bereich (**Kap. 4.1 Schritt ⑤**) mit einem Intervall von **10 V**.

②

Prüfkabel anschließen wie auf der Zeichnung dargestellt.



③



Das Messgerät ist zum Messen bereit.

4

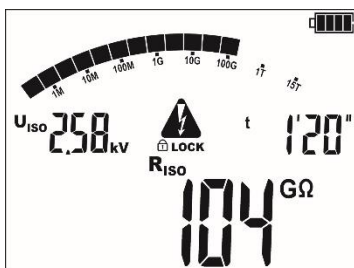


Die **START**-Taste drücken und **5 Sekunden** lang gedrückt halten. Daraufhin wird es 5 Sekunden lang rückwärts gezählt und dann wird der Messvorgang **aktiviert**.

Die Prüfung wird fortgesetzt, **bis die programmierte Zeit** erreicht ist (**Kap. 4.1 Schritt (6b)**) bzw. die **ESC**-Taste gedrückt wird.

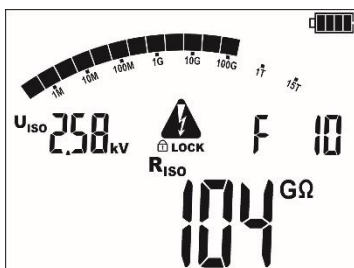
Einen Schnellstart ohne die 5-Sekunden-Verzögerung ausführen, indem die Taste **ENTER** gedrückt wird, während die Taste **START** gedrückt gehalten wird. Der Messvorgang wird unterbrochen, wenn die programmierte Zeit erreicht ist oder die **ESC**-Taste gedrückt wird.

5



Bildschirmansicht während des Messvorgangs.

Während des Messvorgangs ermöglichen die Tasten **← →** das **Ändern** der momentan angegebenen **Messspannung  $U_{iso}$**  auf den **Ableitstrom  $I_L$** .



Das Gerät ist mit einem fortschrittlichen **Digitalfilter** ausgestattet, das Messdaten bei besonders schwierigen und unstabilen Messbedingungen stabilisiert. Wird vor bzw. während des Messvorgangs die Taste **F1** gedrückt, führt das Gerät Berechnungen durch, die Messdaten stabilisieren. Das Messgerät zeigt die gefilterten Messwerte aus dem gewählten Zeitabschnitt an.

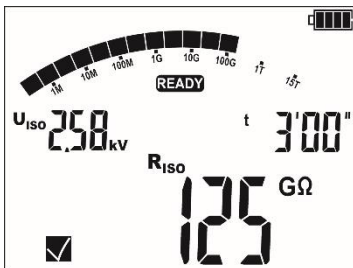
Die Filterauswahl erfolgt durch das Drücken der **F1**-Taste. Das Einstellen verläuft im Kreis. Die Taste wiederholt drücken, um die gefilterten Ergebnisse aus den letzten:

- ⇒ 10 s (**F 10**),
- ⇒ 30 s (**F 30**),
- ⇒ 60 s (**F 60**),
- ⇒ 100 s (**F 100**),
- ⇒ 200 s (**F 200**),
- ⇒ anzuzeigen. Danach wird der Filter deaktiviert (**F -**).

Die Filtereinstellungen werden automatisch nach dem Aus- und Einschalten des Messgeräts oder beim Ändern der Messfunktion mit dem Drehumschalter **gelöscht**.

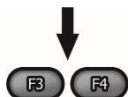
Verfügbare Filtereinstellungen hängen von der Zeiteinstellung des Messvorgangs ab. Wenn beispielsweise  $t = 20$  s eingestellt ist, kann der Filter nur auf 10 s gesetzt werden.

6



Nach dem Abschluss des Messvorgangs Messdaten ablesen.

7



Mit den Tasten **F3** und **F4 (BILD)** können die einzelnen Bestandteile in der folgenden Reihenfolge angezeigt werden:

**R<sub>iso</sub>** → **I<sub>L</sub>** und **C** → **Rt1** und **It1** → **Rt2** und **It2** → **Rt3** und **It3** → **Ab1 (DAR)** → **Ab2 (PI)** → **R<sub>iso</sub>** → **Grenzwert** → ...

wo:

C – Kapazität des Prüflings.

## Weitere vom Prüfgerät angezeigte Informationen



Das Vorhandensein einer Messspannung an den Klemmen des Messgeräts.

**NOISE!**

Auf dem zu prüfenden Objekt tritt eine Störspannung von weniger als 50 V oder 25 V...1500 V AC auf. Die Messung ist möglich, kann aber mit zusätzlicher Unsicherheit versehen sein.

**LIMIT !!**

Strombegrenzung aktiv. Das Symbol wird begleitet durch ein kontinuierliches Tonsignal.

**H I L E**

Unterbrechung der Isolierung des Objekts, die Messung wird unterbrochen. Die Aufschrift wird nach der Aufschrift **LIMIT !!** angezeigt und bleibt während der Messung für 20 s bestehen, wenn die Spannung zuvor den Nennwert erreicht hat.

**U<sub>n</sub>>50 V**  
(für DC Spannung)

oder  
**U<sub>n</sub>~>1500 V**  
(für AC Spannung)

Während des Messvorgangs ist Spannung aufgetreten oder der Prüfling kann 120 s lang nicht entladen werden. Nach 5 s kehrt das Messgerät zum voreingestellten Zustand eines Spannungsmessgeräts zurück. Zusätzlich zu den angezeigten Informationen:

- ertönt ein zweistimmiger Signalton,
- blinkt eine rote Diode.



### HINWEIS!

- Bei der Messung des Isolationswiderstands liegt an den Enden der Drähte des Messgeräts eine gefährliche Spannung von bis zu 15 kV + (0...10%) an.
- Es ist nicht zulässig, die Drähte abzutrennen, bevor die Messung abgeschlossen ist. Dadurch besteht die Gefahr eines Hochspannungsschocks und es wird verhindert, dass das Testobjekt entladen wird.
- Beim Messen von Kabeln ist Vorsicht geboten. Sobald ihre Kapazität durch das Messgerät entladen wurde, kann sich die Spannung wieder aufbauen.



- Abschalten von t2 deaktiviert gleichzeitig t3.
- Die Timer-Messung wird erst dann gestartet, wenn sich die Spannung  $U_{ISO}$  stabilisiert hat.
- Meldung **LIMIT !!** bedeutet, die Messung wird mit begrenzter Leistung durchgeführt (**Graph 4.1**). Dauert dieser Zustand länger als 20 Sekunden an, wird die Messung unterbrochen.
- Wenn das Messgerät nicht in der Lage ist, die Kapazität des Testobjekts aufzuladen, wird **LIMIT !!** angezeigt und die **Messung wird nach 20 s beendet**. Dann, falls möglich, die Stromeinstellung  $I_{SC}$  **erhöhen** und die Messung wiederholen. Ein solches Vorgehen kann beispielsweise bei der Prüfung der Stromkabel von großer Kapazität erforderlich sein.
- Ein kurzer Piepton markiert die 5-Sekunden-Intervalle. Wenn die Stoppuhr charakteristische Punkte (Zeiten tx) erreicht, wird die Anzeige dieses Punktes 1 s lang angezeigt und ein langer Piepton ertönt.
- Liegt der Wert eines der gemessenen Wirkwiderstände außerhalb des Bereichs, wird der Wert des Absorptionskoeffizienten nicht angezeigt – es werden horizontale Striche angezeigt.
- Während des Messvorgangs leuchtet die gelbe LED-Diode.
- Nach Beendigung der Messung, wird die Kapazität des Prüflings durch Kurzschließen von  $R_{ISO+}$  und  $R_{ISO-}$  über einen ca. 255 k $\Omega$  entladen. Die Meldung **d 15** und der  $U_{ISO}$ -Spannungswert, der dann am Objekt gehalten wird, werden angezeigt.  $U_{ISO}$  nimmt mit der Zeit ab, bis sie vollständig entladen ist.



- Die Kapazitätsmessung findet nur statt, während die Kapazität des Prüfbjekts entladen wird. Wenn die  $R_{ISO}$ -Messung unterbrochen wird, bevor sich der  $R_{ISO}$ -Wert stabilisiert hat, beginnt die Entladung zu früh, so dass das Ergebnis der Kapazitätsmessung möglicherweise nicht korrekt ist.
- Bei Stromkabeln sollte der Isolationswiderstand zwischen jedem Leiter und den anderen kurzgeschlossenen und geerdeten Leitern gemessen werden (**Abb. 4.1**, **Abb. 4.2**). Bei geschirmten Kabeln wird mit ihnen auch der Schirm kurzgeschlossen.

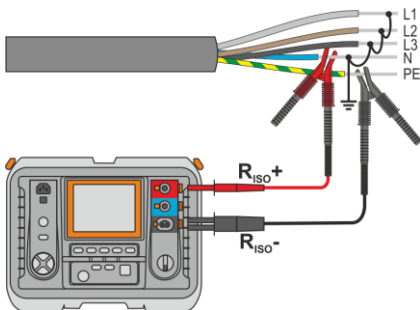


Abb. 4.1. Messung ungeschirmter Kabel

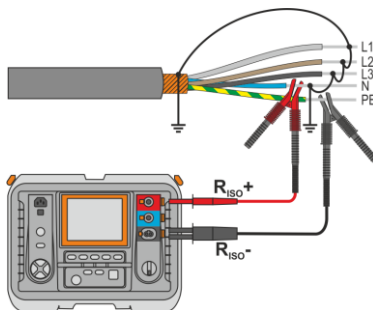
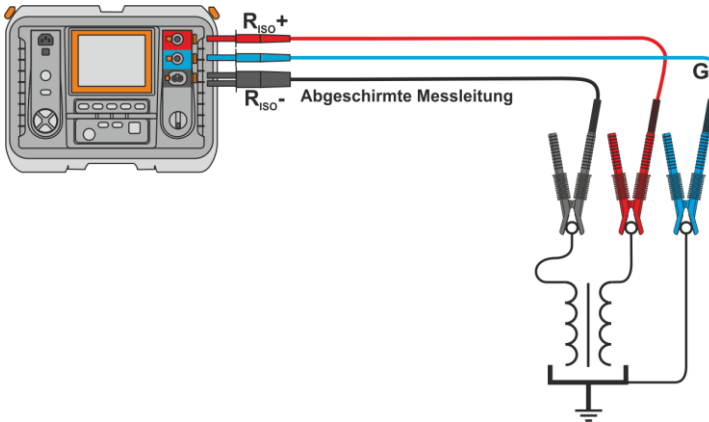


Abb. 4.2. Messung geschirmter Kabel

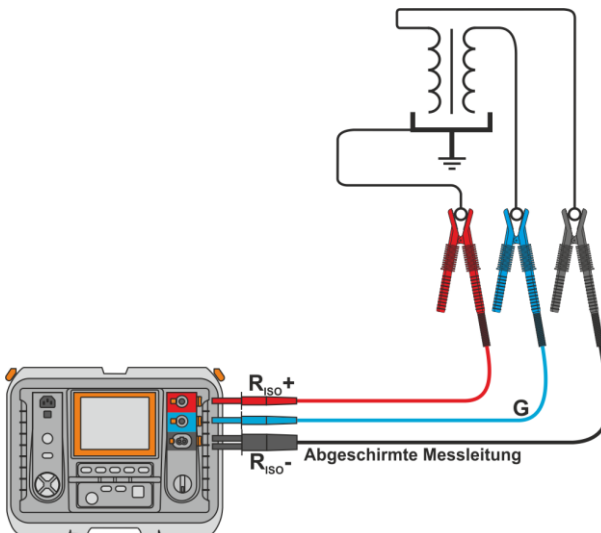
## 4.4 3-Leiter-Messung

In Transformatoren, Kabeln, Isolatoren usw. gibt es **Oberflächenwiderstände**, die das Messergebnis verfälschen können. Um sie zu **eliminieren**, wird eine Drei-Draht-Messung unter Verwendung der **G** – GUARD-Buchse verwendet. Im Folgenden finden Sie Beispiele für die Anwendung dieser Methode.

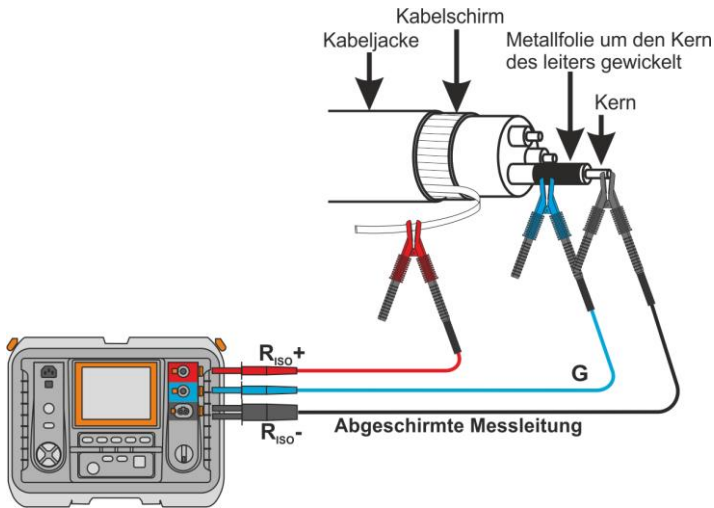
- **Messung des Abwicklungswiderstands eines Transformators.** Die **G**-Buchse des Zählers ist mit dem Trafokessel verbunden, die **R<sub>ISO+</sub>** i **R<sub>ISO-</sub>** Buchsen mit den Wicklungen.



- **Messung des Isolationswiderstands zwischen einer der Wicklungen und dem Trafokessel.** Wir verbinden die **G**-Buchse des Messgeräts mit der zweiten Wicklung und die **R<sub>ISO+</sub>** Buchse mit dem Erdpotential.

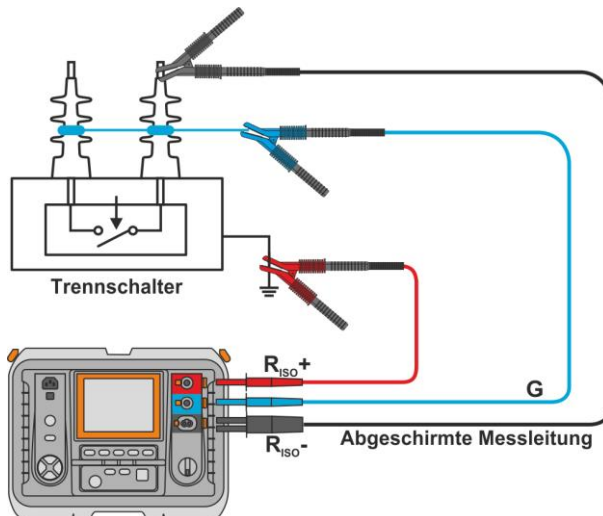


- Messung des Isolationswiderstands eines Kabels zwischen einem der Kabelleiter und seiner Abschirmung.** Der Einfluss von Oberflächenströmen (wichtig bei rauen atmosphärischen Bedingungen) wird eliminiert, indem ein Stück Metallfolie an die **G**-Buchse des Messgeräts angeschlossen wird, das über die Isolierung des zu prüfenden Leiters gewickelt wird.



Ähnlich verhält es sich bei der Messung des Isolationswiderstandes zwischen zwei Kabeladern – die anderen Adern, die nicht an der Messung beteiligt sind, werden an die **G**-Klemme angeschlossen.

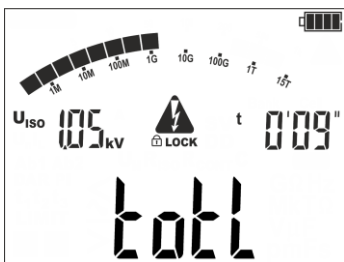
- Messung des Isolationswiderstands von Hochspannungstrennschaltern.** Die **G**-Buchse des Messgeräts ist mit den Isolatoren der Trennklemmen verbunden.



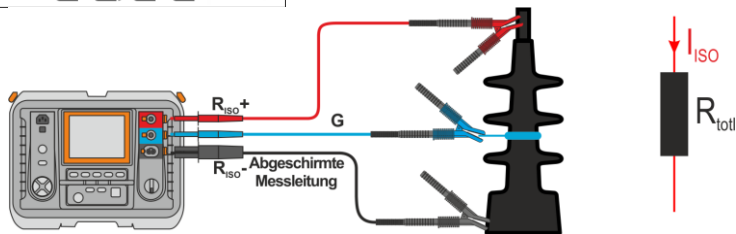




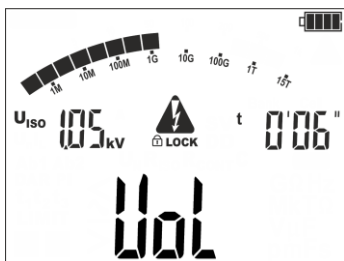
5



In der ersten Prüfungsphase wird der gesamte Isolierungswiderstand  $R_{totl}$  gemessen. Auf dem Bildschirm wird jede 5 Sekunden die Meldung **totl** angezeigt.

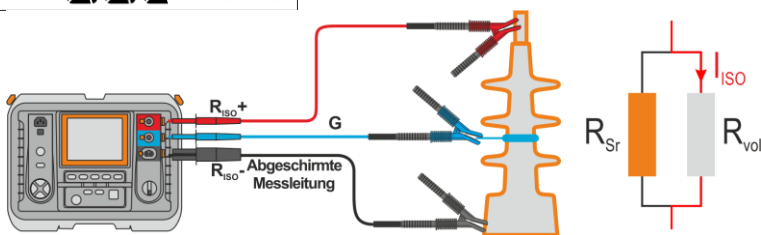


6



In der zweiten Prüfungsphase wird der Volumenwiderstand  $R_{vol}$  gemessen. Auf dem Bildschirm wird jede 5 Sekunden die Meldung **vol** angezeigt.

Der Oberflächenwiderstand  $R_{sr}$  wird aus dem Gesamtwiderstand  $R_{totl}$  und dem Volumenwiderstand  $R_{vol}$  errechnet.



7



Nach dem Abschluss des Messvorgangs Messdaten ablesen. Mit den Tasten **F3** und **F4 (BILD)** können die einzelnen Bestandteile in der folgenden Reihenfolge angezeigt werden:

**VOL** (Volumenwiderstand)

↳  $R_{vol} \rightarrow I_L$  und **C** → **Rt1** und **It1** → **Rt2** und **It2** → **Rt3** und **It3** → **Ab1 (DAR)** → **Ab2 (PI)**



**SURF** (Oberflächenwiderstand)

↳  $R_{sr} \rightarrow I_L$  und **C** → **Rt1** und **It1** → **Rt2** und **It2** → **Rt3** und **It3** → **Ab1 (DAR)** → **Ab2 (PI)**

wo:

C – Kapazität des Prüflings.

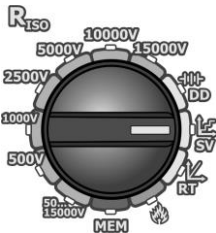
#### 4.6 Messung mit schrittweise ansteigender Spannung – SV

In diesem Modus führt das Prüfgerät eine Serie von 5 Messungen mit ansteigender Spannung durch. Die Spannung erhöht sich abhängig von der eingestellten Maximalspannung:

- **1 kV:** 200 V, 400 V, 600 V, 800 V, 1000 V,
- **2,5 kV:** 500 V, 1 kV, 1,5 kV, 2 kV, 2,5 kV,
- **5 kV:** 1 kV, 2 kV, 3 kV, 4 kV, 5 kV,
- **10 kV:** 2 kV, 4 kV, 6 kV, 8 kV, 10 kV,
- **15 kV:** 3 kV, 6 kV, 9 kV, 12 kV, 15 kV.

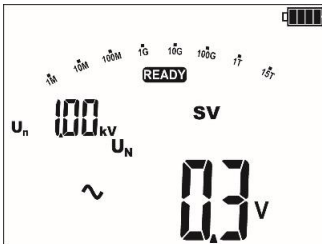
Das Endergebnis wird für jede der 5 Messungen gespeichert, was durch ein Tonsignal und Aufleuchten einer entsprechenden mnemonischen Anzeige signalisiert wird.

1



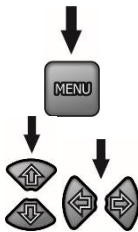
Den Funktionswahl-Drehumschalter in die **SV**-Stellung bringen.

2



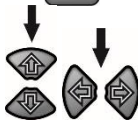
Das Messgerät befindet sich im Modus der Spannungsmessung.



3



Durch das Drücken der Taste **MENU** überspringt man zur Auswahl der Höchstspannung der Messung, der Dauer jeder der 5 Messungen und des Kurzschlussstroms  $I_{sc}$ .

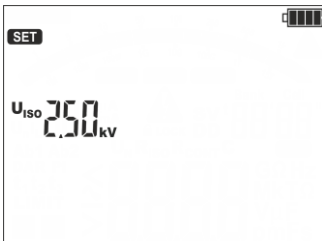
4



Mit den Tasten  den Parameterwert einstellen.  
Mit den Tasten  zum nächsten Parameterwert überspringen.

Die Einstellungen sind in folgender Reihenfolge vorzunehmen:

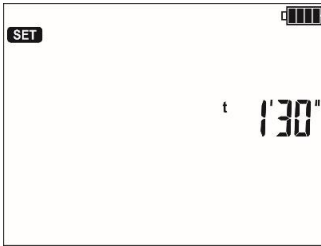
5



Maximale (End-) Messspannung:

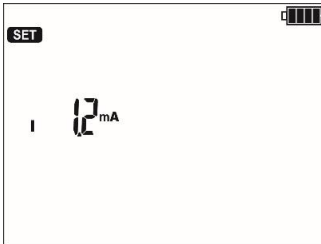
- ⇒ 1 kV,
- ⇒ 2,5 kV,
- ⇒ 5 kV,
- ⇒ 10 kV,
- ⇒ 15 kV.

6



Dauer eines einzelnen Messvorgangs im Bereich 30 s ... 5 min.

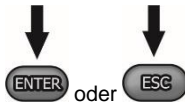
7



Kurzschlussstrom  $I_{sc}$ :

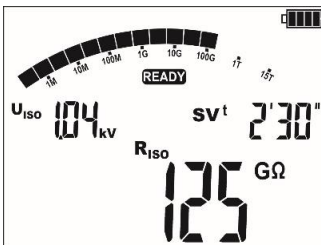
- ⇒ 1,2 mA,
- ⇒ 3 mA,
- ⇒ 5 mA,
- ⇒ 7 mA.

8



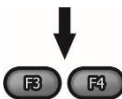
- Mit der Taste **ENTER** die Einstellungen übernehmen.
- Mit der Taste **ESC** verlassen, ohne die Einstellungen zu ändern.

9



Die Messung durchführen. Nach dem Abschluss des Messvorgangs Messdaten ablesen.

10



Mit den Tasten **F3** und **F4 (BILD)** können die einzelnen Bestandteile in der folgenden Reihenfolge angezeigt werden:

**Endergebnisse** ( $R_{iso}$ ,  $U_{iso}$ ,  $t$ ) →  $I_L$  und **C** →  
 →  $U_{iso1}$  und  $t1$  /  $R_{iso1}$  und  $I_L1$  →  $U_{iso2}$  und  $t2$  /  $R_{iso2}$   
 und  $I_L2$  → ...

wo:

C – Kapazität des Prüflings.



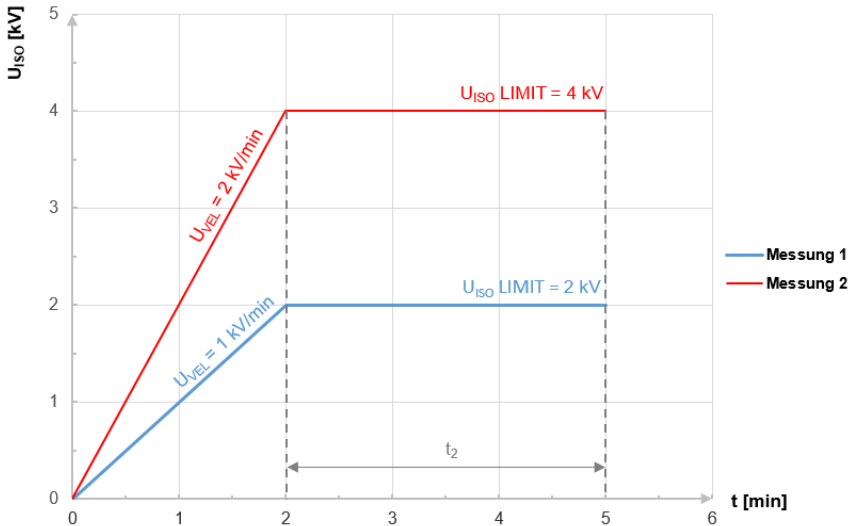
Sonstige Bemerkungen, Start des Messvorgangs, angezeigte Symbole, Ablesen der Messdaten und Ansehen deren Bestandteile wie für die  $R_{iso}$ -Messung.

## 4.7 Messung mit stetig ansteigender Spannung – RT

Das Wesentliche der Funktion ist:

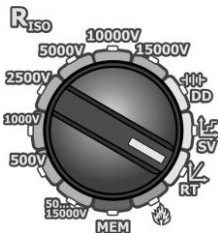
- die Untersuchung des Messobjektes mit einer ansteigenden Spannung bis zum Endwert  **$U_{\text{ISO LIMIT}}$** ,
- die Prüfung, ob das Objekt seine elektroisolierenden Eigenschaften beibehält, wenn die Höchstspannung  **$U_{\text{ISO LIMIT}}$**  daran durch eine Sollzeit  **$t_2$**  anhält.

Das Messverfahren wird im folgenden Diagramm dargestellt.



**Graph 4.2. Vom Messgerät angelegte Spannung als Funktion der Zeit für zwei Beispiele der Aufbaugeschwindigkeit**

①



Den Funktionswahl-Drehumschalter in die **RT**-Stellung bringen.

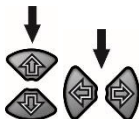
②







Durch das Drücken der Taste **MENU** überspringt man zu den folgenden Einstellungen:

- ⇒  **$U_{\text{ISO LIMIT}}$**  (Spannungsgrenzwert, bei dem der Anstieg beendet werden soll),
- ⇒ Schnelligkeit des Spannungsanstiegs  **$U_{\text{ISO VEL}}$**  (V/min),
- ⇒ Zeit, in der die Spannung im Messobjekt aufrechterhalten wird  **$t_2$** ,
- ⇒ Kurzschlussstrom  **$I_{\text{SC}}$** ,
- ⇒ Ableitstrom-Grenzwert  **$I_L$**  ( $I_L \leq I_{\text{SC}}$ ).

3

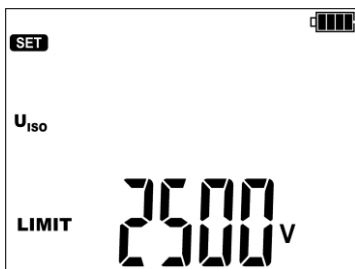


Mit den Tasten  den Parameterwert einstellen.  
Mit den Tasten  zum nächsten Parameterwert überspringen.

- Beim Einstellen eines Parameters, damit sich dessen Werte schneller ändern, die Tasten  länger gedrückt halten.
- Wird der gewünschte Wert in etwa erreicht,  kurz drücken und den Wert präzise einstellen.

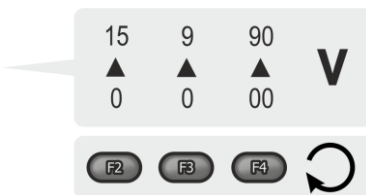
Die Einstellungen sind in folgender Reihenfolge vorzunehmen:

4

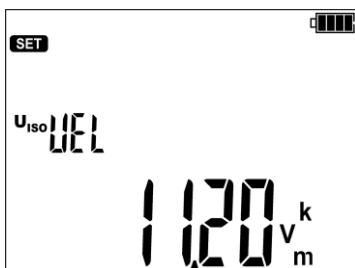


End-Messspannung **U<sub>iso</sub> LIMIT**. Sie liegt im Bereich 50 V...15 kV,

Die Einstellung der Spannung kann auch mithilfe von Funktionstasten (F2 – Abstufung 1000 V, F3 – Abstufung 100 V, F4 – Abstufung 10 V) vorgenommen werden.



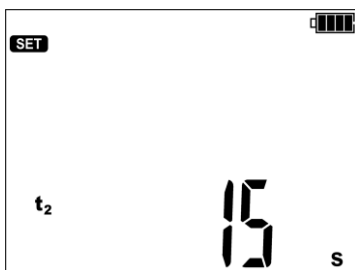
5



Schnelligkeit des Spannungsanstiegs **U<sub>iso</sub> VEL**. Sie liegt im Bereich 100 V/min...12 kV/min. Zum Beispiel:

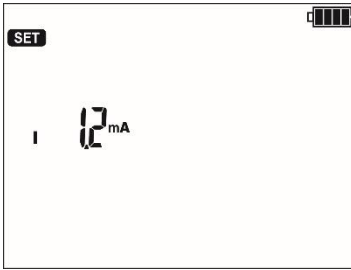
- ⇒ 100 V/min ≈ 1,6 V/s,  
⇒ 12 kV/min = 200 V/s.

6



**t<sub>2</sub>** Zeit, während der die Spannung am Prüfling aufrechterhalten werden soll (**Graph 4.2**).

7

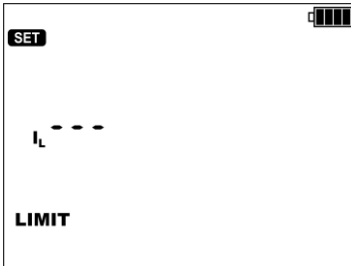


Maximaler durch das Messgerät erzwungener Kurzschlussstrom  $I_{SC}$ :

- ⇒ 1,2 mA,
- ⇒ 3 mA,
- ⇒ 5 mA,
- ⇒ 7 mA.

Erreicht das Messgerät während des Messvorgangs den **eingestellten Wert**, geht es in den Strombegrenzungsmodus über, d.h. **stoppt den weiteren Anstieg** des erzwungenen Stroms bei diesem Wert.

8

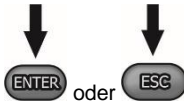


Ableitstrom-Grenzwert  $I_L$ . Die Option ist verfügbar, wenn im **Kap. 3 Schritt 8** Einstellen der Grenzwerte aktiviert. Es stehen zwei Optionen zur Wahl:

- ⇒ Strom im Bereich 1...7 mA in Stufen von 1 mA eingestellt,
- ⇒ die maximale Einstellung  $I_L$  darf nicht den Stromwert  $I_{SC}$  übersteigen (**Schritt 7**),
- ⇒ Grenzwert deaktiviert (- - -).

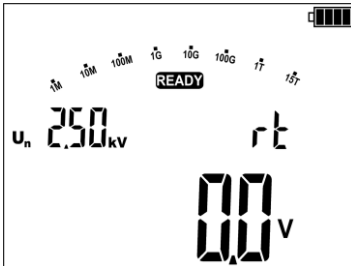
Erreicht der gemessene Ableitstrom einen **voreingestellten Wert** (es kommt zum Durchbruch des Prüflings), wird der Messvorgang **abgebrochen** und das Messgerät zeigt die Spannung an, bei der es dazu gekommen ist (**Schritt 13**).

9



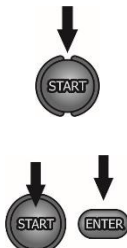
- Mit der Taste **ENTER** die Einstellungen übernehmen.
- Mit der Taste **ESC** verlassen, ohne die Einstellungen zu ändern.

10



Das Messgerät ist zum Messen bereit.

11



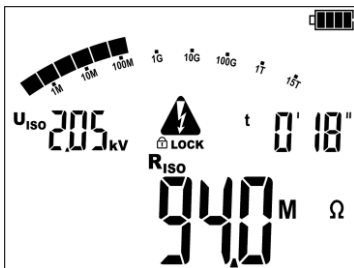
Um den Messvorgang zu starten:

- ⇒ die Taste **START** drücken und 5 s lang gedrückt halten

oder

- ⇒ die Tasten **START** und **ENTER** gleichzeitig drücken.

12



Bildschirmansicht während des Messvorgangs. Das Messgerät zeigt an:

- die momentane Spannung ( $U_n$ ),
- die bis zum Ende des Messvorgangs verbleibende Zeit,
- den momentanen Widerstand ( $R_{ISO}$ ).

Während des Messvorgangs ermöglichen die Tasten  $\leftarrow \rightarrow$  das **Ändern** der angezeigten **Messspannung**  $U_{ISO}$  auf den **Ableitstrom**  $I_L$ .

13

a



Kommt es während des Spannungsanstiegs zum Durchbruch der Isolierung, zeigt das Messgerät

- die Meldung **br.dn** an,
- Spannungswert, bei dem es zum Durchbruch gekommen ist.

b



Wenn es nicht zu einem Durchbruch kommt, dann werden auf dem Bildschirm Werte wie für die Messung von  $R_{ISO}$  angezeigt.

## 4.8 Fehlerortung (🔥 Nachbrennen)

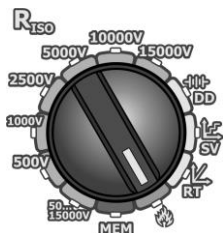
Das Prüfgerät führt die Messung von  $R_{ISO}$  durch, solange diese nicht durch einen Durchschlag unterbrochen wurde. Im Falle eines Durchschlages wird die Messung weiterhin aufrecht erhalten. In dieser Zeit kann die defekte Stelle (Durchbruch) lokalisiert werden, indem auf Knackgeräusche wie bei elektrischen Entladungen gelauscht wird.




- In gewissen vorteilhaften Umständen kann an der Stelle des Kabeldefekts ein Lichtbogen entstehen und das Schmelzen der Isolierung verursachen. Dadurch fällt es leichter, den Defekt zu identifizieren – visuell oder nach anderen Methoden (mit Geophon, nach der seismisch-akustischen Methode o.ä.).
- Vor Ort können reflektometrische Verfahren oder der so genannte A-Rahmen eingesetzt werden. Der Rahmen dient zur Ortung von Erdschlüssen.



1



Den Funktionswahl-Drehumschalter in die Stellung  **Nachbrennen** bringen. Das Messgerät befindet sich im Modus der Spannungsmessung.

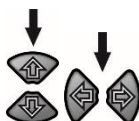
2







Durch das Drücken der Taste **MENU** und der Tasten   überspringt man zur Auswahl:

- ⇒ der Mess**spannung**  $U_{iso}$ ,
- ⇒ der **Dauer** des Messvorgangs,
- ⇒ des maximalen Kurzschlussstroms  $I_{sc}$ .

3



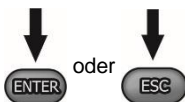
Mit den Tasten   die einzelnen Parameterwerte einstellen.

Mit den Tasten   zum nächsten Parameterwert überspringen.

Die Einstellungen sind in folgender Reihenfolge vorzunehmen:

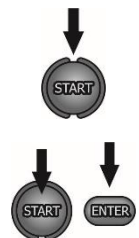
- Messspannung: 1 kV...15 kV (in 1 kV-Abstufung),
- Dauer des Messvorgangs: 1 s...99 min 59 s (in 1 s-Abstufung),
- Maximaler erzwungener Strom: 1,2 mA, 3 mA, 5 mA, 7 mA oder 10 mA.

4



- Mit der Taste **ENTER** die Einstellungen übernehmen.
- Mit der Taste **ESC** verlassen, ohne die Einstellungen zu ändern.

5



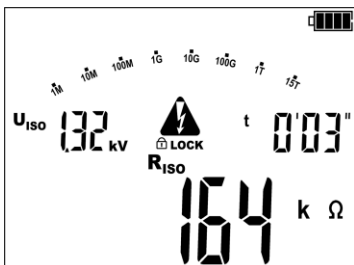
Um den Messvorgang zu starten:

⇒ **START** drücken und 5 s lang gedrückt halten

oder

⇒ die Tasten **START** und **ENTER** gleichzeitig drücken.

6



Kommt es zum Durchbruch der Isolierung, bricht das Messgerät nicht den Messvorgang ab. Die Messung läuft bis zum Ablauf der im Schritt ③ eingestellten Zeit.

7



Nach dem Abschluss des Messvorgangs Messdaten ablesen.

◀ Bildschirmanzeige nach dem Messvorgang, wenn es zum Durchbruch **gekommen** ist.



- Der tatsächliche Kurzschlussstrom beträgt >11 mA. Dieser wird 10 Sekunden lang aufrechterhalten. Daraufhin wird er auf ca. 8 mA beschränkt.
- Wenn das Messgerät nicht die für die Nachbrennung erforderliche Leistung liefern kann (Akku zu schwach aufgeladen), blinkt das Akku-Symbol. Dann an das Gerät externe Stromversorgung anschließen.
- Es wird empfohlen, beim Verwenden der Nachbrennen-Funktion das Messgerät an eine externe Stromversorgungsquelle anzuschließen. Dadurch wird die höchste Leistung der Methode sichergestellt.

## 4.9 Dielektrische Entladung – DD

Bei der Entladungsprobe des Dielektrikums wird der Entladungsstrom gemessen, der 60 Sekunden nach dem Ende der Messung der Isolation (Aufladung) auftritt. Der DD-Index ist eine Größe, die die Qualität der Isolation unabhängig von der Spannung der Probe charakterisiert.

Das Messprinzip lautet wie folgt:

- Zuerst wird die zu prüfende Isolation durch eine bestimmte Zeit mit Spannung geladen. Entspricht die Spannung der eingestellten Spannung nicht, wird das Objekt nicht geladen. Nach 20 Sekunden wird die Messung unterbrochen.
- Nach der Beendigung des Lade- und Polarisationsprozesses fließt durch die Isolation nur noch der Leckstrom.
- Folglich wird der Isolator entladen und durch die Isolation beginnt der gesamte Entladungsstrom des Dielektrikums zu fließen. Dieser Strom ist anfänglich die Summe des Entladestroms der Kapazität, der schnell verschwindet, und des Absorptionsstroms. Der Leckstrom ist vernachlässigbar, weil keine Prüfspannung vorhanden ist.
- Nach einer Minute ab dem Kurzschluss des Messkreises wird der fließende Strom gemessen. Der Wert der DD wird wie folgt berechnet:

$$DD = \frac{I_{1min}}{U_{pr} \cdot C}$$

wobei gilt:

$I_{1min}$  – gemessener Strom, 1 Minute nach dem Stromkreis geschlossen wurde [nA],

$U_{pr}$  – Prüfspannung [V],

$C$  – Kapazität [µF].

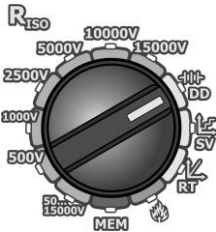
Das Ergebnis der Messung gibt Aufschluss über den Zustand der Isolierung. Es kann mit der unten stehenden Tabelle verglichen werden.

DD Wert	Zustand der Isolation
>7	Schlecht
4-7	Schwach
2-4	Nicht gut
<2	OK

- ① Vor der Messung in den Haupteinstellungen entsprechend dem **Kap. 3** die folgenden Einstellungen vornehmen:

- Abschnitt **CAP** (Schritt ⑮): Kapazitätsmessung aktivieren.

②



Den Funktionswahl-Drehumschalter in die **DD**-Stellung bringen.

③



Das Messgerät befindet sich im Modus der Spannungsmessung.

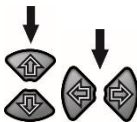
④



Durch das Drücken der Taste **MENU** überspringt man zur Auswahl:

- ⇒ der Ladezeit,
- ⇒ der Ladespannung,
- ⇒ des maximalen Ladestroms.

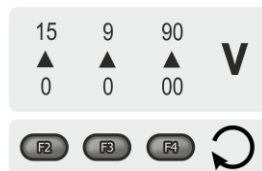
⑤



Mit den Tasten den Parameterwert einstellen.  
Mit den Tasten zum nächsten Parameterwert überspringen.

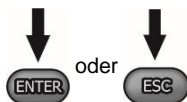
Die Einstellungen sind in folgender Reihenfolge vorzunehmen:

- Polarisationszeit des Prüflings: 1 min...60 min,
- Polarisationsspannung:
  - o **von 50 V bis 9990 V** (in Abstufung 10 / 100 / 1000 V – die Taste drücken und gedrückt halten),
  - o **von 10 kV bis 15 kV** (in Abstufung 100 / 1000 V – die Taste drücken und gedrückt halten)
  - o bzw. mithilfe von Funktionstasten (F2 – Abstufung 1000 V, F3 – Abstufung 100 V, F4 – Abstufung 10 V).



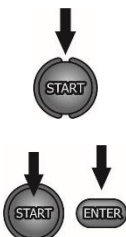
- Maximaler Polarisationsstrom: 1,2 mA, 3 mA, 5 mA und 7 mA.

6



- Mit der Taste **ENTER** die Einstellungen übernehmen.
- Mit der Taste **ESC** verlassen, ohne die Einstellungen zu ändern.

7



Um den Messvorgang zu starten:

⇒ die Taste **START** drücken und 5 s lang gedrückt halten

oder

⇒ die Tasten **START** und **ENTER** gleichzeitig drücken.

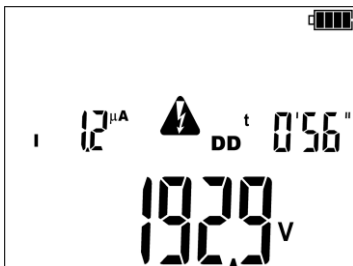
8



Bildschirmansicht während des Messvorgangs. Phase eins: Polarisation des Prüflings. Das Messgerät zeigt an:

- die momentan zugeführte Spannung ( $U_{iso}$ ),
- die Dauer des Spannungsanstiegs entsprechend der Einstellung im Schritt ④,
- den momentanen Widerstand ( $R_{iso}$ ).

9



Bildschirmansicht während des Messvorgangs. Phase zwei: Depolarisation des Prüflings. Das Messgerät zeigt an:

- den Entladestrom des Prüflings ( $I$ ),
- die bis zur Entladung des Prüflings verbleibende Zeit,
- die momentane Spannung am Prüfling (Hauptablesung).

10



Bildschirm nach dem Abschluss des Messvorgangs.

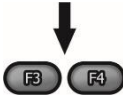


In stark elektromagnetisch gestörten Umgebungen kann die Messung mit zusätzlichen Fehlern behaftet sein.

## 4.10 Anzeige der Teilentladungen

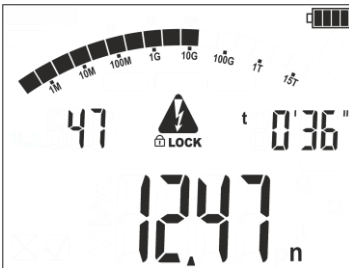
Eine zusätzliche Information über den Zustand der Isolation liefert die Intensität, mit der Teilentladungen darin auftreten. Es handelt sich um Durchbrüche im Materialinneren, beispielsweise im Bereich der mikroskopischen Luftspalten. Durch das Ausbrennen der Oberfläche von Spalten **beeinträchtigen die Entladungen dauerhaft die elektrische Widerstandsfähigkeit der Isolierung**. Deshalb je geringer deren Anzahl im Material, desto besser ist der Zustand des Prüflings.

①



Die Anzeige der Teilentladungen ist in **jedem Messmodus** zugänglich, wenn der Messvorgang bereits läuft. Dann die Taste **F3** oder **F4** auswählen.

②

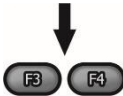


Es wird der Bildschirm mit der Anzeige der Entladungen aktiviert. Das Messgerät zeigt an:

- die Anzahl der Teilentladungen pro Sekunde (Anzeige oben links; hier: **47**),
- die bis zum Ende des Messvorgangs verbleibende Zeit (t; hier: **0'36"**),
- Ladung der Entladungen in Coulomb (nC, pC usw.; hier: **12,47 nC**).

Die eigentliche Messung läuft im Hintergrund ab und wird nicht abgebrochen.

③



Mit der Taste **F3** oder **F4** ist die Rückkehr zum Bildschirm mit den Hauptparametern der Messung möglich.



- Die angezeigten Werte sollen nur zur **Orientierung** dienen. Die Anzeige der Teilentladungen führt die Messung nicht nach EN 60270 „Hochspannungs-Prüftechnik - Teilentladungsmessungen“ durch.
- Die Daten der Teilentladungen werden nicht im Gerät gespeichert.

## 4.11 Prüfung der Spannung

Mit dem Gerät ist es möglich, die Messspannung während des Messvorgangs bei einer gleichzeitigen Überwachung des Isolationswiderstands, des Ableitstroms und der Teilentladungen im Prüfobjekt einzustellen. Durch das Ändern der Spannung während der Messung kann der Benutzer die Durchschlagfestigkeit der Isolation prüfen sowie die Zünd- und Teilentladungsaussetzspannung ermitteln.

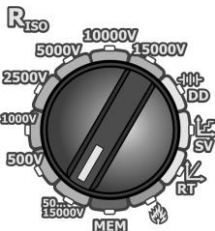
Weitere Angaben siehe Bestimmungen in EN 60270, Abschnitt 11 „Teilentladungsmessungen bei Versuchen mit Gleichspannungsbelastung“.



Die Erhöhung der Spannung über den Grenzwert kann zum Durchbruch der Isolierung führen.

- 1 Vor der Messung in den Haupteinstellungen entsprechend dem **Kap. 3** die folgenden Einstellungen vornehmen:
  - Abschnitt **U<sub>iso</sub> SET** (Schritt 11): Ändern der Messspannung während der Prüfung zulassen.

2



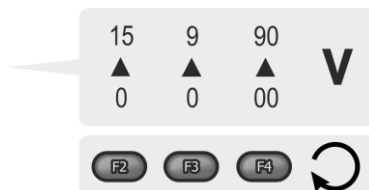
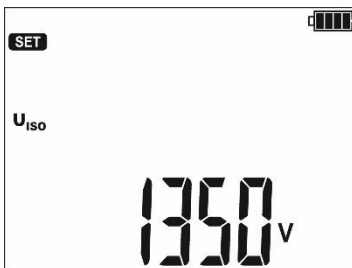
Den Funktionswahl-Drehumschalter in die **50...15000 V** -Stellung bringen.

3

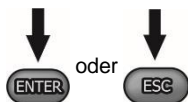


Durch das Drücken der Taste **MENU** überspringt man zu den Einstellungen:

- ⇒ der Messspannung **U<sub>iso</sub>**,
- ⇒ der Zeiten zur Berechnung der Absorptionskoeffizienten (**t<sub>1</sub>**, **t<sub>2</sub>**, **t<sub>3</sub>**),
- ⇒ der Gesamtdauer des Messvorgangs:
  - 1 min (- -' - -"),
  - 1 s ... 99 min 59 s,
  - kontinuierlich (INF),
- ⇒ des maximalen Kurzschlussstroms **I<sub>sc</sub>**.

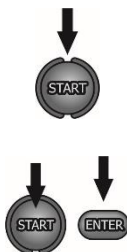


4



- Mit der Taste **ENTER** die Einstellungen übernehmen.
- Mit der Taste **ESC** verlassen, ohne die Einstellungen zu ändern.

5



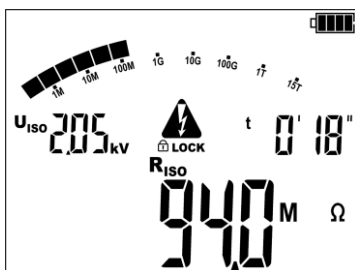
Um den Messvorgang zu starten:

⇒ die Taste **START** drücken und 5 s lang gedrückt halten

oder

⇒ die Tasten **START** und **ENTER** gleichzeitig drücken.

6



Bildschirmansicht während des Messvorgangs. Das Messgerät zeigt an:

- die momentane Spannung ( $U_{iso}$ ),
- die aktuelle Dauer des Messvorgangs,
- den momentanen Widerstand ( $R_{iso}$ ).

Während der Messung:

⇒ ermöglichen die Tasten **←** **→** das **Ändern** der angezeigten **Messspannung**  $U_{iso}$  auf den **Ableitstrom**  $I_L$ ,

⇒ mit den Tasten **↑** **↓** neuen Wert der Messspannung  $U_n$  einstellen.



Mit den Tasten **F3** und **F4** wird die Anzeige der Teilentladungen aufgerufen (siehe **Kap. 4.10**).

## 4.12 Messung der Polarisations- und Depolarisationsströme PDC

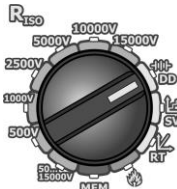
In Verbindung mit der mobilen App **Sonel MIC Mobile** ermöglicht das MIC-15k1-Gerät die Beobachtung von Verlaufsscharakteristiken der Polarisations- und Depolarisationsströme im Zeitverlauf. Es wurde bewiesen, dass sowohl Polarisations- als auch Depolarisationsströme annähernd unverändert bleiben und als verlässliche Kriterien zur Beurteilung des Zustands der Isolierung z.B. eines Kabels im Hinblick auf Feuchteindringung, Enthftung oder Alterungsprozesse herangezogen werden können.

Die PDC-Messung erfolgt anhand einer geänderten DD-Messung.

① Vor der Messung in den Haupteinstellungen entsprechend dem **Kap. 3** die folgenden Einstellungen vornehmen:

- Abschnitt **DD** (Schritt ⑦): eine beliebige Zeit für die Messung des Depolarisationsstroms einstellen (je höher desto besser),
- Abschnitt **bt** (Schritt ⑭): Bluetooth-Kommunikation aktivieren,
- Abschnitt **CAP** (Schritt ⑮): Kapazitätsmessung aktivieren. Das Messgerät wird dann zwar nicht den DD-Wert anzeigen, wird jedoch zugleich nicht mit dem Relais des Hochspannungswandlers beim Entladen des Prüflings schalten – daher wird der Messwert nicht um dessen Kapazität erhöht werden. Dadurch wird es möglich sein, eine ungestörte Charakteristik des Entladestroms anzuzeigen.
- Abschnitt **HV** (Schritt ⑯): **NORM RISE einstellen**. Dann erreicht die Messspannung den Nennwert, ohne dass eine übermäßige Spannung erzeugt werden muss. Die übermäßige Spannung ist eine negative Erscheinung, denn wenn sie zu sinken anfängt, fließt der Strom im Prüfling in die Gegenrichtung.

② Den Funktionswahl-Drehumschalter in die **DD**-Stellung bringen.



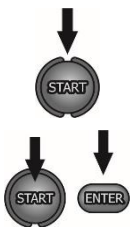
③ Durch das Drücken der Taste **MENU** überspringt man zur Auswahl:  
⇒ der Ladezeit,  
⇒ der Ladespannung,  
⇒ des maximalen Ladestroms.



- ④
- Am Messgerät die Fernsteuerung gemäß **Kap. 4.2** aktivieren.
  - Die **Sonel MIC Mobile**-App einschalten und das Messgerät paaren.

⑤ Kabel an den Prüfling anschließen. Die Kabel dürfen nicht miteinander, mit dem Erdpotential und dem Prüfer in Berührung kommen.

⑥ Um den Messvorgang zu starten:



- ⇒ **START** drücken und 5 s lang gedrückt halten  
oder  
⇒ **START** und **ENTER** gleichzeitig drücken.



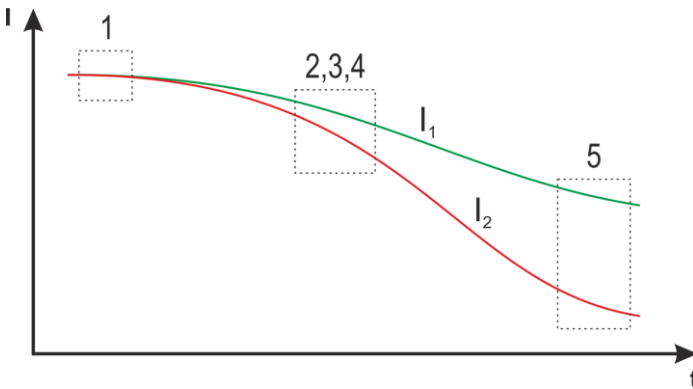
Während des Messvorgangs Kabel nicht berühren, das Messgerät nicht bedienen, keine Bewegungen in dessen Nähe machen. Da der durch den Prüfling fließende Strom die Nanoampere-Größenordnung hat, kann jede Interaktion mit dem Messschaltkreis einen zusätzlichen Strom erzeugen und in Konsequenz die Messdaten beeinträchtigen.



- 7 Das Ende des Messvorgangs abwarten. Dessen Ergebnis sind Lade- und Entladestromdiagramme, die im Anwenderprogramm Sonel MIC Mobile angezeigt werden.



Ähnliche Kurvenverläufe weist auf einen guten Zustand des Prüflings hin. Voneinander abweichende Kurven können auf eine Beeinträchtigung der Isolierung hindeuten. Deren Grad kann danach bestimmt werden, wie stark sich die Kurven unterscheiden, und deren Charakter danach, zu welchem Zeitpunkt des Messvorgangs dieser Unterschied zustande gekommen ist.



**Diagramm 4.3. Einfluss des Materials auf die PDC-Kurven.**

$I_1$  – Polarisationsstrom,  $I_2$  – Depolarisationsstrom.

1 – Leitfähigkeit, 2 – Eigenschaften, 3 – Form, 4 – Alter, 5 – Wassergehalt

### 4.13 Bestimmung der Länge des gemessenen Kabels

Basierend auf der elektrischen Kapazität des Messobjekts, erlaubt das Gerät, die Länge des gemessenen Kabels zu bestimmen. Zu diesem Zweck muss man die Daten über die Parameter des Objekts vor der Messung erhalten (z. B. aus der Katalogkarte des Herstellers).

1



Auf jedem Kabel befindet sich jeden Meter eine aus folgenden Angaben bestehende Markierung:  
⇒ Name des Herstellers,  
⇒ Kabeltyp,  
⇒ Nennspannung,  
⇒ Anzahl der Adern und Querschnittsfläche von jeder von ihnen.

Auf dem Bild links wurde beispielsweise Kabel **YHAKXS 1x240 RMC/50 12/20 kV** dargestellt.

2

S mm <sup>2</sup>	R (20°C) Ω/km	C µF/km
1x50RMC/16	0,641	0,18
1x70RMC/25	0,443	0,2
1x95RMC/35	0,32	0,22
1x120RMC/50	0,253	0,24
1x150RMC/50	0,206	0,26
1x185RMC/50	0,164	0,28
1x240RMC/50	0,125	0,3
1x300RMC/50	0,1	0,33
1x400RMC/50	0,0778	0,37
1x500RMC/50	0,0605	0,4

In der Katalogkarte des Herstellers finden Sie bitte diesen konkreten Kabel. Der gesuchte Parameter ist **Kapazitätsbelag**.

Sein Wert muss nun in **Nanofarad pro Kilometer** (nF/km) umgewandelt werden – das ist der Wert, der in das Messgerät im Feld **C<sub>x</sub>** einzutragen ist.

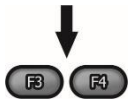
In diesem Fall beträgt der Wert **0,3 µF/km = 300 nF/km**.

3



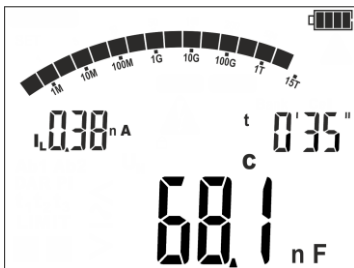
Starten Sie die Messung.

4



Nach der durchgeführten Messung mit den Tasten **F3** und **F4 (BILD)** zum Bildschirm übergehen, auf dem die Parameter **I<sub>L</sub>** und **C** angezeigt werden, wo:  
**C** – Kapazität des Prüflings.

5



Das Gerät misst die Gesamtkapazität des Kabels **C [nF]**. Auf dieser Basis und mithilfe des eingegebenen Kapazitätsbelags **C<sub>X</sub> [nF/km]** kann das Gerät die Länge **L** berechnen.

$$C = C_X \cdot L$$

$$L = \frac{C}{C_X}$$

Im vorliegenden Fall bei:

C = 68,1 nF

C<sub>X</sub> = 300 nF/km

beträgt die Länge des Kabels wie folgt:

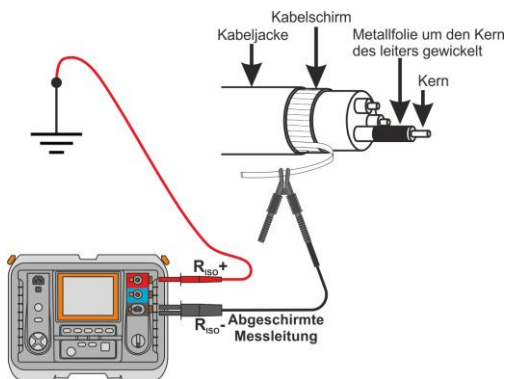
$$L = \frac{C}{C_X} = \frac{68.1 \text{ nF}}{300 \text{ nF/km}} = 0.227 \text{ km}$$

#### 4.14 Dichtheitsprüfung der MV-Kabelarmierung

Bei der Dichtheitsprüfung der MV-Kabelarmierung wird die Prüfspannung zwischen dem Metallmantel oder Rückleiter und der Erde angelegt. Achten Sie während der Messung auf den Wert des I<sub>L</sub>-Stroms.

Die Prüfspannung und die Messzeit hängen von der Art des Prüfobjektes und der Prüfrichtlinien ab. Beispiel für ein Kabel mit Polyethylenisolierung:

- Prüfspannung nach HD 620 S1: ≤5 kV,
- Messzeit nach Spannungsstabilisierung: 1-10 min,
- positives Ergebnis nach HD 620 S1: wenn kein Erdschluss aufgetreten ist.



## 5 Speicherung der Messergebnisse

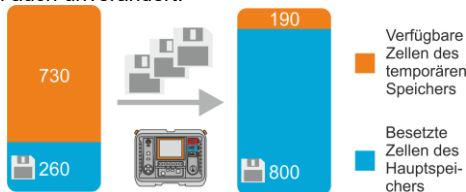
Das Messgerät MIC-15k1 hat einen **Speicher mit 990 Zellen**, von denen jede ein Messergebnis  $R_{ISO}$  beinhalten kann. Der gesamte Speicher ist in **10 Banken** mit je 99 Zellen unterteilt. Dank der dynamischen Speicherplatzzuteilung kann jede Zelle je nach Bedarf eine andere Anzahl von Einzeldaten beinhalten. Darüber hinaus sind in Zellen Daten enthalten, die verwendet werden können, um mithilfe einer externen Software (z.B. Sonel Reader) Verlaufsdiagramme der Messwerte zu erstellen.

Jedes Ergebnis kann in einer Zelle mit einer gewählten Nummer und in einer gewählten Datenbank gespeichert werden. Dadurch ist der **Benutzer in der Lage, die Zellennummern den jeweiligen Messpunkten** und die Nummern der Banken den jeweiligen Prüflingen zuzuordnen. Dadurch können die Messvorgänge in einer beliebigen Reihenfolge durchgeführt und wiederholt werden, ohne die übrigen Daten zu verlieren.

Zusätzlich werden **die Messdaten nach dem Start des Messvorgangs direkt im Zwischenspeicher des Geräts** in einer Schleife gespeichert. **Dessen Speicher (0...990 Speicherzellen)** hängt davon ab, wie viele Zellen im Hauptspeicher bereits belegt sind (**Abb. 5.1**).

Sobald der Zwischenspeicher gefüllt ist, werden die ältesten Messwerte mit den jüngsten überschrieben. Diese Messdaten können durch das Drücken der **F5-Taste** angezeigt werden. Benutzer können die angezeigten Messdaten im Dauerspeicher (Taste **ENTER**) speichern.

Der Messdaten-Speicher beim Ausschalten des Messgeräts **nicht gelöscht**, so dass diese später aufgerufen oder an einen PC exportiert werden können. Die Nummer der laufenden Zelle und die Nummer der laufenden Bank bleiben auch unverändert.



**Abb. 5.1. Die Kapazität des Zwischenspeichers des Messgeräts hängt von der Datenmenge im Hauptspeicher ab**



- In einer Zelle können gespeichert werden:
  - o Messergebnis  $R_{ISO}$  2p /  $R_{ISO}$  3p,
  - o Ergebnis  $R_{ISO}$  SV, DD,
  - o Nachbrennen-Ergebnis.
- Sobald der Messwert eingegeben ist, wird die Zellennummer automatisch erhöht.
- Im Speicher werden auch Daten für Verlaufsdiagramme untergebracht, die Parameteränderungen auf Zeitachse darstellen.

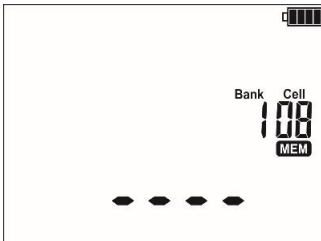
### 5.1 Speichern der Messergebnisse

1



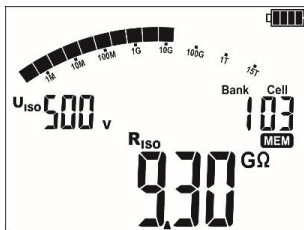
Nach der Messung drücken Sie die Taste **ENTER**.

2a



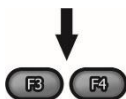
Die Zelle ist leer.

2b)



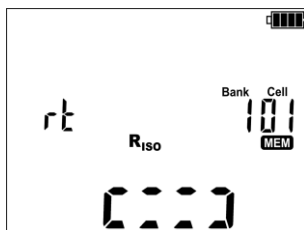
Zelle besetzt durch ein Ergebnis vom gleichen Typ, wie das eingegebene.

3



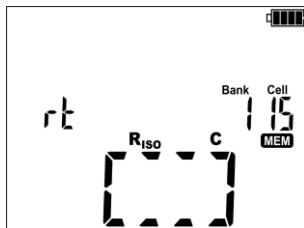
Mit den Tasten **F3** und **F4 (BILD)** können die jeweiligen Komponenten in folgender Reihenfolge angezeigt werden:

4a)



Zelle besetzt durch ein Ergebnis vom andere Typ, als das eingegebene.

4b)



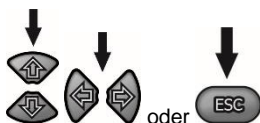
Die Zelle ist vollständig besetzt.

5



Das Drücken der Taste **ENTER** bei der gegebenen Messung gibt dem Benutzer die Möglichkeit, den Messvorgang im Dauerspeicher mit einer bestimmten Bank- und Zellennummer zu speichern.

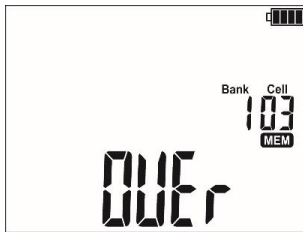
6



Die Taste **ENTER** drücken, um das Ergebnis im Speicher zu hinterlegen. Die Speicherung wird durch ein dreifaches Tonsignal und ein Rechteck auf dem Hauptfeld des Displays angezeigt.

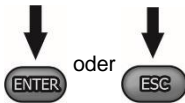
- Die Zellennummer wird mit den Tasten **↑↓** geändert.
- Die Nummer der Datenbank wird mit den Tasten **←→** geändert.
- Mit der Taste **ESC** kann man zur Ergebnisanzeige zurückkehren, ohne es zu speichern.

7



Beim Versuch in einer besetzten Zelle Daten zu speichern, erscheint eine Warnmeldung.

8



Drücken Sie **ENTER**, um das Ergebnis zu überschreiben.

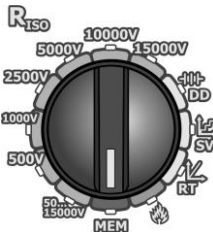
Drücken Sie **ESC**, um abzubrechen.



Im Speicher werden komplette Messdaten (Haupt- und zusätzliche Messwerte) der gegebenen Messfunktion, die eingestellten Parameter des Messvorgangs und Daten für Verlaufsdiagramme der Messwerte gespeichert.

## 5.2 Speicher durchsuchen

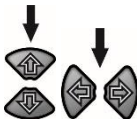
1






Drehschalter zur Funktionswahl auf **MEM** stellen.

- Um in den **Zwischenspeicher** zu wechseln, Taste **F5** drücken.
- Um zum Hauptspeicher zurückzukehren, die Taste **F5** erneut drücken.

2



- Die Nummer der Zelle mit den Tasten  ändern.
- Die Nummer der Bank mit den Tasten  ändern.
- Zum Anzeigen der im **Zwischenspeicher** gespeicherten Messdaten dienen die Tasten  . Deren Speicherung im Hauptspeicher erfolgt mithilfe der Taste **ENTER**.

3



Mit den Tasten **F3** und **F4 (BILD)** können Bestandteile der Messergebnisse sowohl aus dem Zwischen- als auch Hauptspeicher angezeigt werden.

4



Mit der **F2**-Taste kann die Uhrzeit der Durchführung des Messvorgangs einzeln aufgerufen werden:

- Stunde (einmal drücken),
- Tag (zweimal drücken).

Die Parameter werden für 3 s eingeblendet und danach kehrt die Anzeige zum Messwert der gegebenen Messung zurück.



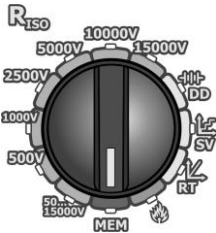
Beim Anzeigen der  $R_{ISO}$ -Messung werden im Anzeigefeld Stoppuhr/Speicher wechselweise die Bank- und Zellennummer sowie der Zeitpunkt, zu dem der betroffene Messwert im Speicher geschrieben wurde, angezeigt. Dies gilt für alle Messungen von  $R_{ISO}$ .

## 5.3 Löschen des Speichers

Es können der gesamte Speicher oder nur die jeweiligen Datenbanken gelöscht werden.

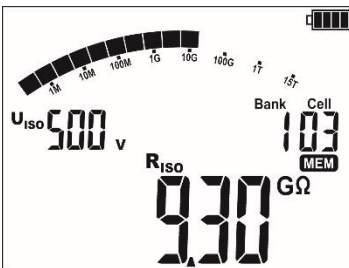
### 5.3.1 Löschen der Datenbank

1



Drehschalter zur Funktionswahl auf **MEM** stellen.

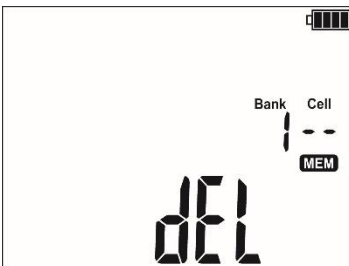
2



Mit den Tasten  $\leftarrow \rightarrow$  die Nummer der zum Löschen ausgewählten Bank einstellen.

Mit den Tasten  $\uparrow \downarrow$  die Nummer solange senken bzw. erhöhen...

3



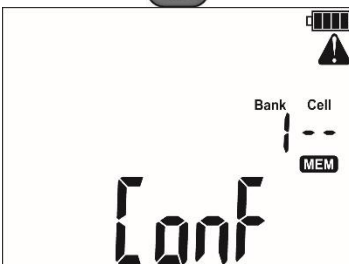
...bis sie erlischt und durch den Symbol **del** ersetzt wird, der auf die Bereitschaft zum Löschen hindeutet.


4



Die Taste **ENTER** drücken.

5

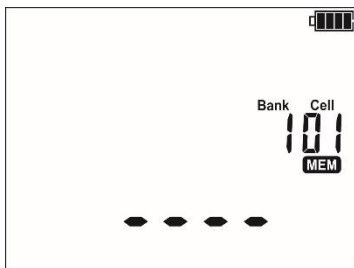


Es erscheint  und eine Aufschrift **Conf**, die Sie zur Bestätigung des Löschvorganges auffordern.

6



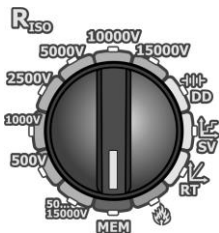
Erneut **ENTER** drücken.



Nach Löschen der Datenbank gibt das Messgerät ein Tonsignal aus und stellt die Nummer der Zelle auf „1“.

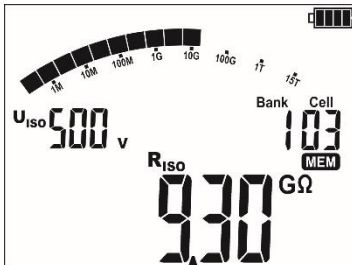
### 5.3.2 Löschen des gesamten Speichers

1



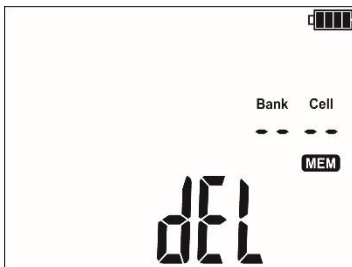
Drehschalter zur Funktionswahl auf **MEM** stellen.

2



Mit den Tasten **←** **→** die Nummer der Bank so lange senken bzw. erhöhen ...

3



... bis sie erlischt und durch den Symbol **del** ersetzt wird, der auf die Bereitschaft zum Löschen hindeutet.

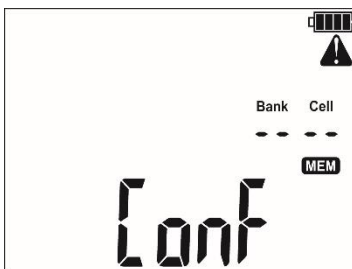



4



Die Taste **ENTER** drücken.

5

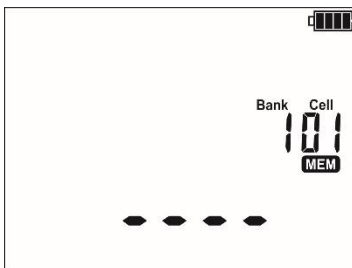


Es erscheint  und eine Aufschrift **Conf**, die Sie zur Bestätigung des Löschvorganges auffordern.

6



Erneut **ENTER** drücken.  
Nach Löschen des Speichers der Datenbank gibt das Messgerät ein Tonsignal aus und stellt die Nummer der Zelle auf „1“.



## 6 Datenübertragung

### 6.1 Zubehör zur Datenübertragung an PC

Zur Zusammenarbeit des Messgerätes mit einem Computer ist ein USB-Kabel oder das Modul Bluetooth und die entsprechende Software notwendig (erunterladbar von der Website des Herstellers):

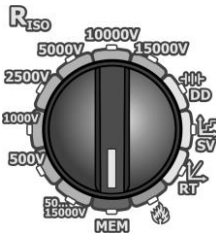
- Sonel Reader,
- Sonel Reports Plus,
- die mobile Anwendung Sonel MIC Mobile.

Die Software kann mit einer Reihe von Geräten der Firma SONEL S.A. zusammenarbeiten, die mit einer USB- und Bluetooth-Schnittstelle ausgestattet sind. Detaillierte Informationen erhalten Sie vom Hersteller und den Händlern.

Wenn Sie die Software nicht zusammen mit dem Messgerät erworben haben, können Sie sie beim Hersteller oder einem autorisierten Händler beziehen.

### 6.2 Datenübertragung via USB

①



Drehschalter zur Funktionswahl auf **MEM** stellen.

②



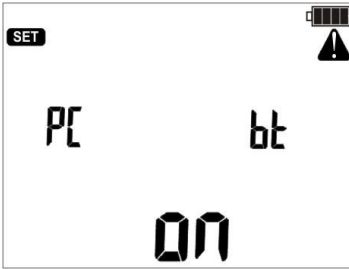
Das Kabel an den USB-Anschluss des Computers und des Messgeräts anschließen.

③

Die Anwendung starten.

### 6.3 Datenübertragung mithilfe des Moduls Bluetooth

①



Die Bluetooth-Kommunikation einschalten, siehe **Kap. 3** Schritte ①②⑭.

②

Wenn der PC nicht mit einem Bluetooth-Modul ausgestattet ist, ein solches Modul an den USB-Eingang anschließen.

③

Bei der Paarung des Messgerätes mit dem Computer die PIN-Nummer eingeben, die der PIN-Nummer des Messgerätes in Haupteinstellungen entspricht (**Kap. 3** Schritt ⑤).

④

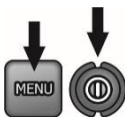
Starten Sie das Programm zur Datenarchivierung.



- Die Standard-PIN für Bluetooth ist 0123. Siehe auch **Kap. 3**, Schritt ⑤.
- Bei eingeschaltetem USB-Kabel ist eine Radioübertragung nicht möglich.

## 7 Aktualisierung der Software


1



Die **MENU** Taste gedrückt halten und die **ON/OFF** Taste kurz drücken. Die **MENU** Taste solange gedrückt halten, bis das Symbol **SET** erscheint.

2



Mit den Tasten  das untere Display anzeigen.



3



Das Messgerät mit dem Computer über ein USB-Kabel verbinden und **ENTER** drücken.

4



Befolgen Sie die Anweisungen des Programms.

## 8 Stromversorgung

### 8.1 Überwachung der Versorgungsspannung



#### HINWEIS!

Bevor Sie das Messgerät in Betrieb nehmen, entladen Sie den Akku und laden Sie ihn dann vollständig auf, damit die Anzeige des Ladezustands korrekt ist.

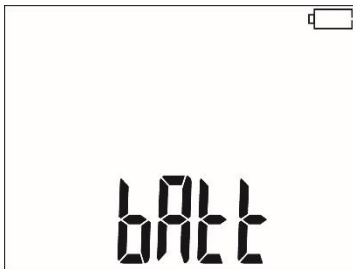
Der Ladezustand des Akkus wird durch ein Symbol in der rechten oberen Ecke des Displays angezeigt.



Akku aufgeladen.



Akku leer.



Akku vollkommen leer.  
Alle Messungen werden gesperrt.  
Das Messgerät schaltet sich selbstständig nach 5 Sek. ab.

### 8.2 Akkuversorgung

Das Messgerät MIC-15k1 wird über ein Lithium-Ionen-Akkumulator versorgt, der nur vom Fachmann gewechselt werden kann.

Das Ladegerät ist im Messgerät integriert und arbeitet nur mit dem dafür vorgesehenen Akku. Versorgt durch einen Netzanschluss 90 V ± 265 V 50 Hz/60 Hz. Es ist auch möglich mithilfe eines optionalen Wandler über eine Zigarettenanzünderbuchse das Gerät zu versorgen.



#### HINWEIS!

Das Gerät darf nicht mit anderen Stromquellen, als die, die in dieser Anleitung erwähnt werden, betrieben werden.

### 8.3 Aufladen des Akkus

Das Laden wird eingeleitet, nachdem das Netzteil an das Messgerät angeschlossen wird, unabhängig davon, ob das Messgerät eingeschaltet ist oder nicht. Wenn das Symbol des Ladezustandes der Akkus sich füllt, zeugt das davon, dass sie geladen werden.


Der Akku wird mit einem sog. „Schnellladealgorithmus“ geladen, was die Ladezeit auf ca. 5 Stunden zu verkürzen erlaubt. Das Beenden des Ladevorgangs wird dadurch signalisiert, dass die Anzeige des Füllstandes der Akkus voll ist und durch ein Aufleuchten der grünen LED.

Um das Gerät auszuschalten, sollte die Stromversorgungsstecker des Ladegeräts getrennt werden.




Aufgrund von Störungen im Netz kann es zu einem vorzeitigen Abschalten des Akkuladevorganges kommen. Falls festgestellt wird, dass die Ladezeit zu kurz war, ist das Messgerät einzuschalten und der Ladevorgang zu wiederholen.

## Weitere vom Prüfgerät angezeigte Informationen



Signalisierung	Zustand
Das Blinken der grünen LED mit einer Frequenz von 1 pro Sekunde, animiertes Batterie-Symbol auf dem Display.	Akku wird geladen.
Das kontinuierliche Leuchten der grünen LED, das volle Akkuladezustandssymbol auf dem Display.	Ladevorgang beendet.
Blinken der grünen LED mit einer Frequenz von 2 Mal pro Sekunde.	Fehler beim Laden.
Blinken der grünen LED mit einer Frequenz von 2 Mal pro Sekunde, das angezeigte Symbol  .	Zu hohe Akkutemperatur. Die Messungen sind blockiert.

### 8.4 Zasilanie z sieci

Es ist möglich Messungen während des Ladevorgangs durchzuführen. Dafür muss während des Ladevorganges die Taste **ESC** gedrückt werden - das Messgerät wechselt in den Messmodus, und verbleibt zugleich im Lademodus. Ähnlich wird es im Falle des Anschlusses der Netzstromversorgung während des Betriebs des Messgerätes sein.

Das Ausschalten des Messgerätes mit der Taste  oder durch **Auto-OFF** unterbricht den Ladevorgang des Akkus nicht.

## Weitere vom Prüfgerät angezeigte Informationen

Signalisierung	Zustand
Das Blinken alle Segmente des Akkuladezustandssymbols mit einer Frequenz von 1 pro Sekunde.	Ladevorgang beendet.
Blinken der grünen LED mit einer Frequenz von 2 Mal pro Sekunde, die angezeigten Symbole  und  .	Zu hohe Akkutemperatur. Die Messungen sind blockiert.

### 8.5 Generelle Handhabung von Lithium-Ionen-Akkumulatoren (Li-Ion)

- Lagern Sie das Messgerät mit geladenen Batterien min. bis zu 50%. Ein vollständig entladener Akku kann beschädigt werden. Die Temperatur des Langzeitlagers sollte zwischen 5°C...25°C gehalten werden. Die Umgebung sollte trocken und gut belüftet sein. Schützen Sie das Gerät vor direkter Sonneneinstrahlung.
- Laden Sie die Batterien an einem kühlen und gut belüfteten Ort bei einer Temperatur von 10°C...28°C. Moderne Schnellladegeräte erkennen sowohl zu niedrige als auch zu hohe Akkutemperaturen und reagieren entsprechend. Eine zu niedrige Temperatur verhindert das Starten des Ladevorgangs, wodurch die Batterie irreparabel beschädigt werden könnte.
- Lade und verwende die Akkus bei extremen Temperaturen nicht. Extreme Temperaturen reduzieren die Lebensdauer der Akkus. Beachte streng die Nennarbeitstemperatur. Werfe die Akkus nicht ins Feuer.
- Li-Ion-Zellen sind gegen mechanische Beschädigungen empfindlich. Solche Beschädigungen können zur dauerhaften Beschädigung des Akkus und folglich zu seiner Entzündung oder Explosion beitragen. Jeglicher Eingriff in die Struktur des Li-Ion-Akkus kann zu seiner Beschädigung führen. Die Folge davon kann eine Entzündung oder Explosion sein. Ein Kurzschluss der Akkupole + und – kann zur dauerhaften Beschädigung und sogar zur Entzündung oder Explosion des Akkus führen.

- Tauche den Li-Ion-Akku in Flüssigkeiten nicht ein und lagere ihn nicht bei hoher Umgebungfeuchte.
- Bei Augen- oder Hautkontakt mit dem Elektrolyt, der im Akku enthalten ist, spüle sofort die betroffenen Stellen mit reichlich Wasser und kontaktiere einen Arzt. Schütze den Akku vor unbefugten Personen und Kindern.
- Sobald jegliche Änderungen am Li-Ion-Akku bemerkt werden (unter anderen an der Farbe, Schwellung, eine zu hohe Temperatur) stelle den Gebrauch des Akkus ein. Die Li-Ion-Akkus, die mechanisch beschädigt, überladen oder zu tief entladen sind, sind nicht mehr gebrauchstauglich.
- Nicht bestimmungsgemäßer Gebrauch des Akkus kann seine dauerhafte Beschädigung verursachen. Das kann seine Entzündung zur Folge haben. Der Verkäufer und Hersteller haften nicht für eventuelle Schäden, die infolge einer unsachgemäßen Verwendung oder Behandlung des Li-Ion-Akkus entstanden sind.

## 9 Reinigung und Wartung



### HINWEIS!

Verwenden Sie nur die vom Hersteller in diesem Handbuch beschriebenen Wartungsmethoden.

Reinigen Sie das Gehäuse des Messgeräts mit einem feuchten Tuch und handelsüblichen Reinigungsmitteln. Verwenden Sie keine Lösungsmittel und keine Reinigungsmittel, die das Gehäuse zerkratzen könnten (Pulver, Paste, etc.).

Die Sonden können mit Wasser gereinigt und dann trocken gewischt werden.

Reinigen Sie die Leitungen mit Wasser und Reinigungsmitteln und wischen Sie sie anschließend trocken.

Das elektronische System des Zählers ist wartungsfrei.

## 10 Lagerung

Beachten Sie bei der Lagerung des Geräts die folgenden Empfehlungen:

- trennen Sie alle Leitungen vom Messgerät,
- reinigen Sie das Messgerät und alle Zubehörteile gründlich,
- wickeln Sie die Messdrähte auf,
- um eine vollständige Entladung des Akkus bei längerer Lagerung zu vermeiden, sollten Sie ihn **mindestens einmal alle sechs Monate** aufladen

## 11 Demontage und Entsorgung

Gebrauchte Elektro- und Elektronikgeräte sollten selektiv gesammelt werden, d. h. nicht zusammen mit anderen Abfallarten.

Elektroaltgeräte sind gemäß den örtlich geltenden Richtlinien an einer Sammelstelle abzugeben.

Bevor Sie das Gerät an die Sammelstelle schicken, dürfen Sie keine Teile selbst abbauen.

Beachten Sie die örtlichen Vorschriften zur Entsorgung von Verpackungen und gebrauchten Batterien.

## 12 Technische Daten

### 12.1 Grundlegende Daten

⇒ Die in der Spezifikation der Genauigkeit verwendete Abkürzung "v.Mw." bezeichnet vom gemessenen Wert

#### AC/DC Spannungsmessung

Anzeigebereich	Auflösung	Genauigkeit
0,0 V...29,9 V	0,1 V	±(2% v.Mw. + 20 Digits)
30,0 V...299,9 V	0,1 V	±(2% v.Mw. + 6 Digits)
300 V...1500 V	1 V	±(2% v.Mw. + 2 Digits)

- Frequenzbereich: 45...65 Hz

#### Isolationswiderstandsmessung

- Genauigkeit d. Prüfspannung ( $R_{obc} [\Omega] \geq 1000 \cdot U_N [V]$ ): 0...+5% oder 0...+10% des eingestellten Wertes
- Messbereich nach IEC 61557-2: 50 k $\Omega$  ...40,0 T $\Omega$  ( $I_{ISOnom} = 1,2 \text{ mA} / 3 \text{ mA} / 5 \text{ mA} / 7 \text{ mA}$ )

Messung mit ansteigender DC Spannung (SV) für $U_{ISO}$	Anzeigebereich	Auflösung	Genauigkeit
5 kV	000 k $\Omega$ ...999 k $\Omega$	1 k $\Omega$	± (3% v.Mw. + 10 Digits) für $U_{ISO} = 5 \text{ kV}$
	1,00 M $\Omega$ ...9,99 M $\Omega$	0,01 M $\Omega$	
	10,0 M $\Omega$ ...99,9 M $\Omega$	0,1 M $\Omega$	
	100 M $\Omega$ ...999 M $\Omega$	1 M $\Omega$	
	1,00 G $\Omega$ ...9,99 G $\Omega$	0,01 G $\Omega$	
	10,0 G $\Omega$ ...99,9 G $\Omega$	0,1 G $\Omega$	±(3,5% v.Mw. + 10 Digits) für $U_{ISO} = 5 \text{ kV}$
	100 G $\Omega$ ...999 G $\Omega$	1 G $\Omega$	
	1,00 T $\Omega$ ...9,99 T $\Omega$	0,01 T $\Omega$	±(7,5% v.Mw. + 10 Digits) für $U_{ISO} = 5 \text{ kV}$
≥10 kV	10,0 T $\Omega$ ...20,0 T $\Omega$	0,1 T $\Omega$	±(9% v.Mw. + 10 Digits) für $U_{ISO} = 5 \text{ kV}$
≥15 kV	10,0 T $\Omega$ ...40,0 T $\Omega$		±(12,5% v.Mw. + 10 Digits) für $U_{ISO} = 10 \text{ kV}$

- Die angeführten Genauigkeiten stellen die „schlechtesten“ Werte dar, die für den oberen Anzeigebereich berechnet sind. Je niedriger der Messwert, umso größer die Genauigkeit.
- Die Genauigkeit für eine Messspannung und jedes Ergebnis kann anhand der folgenden Formel berechnet werden:

$$\delta_R = \left( 3\% + \left( \frac{U_{ISO}}{U_{ISO} - R_{zm} \cdot 21 \cdot 10^{-12}} - 1 \right) \cdot 100\% \right) \pm 10 \text{ Digits}$$

wobei:

$U_{ISO}$  – Ausgewählte Prüfspannung [V]

$R_{zm}$  – Gemessener Widerstand [ $\Omega$ ]



Maximum Werte der gemessenen Widerstände, sind abhängig von der eingestellten Prüfspannung. Siehe folgende Aufstellung unten.


Spannung	Messbereich
50 V	200 GΩ
100 V	400 GΩ
250 V	1,00 TΩ
500 V	2,00 TΩ
1000 V	4,00 TΩ
2500 V	10,00 TΩ
5000 V	20,0 TΩ
10000 V	40,0 TΩ
15000 V	40,0 TΩ

- ⇒ **Achtung:** Für die Isolationswiderstandsmessung  $R_{ISOmin}$  wird keine Genauigkeit spezifiziert, da das Prüfgerät mit wählbaren Prüfströmen die Messung durchführt. Daraus ergibt sich die Berechnung wie folgt:

$$R_{ISOmin} = \frac{U_{ISONom}}{I_{ISONom}}$$

wobei:

- $R_{ISOmin}$  – Minimaler Isolationswiderstand, gemessen ohne Strombegrenzung
- $U_{ISONom}$  – Nominale Prüfspannung
- $I_{ISONom}$  – Nominaler Prüfstrom (1,2 mA, 3 mA, 5 mA oder 7 mA)

- Zusätzlicher Fehler in der 3-Leiter-Messung (verursacht durch „G“ Verbindung): 0.05% verursacht durch reduzierten Kriechstrom über 250 kΩ Widerstand, bei einer Messung über 100 MΩ mit Prüfspannung von 50 V.
- Max. Kurzschlussstrom  $I_{sc}$ : 10 mA.
- Der Strom  $I_{sc}$  in Bezug auf sonstige Lasten unter den folgenden Werten ausgewählt: 1,2 mA, 3 mA, 5 mA, 7 mA, 10 mA (10 mA nur in der Funktion  Nachbrennen).

### Messung des Leckstromes

Anzeigebereich	Auflösung	Genauigkeit
1 pA ... 99 pA	1 pA	± (1,5% v.Mw. + 20 Digits)
1,00 nA ... 9,99 nA	0,01 nA	± (1,5% v.Mw. + 2 Digits)
10,0 nA ... 99,9 nA	0,1 nA	
100 nA ... 999 nA	1 nA	
1,00 uA ... 9,99 uA	0,01 uA	
10,0 uA ... 99,9 uA	0,1 uA	
100 uA ... 999 uA	1 uA	
1,00 mA ... 9,99 mA	0,01 mA	

### Messung der Kapazität

Anzeigebereich	Auflösung	Genauigkeit
0 nF...999 nF	1 nF	± (5% v.Mw. + 5 Digits)
1,00 µF...49,99 µF	0,01 µF	

- Messungen der Kapazität wird während der  $R_{ISO}$  Messungen durchgeführt (während der Entladung des Prüflings).
- Genauigkeiten der Messung, entspricht einer gemessenen Kapazität und einem parallel geschalteten Widerstand von größer als 10 MΩ.
- Für Messspannungen unter 100 V wurde kein Messfehler definiert.

Messung unvollständiger Entladungen

Anzahl unvollständiger Entladungen pro Sekunde	Auflösung	Genauigkeit
0...100	1000 pC...9999 pC	1 pC

12.2 Weitere technische Daten

- a) Isolierklasse nach EN 61010-1 und IEC 61557.....doppelt
- b) Messkategorie nach EN 61010-1
  - Nennbetriebshöhe ≤2000 m .....IV 1000 V
  - Nennbetriebshöhe ≤3000 m .....IV 600 V
- c) Gehäuseschutzart nach EN 60529
  - offenes Gehäuse .....IP40
  - geschlossenes Gehäuse .....IP67
- d) Spannungsversorgung
  - Seriennummern mit Präfix J5 .....Li-Ion-Akku 14,8 V 5,3 Ah
  - Seriennummern mit Präfix M3 .....LiFePO4-Akku 13,2 V 5,0 Ah
- e) Abmessungen .....390 x 308 x 172 mm
- f) Gewicht
  - mit Li-Ion-Akku .....ca. 6,3 kg
  - mit LiFePO4-Akku .....ca. 6,6 kg
- g) Lagertemperatur .....-25°C...+70°C
- h) Arbeitstemperatur .....-20°C...+50°C
- i) Luftfeuchtigkeit .....20%...90%
- j) Höhe über NN. ....≤3000 m
- k) Referenztemperatur.....+23°C ± 2°C
- l) Referenzluftfeuchte .....40%...60%
- m) Display .....Segment-LCD
- n) Anzahl der Messungen R<sub>ISO</sub> gemäß EN 61557-2 mit Batterieversorgung.....min. 1000
- o) Betriebszeit mit einer Akkuladung
  - für R<sub>ISO</sub>=5 MΩ, U<sub>ISO</sub>=5 kV, T=(23±5)°C .....ca. 5 h
  - für R<sub>ISO</sub>=100 MΩ, U<sub>ISO</sub>=15 kV, T=(23±5)°C .....ca. 5 h
- p) Speicherung der Messergebnisse.....990 Zellen
- q) Datenübertragung .....USB, Bluetooth
- r) Qualitätsstandard .....Design, Konstruktion und Herstellung sind ISO 9001, ISO 14001, PN-N-18001 konform
- s) Das Gerät erfüllt die Anforderungen der Norm .....EN 61010-1 und IEC 61557
- t) Das Produkt erfüllt die Anforderungen EMV (Elektromagnetische Verträglichkeit) gemäß der Norm .....EN 61326-1 und EN 61326-2-2



HINWEIS!

Das Messgerät MIC-15k1 ist in der Beurteilung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMC) als Gerät der Klasse A klassifiziert. Störungen und Beeinträchtigungen der Funktion von anderen Geräten müssen in Kauf genommen werden, sollte das Messgerät in anderer Umgebung verwendet werden (z.B. Haushalt).



SONEL S. A. erklärt hiermit, dass der Radiogerättyp MIC-15k1 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/konformitaetserklaerungen/>

## 12.3 Weitere Daten

Angaben von zusätzlichen Ungenauigkeiten sind hauptsächlich dann notwendig, wenn das Prüfgerät nicht in Standardumgebung oder in messtechnischen Laboren für Kalibrierungen verwendet wird.

### 12.3.1 Zusätzliche Ungenauigkeiten nach EN 61557-2 (R<sub>ISO</sub>)

Wichtige Parameter	Bezeichnung	Zusätzliche Ungenauigkeit
Position	E <sub>1</sub>	0%
Versorgungsspannung	E <sub>2</sub>	1% (nicht leuchtet nicht)
Temperatur 0°C...35°C	E <sub>3</sub>	6%

## 14 Hersteller

Gerätehersteller für Garantieansprüche und Service:

**SONEL S.A.**

Wokulskiego 11  
58-100 Świdnica  
Polen

Tel. +48 74 884 10 53 (Kundenbetreuung)

E-Mail: [customerservice@sonel.com](mailto:customerservice@sonel.com)

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



#### HINWEIS!

Servicereparaturen dürfen nur vom Hersteller durchgeführt werden.

## AUFZEICHNUNGEN

## AUFZEICHNUNGEN

## AUFZEICHNUNGEN

## MESSWERTMELDUNGEN



### HINWEIS!

Der Anschluss der Klemmen an eine höhere Spannung als 1500 V kann zur Beschädigung des Messgeräts führen und eine Gefahr für den Benutzer darstellen.

	Das Vorhandensein einer Messspannung an den Klemmen des Messgeräts.
	Schlagen Sie in der Bedienungsanleitung nach.
<b>READY</b>	Messbereitschaft.
<b>NOISE!</b>	Auf dem zu prüfenden Objekt tritt eine Störspannung von weniger als 50 V oder 25 V...1500 V AC auf. Die Messung ist möglich, kann aber mit zusätzlicher Unsicherheit versehen sein.
<b><math>U_n &gt; 50 \text{ V}</math></b> (für DC Spannung) oder <b><math>U_n \sim &gt; 1500 \text{ V}</math></b> (für AC Spannung)	Während des Messvorgangs ist Spannung aufgetreten oder der Prüfling kann 120 s lang nicht entladen werden. Nach 5 s kehrt das Messgerät zum voreingestellten Zustand eines Spannungsmessgeräts zurück. Zusätzlich zu den angezeigten Informationen: <ul style="list-style-type: none"> <li>• ertönt ein zweistimmiger Signalton,</li> <li>• blinkt eine rote Diode.</li> </ul>
<b>LIMIT !!</b>	Strombegrenzung aktiv. Das Symbol wird begleitet durch ein kontinuierliches Tonsignal.
<b>H I L E</b>	Unterbrechung der Isolierung des Objekts, die Messung wird unterbrochen. Die Aufschrift wird nach der Aufschrift <b>LIMIT !!</b> angezeigt und bleibt während der Messung für 20 s bestehen, wenn die Spannung zuvor den Nennwert erreicht hat.
<b>d i s</b>	Die Entladung des Testobjekts ist im Gange.
  <b>BATT</b>	Akkuzustand: Geladener Akku. Entladener Akku. Akku entladen. Akku laden.



**SONEL S.A.**

Wokulskiego 11  
58-100 Świdnica  
Polonia

**Servicio al cliente**

tel. +48 74 884 10 53  
e-mail: [customerservice@sonel.com](mailto:customerservice@sonel.com)

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