



EI Tester
MI 3288
Bedienungsanleitung
Version 1.4.5, Code Nr. 20 753 246

Händler:

METREL GmbH
Dieselstraße 31, GE 05
46539 Dinslaken
Deutschland
<https://www.metrel.de>
info@metrel.de

Hersteller:

Metrel d.o.o.
Ljubljanska cesta 77
SI1354 Horjul
Slowenien
<https://www.metrel.si>
info@metrel.si

DATENSICHERUNG UND -VERLUST:

Es obliegt dem Benutzer, die Integrität und Sicherheit des Datenträgers sicherzustellen und die Daten regelmäßig zu sichern, sowie die Integrität der Datensicherungen zu bestätigen. METREL ÜBERNIMMT KEINE VERPFLICHTUNG ODER HAFTUNG FÜR VERLUST, VERÄNDERUNG, ZERSTÖRUNG, BESCHÄDIGUNG, KORRUPTION ODER WIEDERHERSTELLUNG VON BENUTZERDATEN, UNABHÄNGIG DAVON, WO DIE DATEN GESPEICHERT SIND.



Die Kennzeichnung auf Ihrem Gerät bestätigt, dass es den Anforderungen aller geltenden EU-Vorschriften genügt.



Hiermit erklärt Metrel d.o.o., dass der MI 3288 in Übereinstimmung mit der Richtlinie 2014/53/EU (RED) und allen anderen geltenden EU-Richtlinien ist. Der vollständige Text der EU-Konformitätserklärung ist unter der folgenden Internetadresse einsehbar: <https://www.metrel.si/DoC>.



Die Kennzeichnung auf Ihrem Gerät bestätigt, dass es den Anforderungen aller geltenden UK-Vorschriften entspricht.



Hiermit erklärt Metrel d.o.o., dass der MI 3288 in Übereinstimmung mit der Funkanlagenverordnung von 2017 und allen anderen geltenden UK-Richtlinien ist. Der vollständige Text der UK-Konformitätserklärung ist unter der folgenden Internetadresse einsehbar: <https://www.metrel.si/UK-DoC>.

© Metrel d.o.o.

Veröffentlicht: 08/2024

Die Handelsnamen Metrel®, Smartec®, Eurotest® und Auto Sequence® sind in Europa und anderen Ländern eingetragene oder angemeldete Warenzeichen.

Dieses Dokument darf ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von METREL weder vervielfältigt noch in irgendeiner anderen Form genutzt werden.

i. Über die Bedienungsanleitung

- Diese Bedienungsanleitung enthält ausführliche Informationen zum CE MI 3288 sowie dessen wesentlichen Merkmalen und Funktionen und deren Anwendung.
- Sie wendet sich an technisch qualifiziertes Personal, das für das Produkt und dessen Verwendung verantwortlich ist.
- Beachten Sie, dass die Screenshots-Details des LCD-Bildschirms in diesem Dokument aufgrund von Firmware-Variationen und -Änderungen von den tatsächlichen Gerätebildschirmen abweichen können.
- Metrel behält sich das Recht vor, im Rahmen der Weiterentwicklung des Produkts ohne Vorankündigung technische Änderungen vorzunehmen.
- Das MI 3288 ist in mehreren Sets und verschiedenen Kombinationen von Zubehör und Messfunktionen erhältlich. Die Funktionen eines vorhandenen Sets können mit zusätzlichem Zubehör erweitert werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeine Beschreibung	9
1.1	Merkmale.....	9
2	Sicherheits- und betriebsbezogene Überlegungen	10
2.1	Warnungen und Hinweise	10
2.2	Akku und Aufladen des Lithium-Ionen-Akkus	13
2.2.1	Vorladung	14
2.2.2	Richtlinien für den Lithium-Ionen-Akku	16
2.3	Geltende Normen	17
3	Begriffe und Definitionen	19
4	Beschreibung des Geräts	20
4.1	Bedienfeld	20
4.2	Anschlussplatte	21
4.2.1	Kennzeichnung der Prüfsteckeranschlüsse	21
4.3	Rückseite.....	22
4.3.1	Sicheres Anbringen des Tragriemens	24
5	Zubehör	25
5.1	Standard-Satz	25
5.2	Optionales Zubehör.....	25
6	Bedienung des Geräts	26
6.1	Allgemeine Bedeutung der Tasten	26
6.2	Allgemeine Bedeutung der Touch-Gesten.....	26
6.3	Virtuelle Tastatur	27
6.4	Anzeige und Ton	28
6.4.1	Akku- und Zeitanzeigen.....	28
6.4.2	Meldungen	28
6.4.3	Akustische Hinweise.....	30
6.4.4	Anschlussspannungsfenster	30
6.4.5	Bluetooth	31
6.4.6	Hilfe-Fenster	31
7	Hauptmenü	33
7.1	Hauptmenü des Geräts	33
8	Allgemeine Einstellungen	34
8.1	Sprache	35
8.2	Energie sparen	35
8.3	Datum und Uhrzeit	37
8.4	Geräteprofil.....	37
8.5	Einstellungen.....	38
8.6	Bluetooth-Initialisierung	39
8.7	Grundeinstellungen	39
8.8	Info	39
8.9	Auto Sequence®-Gruppen	41
8.9.1	Auto Sequence®-Gruppenmenü.....	41
8.9.2	Vorgänge im Auto Sequence®-Gruppenmenü	41
8.9.3	Auswählen einer Auto Sequence®-Liste	42
8.9.4	Löschen einer Auto Sequence®-Liste	42
8.10	Arbeitsbereichsverwaltung	43

8.10.1	Arbeitsbereiche und Exporte.....	43
8.10.2	Hauptmenü der Arbeitsbereichsverwaltung	43
8.10.3	Vorgänge mit Arbeitsbereichen	44
8.10.4	Vorgänge mit Exporten	44
8.10.5	Hinzufügen eines neuen Arbeitsbereichs.....	45
8.10.6	Öffnen eines Arbeitsbereichs	46
8.10.7	Löschen/Exportieren eines Arbeitsbereichs	46
8.10.8	Importieren eines Arbeitsbereichs.....	47
8.10.9	Exportieren eines Arbeitsbereichs.....	47
8.11	Benutzerkonten	49
8.11.1	Anmelden.....	49
8.11.2	Ändern des Benutzerkennworts, Abmelden.....	50
8.11.3	Verwalten von Konten.....	51
8.11.4	Einrichten eines Black-Box-Kennworts.....	53
9	Speicherverwaltung.....	54
9.1	Speicherverwaltungsmenü	54
9.1.1	Messzustände.....	54
9.1.2	Strukturelemente	55
9.1.3	Anzeige des Messstatus unter dem Strukturelement.....	55
9.1.4	Vorgänge im Baumstrukturmenü	56
10	Einzeltests	70
10.1	Auswahlmodi.....	70
10.1.1	Einzeltest-Fenster	71
10.1.2	Einstellen von Parametern und Grenzwerten für Einzeltests	72
10.1.3	Einzeltest-Ergebnisfenster	73
10.1.4	Fenster zum erneuten Abrufen von Einzeltestergebnissen.....	74
10.1.5	Einzeltest-Fenster (Sichtprüfung)	74
10.1.6	Einzeltest-Startfenster (Sichtprüfung).....	75
10.1.7	Einzeltest-Fenster (Sichtprüfung) während des Tests	76
10.1.8	Einzeltest-Ergebnisfenster (Sichtprüfung).....	77
10.1.9	Einzeltest-Speicherfenster (Sichtprüfung)	78
11	Tests und Messungen	79
11.1	Sichtprüfungen	79
11.2	Spannungs- und Frequenzmessungen [U/f].....	81
11.2.1	Spannungsmesser	81
11.3	Erdungsmessungen [Ze und Re].....	84
11.3.1	2-polige Messung	84
11.3.2	3-polige Messung	86
11.3.3	4-polige Messung	88
11.3.4	Selektive Messung (Eisenzange).....	89
11.3.5	Messen mit zwei Zangen.....	91
11.4	Spezifische Erdungswiderstandsmessungen [ρ]	94
11.4.1	Allgemeines zur spezifischen Erdung.....	94
11.4.2	Messungen mit der Wenner-Methode.....	95
11.4.3	Messungen mit der Schlumberger-Methode	97
11.5	Erdungspotenzial [Us]	99
11.5.1	Schritt- und Berührungsmessung	100
11.6	DC-Widerstand [R]	102
11.6.1	$\mu\Omega$ -Meter Messung	103

11.6.2	Messung mit dem Ω -Messgerät (200 mA)	104
11.6.3	Messung mit dem Ω -Messgerät (7 mA)	105
11.7	Isolierungswiderstandsmessung [Riso]	108
11.7.1	Isolierungswiderstandsmessung	109
11.7.2	Diagnosetest	110
11.7.3	Schrittspannungsprüfung	115
11.7.4	Stoßspannungsprüfung	116
11.7.5	Varistor-Test	118
11.8	Strom [I]	119
11.8.1	Strommesszange	120
12	Auto Sequences®	122
12.1	Auswahl von Auto Sequences®	122
12.1.1	Auswahl einer aktiven Auto Sequence®-Gruppe im Auto Sequences®-Menü	122
12.1.2	Suchen im Auto Sequences®-Menü	123
12.1.3	Organisieren der Auto Sequences® im Auto Sequences®-Menü	124
12.2	Organisieren einer Auto Sequence®	126
12.2.1	Menü der Auto Sequence®-Ansicht	126
12.2.2	Schrittweises Ausführen von Auto Sequences®	127
12.2.3	Auto Sequence®-Ergebnisfenster	128
12.2.4	Auto Sequence-Speicherfenster	131
13	Kommunikation	132
14	Wartung	133
14.1	Ersetzen der Sicherung	133
14.2	Einsetzen/Austauschen von Akkus	134
14.3	Reinigung	135
14.4	Periodische Kalibrierung	135
14.5	Wartung	135
14.6	Geräte-Upgrades	135
15	Technische Daten	136
15.1	Spannungs und Frequenz [U/f]	136
15.1.1	Effektivspannungsmesser	136
15.1.2	Frequenz	136
15.2	Strom [I]	137
15.2.1	Stromzange aus Eisen (A 1281) und flexibel (A 1227, A 1609)	137
15.3	Erdung [Ze]	138
15.3.1	2-, 3-, 4-polig	138
15.3.2	Selektiv (Eisenzange)	139
15.3.3	2 Zangen	140
15.4	Spezifische Erdungswiderstandsmessungen [ρ]	141
15.4.1	Wenner- und Schlumberger-Methode	141
15.5	Erdungspotenzial [Us]	142
15.5.1	Schritt und Berührung	142
15.6	DC-Widerstand [R]	143
15.6.1	$\mu\Omega$ - Messgerät (2A)	143
15.6.2	Ω -Messgerät (200mA)	144
15.6.3	Ω -Messgerät (7mA)	145
15.7	Isolierungswiderstandsmessung [Riso]	146

15.7.1	Isolierungswiderstand (IR, DD, SV, WS - Prüfung)	146
15.7.2	Varistor-Test	148
15.8	Einfluss der Hilfselektroden	149
15.9	Einfluss eines geringen Prüfstroms durch die Zangen	149
15.10	Einfluss von Rauschen	151
15.10.1	Digitale Filterungstechnik.....	152
15.11	Teilergebnisse der Messfunktionen	152
15.12	Allgemeine Daten	153
Anhang A	– Strukturobjekte.....	155
Anhang B	– Funktionsweise und Platzierung der Prüfspitzen.....	156
Anhang C	– Programmieren von Auto Sequences® in Metrel ES Manager.....	160
C.1	Arbeitsbereich des Auto Sequence® Editor	160
C.2	Verwalten von Auto Sequences®-Gruppen.....	161
C.2.1	Bearbeiten von Auto Sequence®-Name, -Beschreibung und -Bild 163	
C.2.2	Suchen in der ausgewählten Auto Sequence®-Gruppe.....	165
C.3	Auto Sequence®-Elemente	165
C.3.1	Auto Sequence®-Schritte	165
C.3.2	Einzeltests.....	165
C.3.3	Ablaufbefehle	166
C.3.4	Anzahl der Messschritte	166
C.4	Erstellen/Bearbeiten einer Auto Sequence®	166
C.5	Beschreibung der Ablaufbefehle	167
C.6	Programmieren benutzerdefinierter Prüfungen	168
C.6.1	Erstellen und Bearbeiten von benutzerdefinierten Prüfungen....	169
C.6.2	Übernehmen von benutzerdefinierten Prüfungen	171

1 Allgemeine Beschreibung

1.1 Merkmale

Der **Earth Insulation Tester (MI 3288)** ist ein tragbares Multifunktionstestgerät mit Akkus (Lithium-Ionen) und einem ausgezeichneten IP-Schutz von IP54 für: Spannungs- und Frequenzmessung (Effektivspannung), Isolierungswiderstandsmessung bis zu 2,5 kV, Erdungswiderstand und Impedanz, spezifischer Erdungswiderstand, Erdungspotential, Mikro-Ohm-Meter Messung (2 A) und Durchgangsmessung (7 mA, 200 mA). In die Entwicklung und Herstellung des Geräts sind die in vielen Jahren erworbenen umfangreichen Fachkenntnisse und Erfahrungen eingeflossen.

Verfügbare Funktionen und Merkmale des **MI 3288 Tester**:

- Spannungs- und Frequenzmessung bis zu 1 kV Effektivspannung;
- Erdungsimpedanz oder -widerstand, 2-polig, 3-polig, 4-polig;
- Selektive Erdungsimpedanz (Eisenzange);
- Messen mit zwei Zangen;
- Spezifischer Erdungswiderstand ρ (Wenner, Schlumberger-Methode);
- Erdpotential;
- Isolierungsmessung von 50 bis 2.500 V;
- Stoßspannungsprüfung (DC) bis zu 2,5 kV;
- Polarisierungsindex (PI) und dielektrisches Absorptionsverhältnis (DAR);
- Polarisierungsindex (PI) und dielektrisches Absorptionsverhältnis (DAR);
- Dielektrisches Entladungsverhältnis (DD);
- Kapazitätsmessung;
- Varistortest (Überspannungsschutzgeräte);
- $\mu\Omega$ -Meter (2 A);
- Ω -Meter (7 mA und 200 mA);
- Effektivstrommessung;
- Auto Sequence®;
- Sichtprüfung;
- Speicherverwaltung.

Auf dem **4,3"-(10,9-cm-)LCD-Farbdisplay mit Touchscreen** können alle Ergebnisse und die zugehörigen Parameter mühelos abgelesen werden. Die Bedienung ist einfach und übersichtlich, sodass der Benutzer das Gerät (vom Lesen und Verstehen der Bedienungsanleitung abgesehen) ohne besondere Schulung bedienen kann.

Die Testergebnisse können auf dem Gerät gespeichert werden. Die im Standardlieferungsumfang enthaltene Computer-Software ermöglicht das Übertragen der Messergebnisse auf den Computer, um sie zu analysieren oder auszudrucken.

MI 3288 EI Tester	gemäß:
2-polig	EN 61557 – 5 [Erdungswiderstand]
3-polig	IEEE Std 81 – 2012 [Zweipunktmethode, Dreipunktmethode, Spannungsabfallmethode]
4-polig	
2 Zangen	IEEE Std 81 – 2012 [Widerstandsmessungen mit Zangen oder stablose Methode]
Selektiv (Eisenzange)	IEEE Std 81 - 2012 [Widerstandsmessungen nach der FOP-/Zangenmethode]
Wenner-Methode	IEEE Std 81 - 2012 [Vierpunktmethode (gleichmäßiger Abstand oder Wenner-Anordnung); (ungleichmäßiger Abstand oder Schlumberger-Palmer-Anordnung)]
Schlumberger-Methode	
Ω -Messgerät (200mA)	EN 61557 – 4 [Widerstand der Erdleitung und des Potenzialausgleichs]
Isolierungswiderstand	EN 61557 – 2 [Isolierungswiderstand]

2 Sicherheits- und betriebsbezogene Überlegungen

2.1 Warnungen und Hinweise

Um die Benutzer beim Ausführen der verschiedenen Tests und Messungen optimal zu schützen, empfiehlt Metrel die das **MI 3288** in gutem Zustand und frei von Beschädigungen zu halten. Beachten Sie bei der Verwendung des Geräts die folgenden allgemeinen Warnungen:

- Das Symbol  am Messgerät bedeutet „Lesen Sie die Bedienungsanleitung im Sinne eines sicheren Betriebs besonders sorgfältig durch“. Dieses Symbol erfordert eine Maßnahme!
- Wenn das Testgerät in einer Weise verwendet wird, die nicht dieser Bedienungsanleitung entspricht, kann der vom Gerät gewährleistete Schutz beeinträchtigt werden!
- Lesen Sie die Bedienungsanleitung sorgfältig durch, da die Verwendung des Testgeräts andernfalls für den Benutzer, das Testgerät oder den Prüfling eine Gefahr darstellen kann!
- *Zwischen der zu prüfenden Erdelektrode und einer entfernten Erde kann eine tödliche Spannung bestehen!*
- Benutzen Sie das Prüfgerät oder eines der Zubehöerteile nicht, wenn Schäden festgestellt werden!
- Beachten Sie alle allgemein bekannten Vorsichtsmaßnahmen, um beim Umgang mit gefährlichen Spannungen die Gefahr eines Stromschlags zu vermeiden!
- Schließen Sie das Prüfgerät nicht an eine andere Netzspannung als die auf dem Schild neben dem Netzanschluss angegebene an, da es sonst beschädigt werden kann.
- Wartungseingriffe oder Einstellungen dürfen nur von kompetenten, autorisierten Personen durchgeführt werden!
- Alle üblichen Sicherheitsbestimmungen müssen beachtet werden, um einen elektrischen Schlag bei Arbeiten an elektrischen Anlagen zu vermeiden!
- Verwenden Sie das Gerät weder in einer feuchten Umgebung, noch in der Nähe von explosiven Gasen oder Dämpfen.
- Nur ausreichend geschulte und kompetente Personen dürfen die Geräte bedienen.
- Schließen Sie keine Spannungsquelle am Anschluss GUARD (C1) an. Er dient ausschließlich zum Anschließen der GUARD-Leitung.

2-Leiter-Testzubehör:

- Die maximal zulässige Eingangsspannung zwischen den Testanschlüssen HV+ und HV- des Prüfsteckers beträgt 1.000 V! (KAT III/1.000 V);

4-Leiter-Testzubehör:

- Die maximal zulässige Eingangsspannung zwischen den Testanschlüssen C1 und C2 oder H und E des Prüfsteckers beträgt 1.000 V! (KAT III/1.000 V);
- Die maximal zulässige Eingangsspannung zwischen beliebigen Kombinationen von Testanschlüssen des Prüfsteckers beträgt 300 V! (KAT IV 300 V)

Kennzeichnungen auf dem Gerät:



„Lesen Sie für den sicheren Betrieb die Gebrauchsanweisung mit besonderer Aufmerksamkeit“. Dieses Symbol erfordert eine Maßnahme!



Die Kennzeichnung Ihres Geräts bestätigt, dass es den Anforderungen aller EU-Vorschriften entspricht.



Die Kennzeichnung auf Ihrem Gerät bestätigt, dass es den Anforderungen aller UK-Vorschriften entspricht.



Dieses Gerät ist als Elektroschrott zu recyceln.



Warnungen im Zusammenhang mit den Messfunktionen:

Arbeiten mit dem Gerät

- Verwenden Sie ausschließlich Standard- und optionales Zubehör, das Sie von Ihrem autorisierten Händler erhalten haben!
- Schließen Sie das Zubehör stets am Gerät und am Prüfling an, bevor Sie mit der Messung beginnen. Berühren Sie während der Messung keine Messleitungen oder Krokodilklemmen.
- Berühren Sie während des Testens keine leitenden Teile des Prüflings, da die Gefahr eines elektrischen Schlags besteht.
- *Stellen Sie sicher, dass der Prüfling (von der Netzspannung) getrennt und stromlos ist, bevor Sie die Prüflleitungen anschließen und die Messung starten!*
- *Verwenden Sie Strommessungen nicht als Hinweis darauf, dass ein Stromkreis sicher berührt werden kann. Um zu ermitteln, ob ein Stromkreis gefährlich ist, ist eine Spannungsmessung erforderlich.*
- Das Gerät entlädt den Prüfling automatisch nach Abschluss der Messung.
- *Es wird empfohlen, den GUARD-Anschluss zu verwenden, wenn ein hoher Isolierungswiderstand (>10 GΩ) gemessen wird.*
- Die **Isolierungswiderstandsmessungen** müssen an stromlosen Prüflingen durchgeführt werden, d. h. die Spannung zwischen den Testanschlüssen soll unter **300 V AC** und **50 V DC** liegen!
- Die **Erdungswiderstandsmessungen** müssen an stromlosen Prüflingen durchgeführt werden, d. h. die Spannung zwischen den Testanschlüssen soll unter **30 V AC** oder **DC** liegen!
- Die **Ohm-Widerstand-R7-Messungen** müssen an stromlosen Prüflingen durchgeführt werden, d. h. die Spannung zwischen den Testanschlüssen soll unter **10 V AC** oder **DC** liegen!
- Die **Mikro-Ohm-Widerstand-R200-Messungen** müssen an stromlosen Prüflingen durchgeführt werden, d. h. die Spannung zwischen den Testanschlüssen soll unter **5 V AC** oder **DC** liegen!
- Die Anzeige BESTANDEN/FEHLGESCHLAGEN wird aktiviert, wenn der Grenzwert auf EIN gesetzt wurde. Setzen Sie einen geeigneten Grenzwert zur Auswertung von Messergebnissen fest.

**Warnhinweise zu den Akkus:**

- Verwenden Sie ausschließlich die vom Hersteller bereitgestellten Akkus.**
- Entsorgen Sie die Akkus niemals in einem Feuer, da diese explodieren oder giftige Gase entwickeln können.**
- Versuchen Sie nicht, die Akkus zu zerlegen, zu quetschen oder auf beliebige Weise zu öffnen.**
- Schließen Sie die externen Kontakte des Akkus nicht kurz, und kehren Sie deren Polarität nicht um.**
- Halten Sie den Akku von Kindern fern.**
- Setzen Sie den Akku keinen übermäßigen Stößen oder Vibrationen aus.**
- Verwenden Sie keine beschädigten Akkus.**
- Der Lithium-Ionen-Akku enthält Sicherheits- und Schutzschaltungen, die bei einer Beschädigung zu Hitzeentwicklung, zu Rissen oder zum Entzünden der Akkus führen können.**
- Belassen Sie nicht verwendete Akkus nicht dauerhaft vollständig aufgeladen.**
- Wenn aus einem Akku Flüssigkeit austritt, berühren Sie diese nicht.**
- Reiben Sie sich nicht die Augen, wenn diese mit der Flüssigkeit in Kontakt gekommen sind. Spülen Sie die Augen umgehend für mindestens 15 Minuten gründlich mit Wasser aus, heben Sie dabei die oberen und unteren Lider an, bis keine Flüssigkeit mehr zu erkennen ist. Nehmen Sie ärztliche Hilfe in Anspruch.**

2.2 Akku und Aufladen des Lithium-Ionen-Akkus

Das Gerät kann mit wiederaufladbaren Lithium-Ionen-Akkus oder mit Netzstrom betrieben werden. Das LCD zeigt den Zustand des Akkus sowie die Stromquelle an (oberer linker Bereich des LCD). Wenn die Akkuladung zu schwach ist, wird dies wie in **Abbildung 2.1** angezeigt.

Symbol:



Abbildung 2.1: Akku-Test

Der Akku wird immer dann geladen, wenn das Gerät am Netz angeschlossen ist. Die Netzsteckdose finden Sie in **Abbildung 2.2**. Die integrierte Schaltung (CC, CV) steuert den Ladevorgang und stellt eine optimale Akku-Lebensdauer sicher. Die angegebene Betriebszeit bezieht sich auf Akkus mit einer Nennleistung von 4,4 Ah.



Abbildung 2.2: Polarität der Ladebuchse

Das Gerät erkennt automatisch den Netzanschluss und beginnt mit dem Ladevorgang.

Symbol:



Abbildung 2.3: Anzeige des Ladevorgangs (Animation)

Akku- und Aufladedaten	Typisch
Akku-Typ	18650T22A2S2P 18650T22A2S4P (optional)
Lademodus	CC/CV
Nennspannung	7,2 V
Nennkapazität	4.400 mAh (Typ: 18650T22A2S2P) 8.800 mAh (Typ: 18650T22A2S4P)
Max. Ladespannung	8,0 V
Max. Ladestrom	2,2 A (Typ: 18650T22A2S2P) 3,0 A (Typ: 18650T22A2S4P)
Max. Entladestrom	2,5 A
Typische Ladedauer	3 Stunden (Typ: 18650T22A2S2P) 4,5 Stunden (Typ: 18650T22A2S4P)

Ein typisches, auf für dieses Gerät zutreffendes Ladeprofil finden Sie in **Abbildung 2.4**.

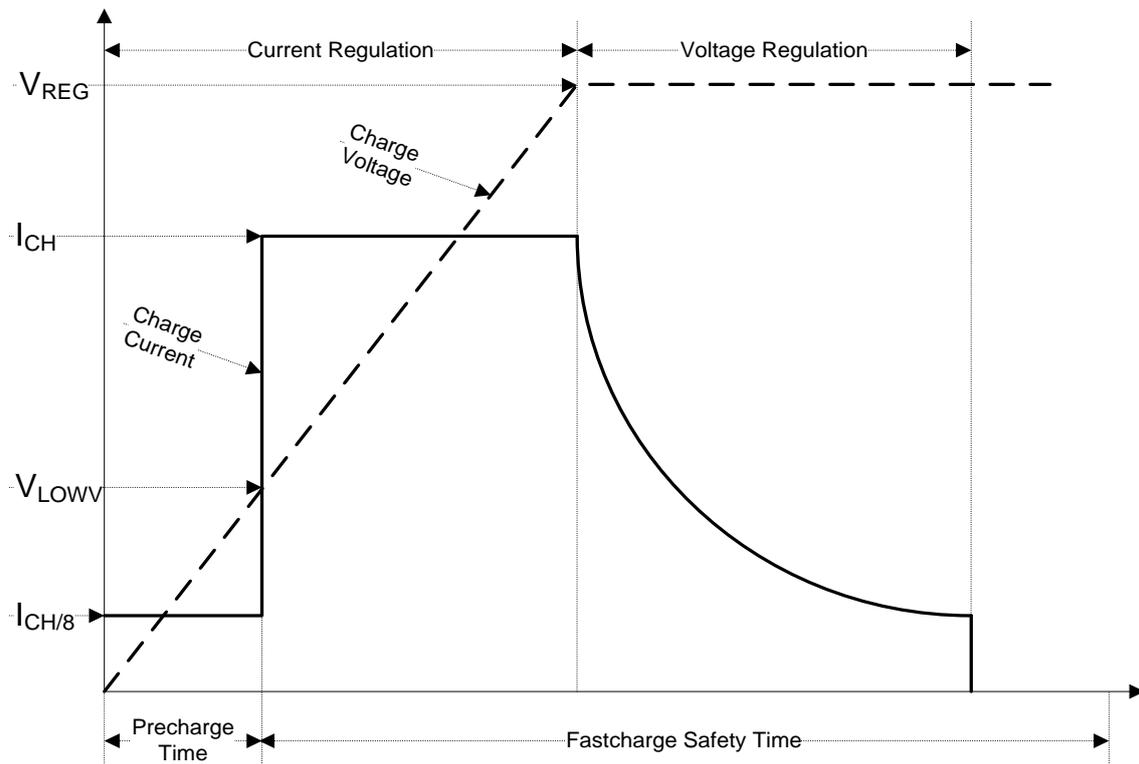


Abbildung 2.4: Typisches Ladeprofil

wobei:

V_{REG}	Akku-Ladespannung
V_{LOWV}	Vorladeschwellenspannung
I_{CH}	Akku-Ladestrom
$I_{CH/8}$	1/8 des Ladestroms

2.2.1 Vorladung

Wenn die Akkuspannung beim Einschalten unter dem Schwellenwert V_{LOWV} liegt, übernimmt das Ladegerät für den Akku 1/8 des Ladestroms. Die Vorladefunktion ist dazu gedacht, tiefentladene Akkus wiederherzustellen. Wenn der Schwellenwert V_{LOWV} nicht innerhalb von 30 Minuten nach Beginn des Vorladens erreicht wird, schaltet sich das Ladegerät ab, und es wird FAULT angezeigt.



Abbildung 2.5: Akku-Fehleranzeige
(Ladevorgang unterbrochen, Timer-Fehler,
Akku nicht vorhanden)



Abbildung 2.6: Anzeige „Akku voll“
(Ladevorgang abgeschlossen)

Hinweis:

- Aus Sicherheitsgründen verfügt das Ladegerät zudem über einen internen 5-Stunden-Ladetimer für das Schnellladen.

Die typische Ladezeit in einem Temperaturbereich von 5 °C bis 60 °C beträgt drei Stunden (Akku-Typ: 18650T22A2S2P).

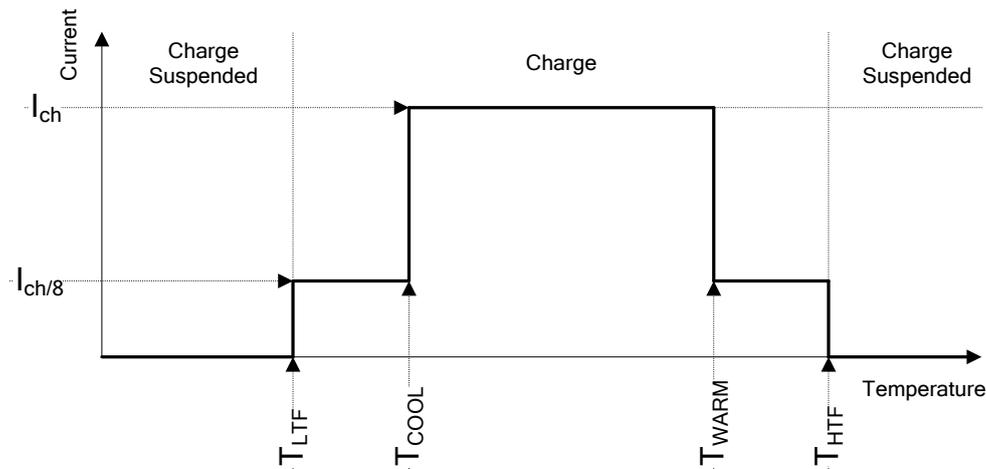


Abbildung 2.7: Typisches Ladestrom- und Temperaturprofil

wobei:

T_{LTF} Kühلتemperaturschwelle (typ. -15 °C)

T_{COOL} Kalttemperaturschwelle (typ. 0 °C)

T_{WARM} Warmtemperaturschwelle (typ. +60 °C)

T_{HTF} Heißtemperaturschwelle (typ. +75 °C)

Das Ladegerät überwacht fortlaufend die Akkutemperatur. Um einen Ladezyklus zu starten, muss die Akkutemperatur innerhalb der Schwellenwerte T_{LTF} und T_{HTF} liegen. Wenn die Akkutemperatur außerhalb dieses Bereichs liegt, unterbricht der Regler den Ladevorgang und wartet, bis die Akku-Temperatur innerhalb des Bereichs T_{LTF} bis T_{HTF} liegt.

Wenn die Akkutemperatur zwischen den Schwellenwerten T_{LTF} und T_{COOL} oder T_{WARM} und T_{HTW} liegt, wird der Ladevorgang automatisch auf $I_{CH/8}$ reduziert (1/8 des Ladestroms).

2.2.2 Richtlinien für den Lithium-Ionen-Akku

Der wiederaufladbare Lithium-Ionen-Akku erfordert während der Verwendung und Handhabung eine regelmäßige Wartung und Pflege. Lesen und befolgen Sie die Richtlinien in dieser Bedienungsanleitung, um den Lithium-Ionen-Akku sicher zu verwenden, und um die maximale Lebensdauer des Akkus zu erzielen.

Lassen Sie Akkus nicht für längere Zeit – mehr als sechs Monate – ungenutzt (Selbstentladung). Wenn ein Akku über sechs Monate nicht verwendet wurde, überprüfen Sie den Ladezustand (siehe Kapitel **6.4.1 Akku- und Zeitanzeigen**). Wiederaufladbare Lithium-Ionen-Akkus haben eine begrenzte Lebensdauer und verlieren mit der Zeit ihre Fähigkeit, die Ladung zu halten. Je mehr der Akku an Kapazität verliert, desto kürzer ist die Betriebsdauer des Geräts.

Lagerung:

- ❑ Laden oder Entladen Sie den Akku des Geräts auf etwa 50 % seiner Kapazität, bevor Sie ihn einlagern.
- ❑ Laden Sie den Akku des Geräts mindestens alle sechs Monate auf etwa 50 % seiner Kapazität auf.

Transport:

- ❑ Machen Sie sich immer mit allen geltenden örtlichen, nationalen und internationalen Vorschriften vertraut, bevor sie einen Lithium-Ionen-Akku transportieren.



Warnungen zur Handhabung:

- ❑ **Versuchen Sie nicht, die Akkus zu zerlegen, zu quetschen oder auf beliebige Weise zu öffnen.**
- ❑ **Schließen Sie die externen Kontakte des Akkus nicht kurz, und kehren Sie deren Polarität nicht um.**
- ❑ **Werfen Sie Akkus nicht ins Feuer oder ins Wasser.**
- ❑ **Halten Sie den Akku von Kindern fern.**
- ❑ **Setzen Sie den Akku keinen übermäßigen Stößen oder Vibrationen aus.**
- ❑ **Verwenden Sie keine beschädigten Akkus.**
- ❑ **Der Lithium-Ionen-Akku enthält Sicherheits- und Schutzschaltungen, die bei einer Beschädigung zu Hitzeentwicklung, zu Rissen oder zum Entzünden des Akkus führen können.**
- ❑ **Belassen Sie nicht verwendete Akkus nicht dauerhaft vollständig aufgeladen.**
- ❑ **Wenn aus einem Akku Flüssigkeit austritt, berühren Sie diese nicht.**
- ❑ **Reiben Sie sich nicht die Augen, wenn diese mit der Flüssigkeit in Kontakt gekommen sind. Spülen Sie die Augen umgehend für mindestens 15 Minuten gründlich mit Wasser aus, heben Sie dabei die oberen und unteren Lider an, bis keine Flüssigkeit mehr zu erkennen ist. Nehmen Sie ärztliche Hilfe in Anspruch.**

2.3 Geltende Normen

Das MI 3288 wird anhand folgender Vorschriften hergestellt und geprüft:

Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV)

EN 61326 – 1	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 61326 - 2 - 2	Elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – EMV-Anforderungen – Teil -2-2: Besondere Anforderungen - Prüfanordnung, Betriebsbedingungen und Leistungsmerkmale für ortsveränderliche Prüf-, Mess- und Überwachungsgeräte für den Gebrauch in Niederspannungs-Stromversorgungsnetzen

Sicherheit (LVD)

EN 61010 – 1	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 61010 - 2 - 030	Sicherheitsanforderungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 2-030: Besondere Bestimmungen für Prüf- und Messstromkreise
EN 61010 - 2 - 032	Sicherheitsbestimmungen für elektrische Mess-, Steuer-, Regel- und Laborgeräte – Teil 2-032: Besondere Anforderungen für handgehaltene und handbediente Stromsonden für elektrische Prüfungen und Messungen.
EN 61010 - 031	Sicherheitsbestimmungen für handgehaltenes Messzubehör zum elektrischen Messen und Prüfen

Einige weitere Empfehlungen

DIN EN 61557	Elektrische Sicherheit in Niederspannungsverteilungssystemen bis 1000 V AC und 1500 V DC – Geräte zum Prüfen, Messen oder Überwachen von Schutzmaßnahmen Teil 1: Allgemeine Anforderungen Teil 2: Isolierungswiderstand Teil 4: Widerstand des Erdungsanschlusses und Potentialausgleichs Teil 5: Erdungswiderstand Teil 10: Kombinierte Messgeräte
IEEE 81 – 2012	IEEE-Richtlinie für die Messung des spezifischen Erdwiderstands, der Impedanz gegen Erde und des Erdoberflächenpotentials einer Erdungsanlage.
EN 50522 – 2010	Erdung von Netzinstallationen mit mehr als 1.000 V AC
IEEE 142 – 2007	Empfohlene IEEE-Praxis für die Erdung industrieller und gewerblicher Netze (US).
IEEE 367 – 2012	Empfohlene IEEE-Praxis für die Bestimmung des Erdpotentialanstiegs und der induzierten Spannung durch einen Netzausfall in einem Kraftwerk

Lithium-Ionen-Akku

IEC 62133-2	Sekundärzellen und -batterien, die alkalische oder andere nicht-saure Elektrolyte enthalten - Sicherheitsanforderungen für tragbare, abgedichtete Sekundärzellen und für Batterien, die aus diesen hergestellt sind, zur Verwendung in tragbaren Anwendungen - Teil 2: Lithium-Systems
--------------------	--

Hinweis zu den EN- und IEC-Normen:

- Der Text dieses Handbuchs enthält Verweise auf europäische Normen. Alle Normen der Reihe EN 6XXXX (z. B. EN 61010) sind gleichwertig zu den IEC-Normen mit gleicher Nummer (z. B. IEC 61010) und unterscheiden sich nur in den durch das europäische

Harmonisierungsverfahren erforderlichen geänderten Teilen. Nach 2018 haben die auf der IEC basierenden Europäischen Normen das folgende Nummerierungsprinzip:

- EN IEC 6xxxx ist identisch mit der IEC derselben Nummer, EN 6xxxx enthält einige Modifikationen basierend auf der europäischen Harmonisierung, um die Anforderungen der angewandten EU-Vorschriften abzudecken,
- HD 6xxxx ist das Harmonisierungsdokument basierend auf der IEC-Norm, jedoch enthält es zusätzliche Modifikationen basierend auf den Anforderungen der EU-Mitgliedstaaten.

3 Begriffe und Definitionen

Für die Zwecke dieses Dokuments und das MI 3288 gelten folgende Definitionen.

Index:	Einheit:	Beschreibung:
Re	[Ω]	Erdungswiderstand des gesamten Systems.
Ze	[Ω]	Erdungsimpedanz des gesamten Systems.
Rp	[Ω]	Impedanz der Hilfspotential-Prüfspitze
Rc	[Ω]	Impedanz der Hilfsstrom-Prüfspitze
le	[A]	Systemstrom oder Generatorstrom.
f	[Hz]	Testfrequenz.
Ic	[A]	Eisenzangenstrom.
Zsel	[Ω]	Erdungsimpedanz des gemessenen Abzweigs.
ρ	[Ωm/Ωft]	Spezifischer Erdungswiderstand [Resistivität].
R	[Ω]	Widerstand [Gleichstrom].
I_{dc}	[A]	Gleichstrom
R₊	[Ω]	Niederohmiger Widerstand [positive Stromrichtung].
R₋	[Ω]	Niederohmiger Widerstand [negative Stromrichtung].
R_{iso}	[Ω]	Isolierungswiderstand
U_m	[V]	Gemessene Prüfspannung
I	[A]	Gemessener Ableit- oder Zangenstrom
C	[F]	Gemessene Kapazität.
R₁₋₅	[Ω]	Isolierungswiderstand 1 bis 5 [unterschiedliche Messzeitpunkte].
U₁₋₅	[V]	Gemessene Prüfspannung 1 bis 5 [verschiedene Messzeitpunkte].
DAR	[]	Dielektrisches Absorptionsverhältnis.
PI	[]	Polarisierungsindex
DD	[]	Dielektrischer Entladungsindex.
U_{dc}	[V]	DC-Durchschlagsspannung von Varistor-Test-Messungen
U_{ac}	[V]	Berechnete AC-Durchschlagsspannung von Varistor-Test-Messungen
U	[V]	Gemessene Spannung.
Freq	[Hz]	Gemessene Frequenz.
f	[Hz]	Gemessene Frequenz.
R	[m/ft]	Abstand zwischen E und Hilfserdungsstab H.
r	[m/ft]	Abstand zwischen den Prüfspitzen E und S.
I_{gen}	[A]	Generatorstrom.
U_s	[V]	Berechnete Schritt-, Berührungsspannung.
I_{fault}	[A]	Maximal zu erwartender Fehlerstrom.

Hinweise (gemäß EN 50522-2010):

- **Erdungswiderstand, R_E** – realer Teil des Erdungswiderstands.
- **Erdungsimpedanz, Z_E** – Impedanz bei einer bestimmten Frequenz zwischen einem bestimmten Punkt eines Systems, einer Anlage oder eines Geräts sowie Referenzerde.
Die Erdungsimpedanz wird anhand der direkt angeschlossenen Erdungselektroden, der angeschlossenen Erdseile, der unterirdisch verlegten Erdungsleitungen von Freileitungen, der angeschlossenen Kabel mit Erdungselektrodenwirkung sowie weiterer mit leitenden Kabelmänteln, Abschirmungen, PEN-Leitern oder auf andere Weise mit dem jeweiligen Erdungssystem leitend verbundenen Erdungssysteme ermittelt.

4 Beschreibung des Geräts

4.1 Bedienfeld

Das Bedienfeld ist in Abbildung 4.1 abgebildet.



Abbildung 4.1: Das Bedienfeld

1		Farb-TFT-Display mit Touchscreen
2	SPEICHERN	Speichert die aktuellen Messergebnisse
3	CURSOR	Zum Navigieren in den Menüs
4	STARTEN	Startet/Beendet die ausgewählte Messung. Öffnet das ausgewählte Menü oder die ausgewählte Option. Anzeige der verfügbaren Werte für den ausgewählten Parameter/Grenzwert.
5	EIN/AUS	Ein-/Ausschalten des Geräts. Das Gerät schaltet sich nach zehn Minuten Leerlauf automatisch aus (es wurde keine Taste gedrückt oder der Touchscreen bedient). Halten Sie die Taste für fünf Sekunden gedrückt, um das Gerät auszuschalten.
6	ALLGEMEINE EINSTELLUNGEN	Öffnet das Menü „Allgemeine Einstellungen“
7	OPTIONEN	Zeigt eine detaillierte Ansicht der Optionen an.
8	SPEICHERVERWALTUNG Verknüpfung	Verknüpfung zum Öffnen des Speicherverwaltungsmenüs.
9	EINZELTESTS Verknüpfung	Verknüpfung zum Öffnen des Einzeltestmenüs.
10	AUTO SEQUENCES® Verknüpfung	Verknüpfung zum Öffnen des Auto Sequences®-Menüs
11	ESC	Zurück zum vorherigen Menü.

4.2 Anschlussplatte

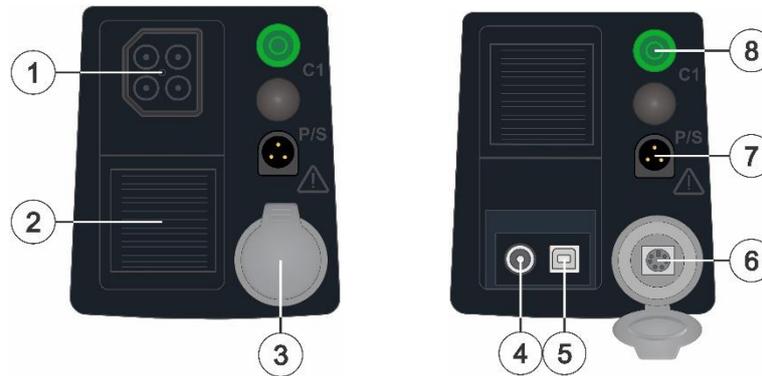


Abbildung 4.2: Anschlussplatte

1	Prüfanschluss
2	Schutzabdeckung
3	Schutzabdeckung – PS/2-Kommunikationsanschluss
4	Ladebuchse 
5	USB-Kommunikationsanschluss Kommunikation mit dem USB-Anschluss des PCs
6	PS/2-Kommunikationsanschluss Kommunikation mit dem seriellen RS232-Anschluss des Computers
7	P/S-Eingang Messstelle für aktive Stromzangen
8	GUARD (C1) Schutzeingangsanschluss.



Warnungen!

- ❑ Schließen Sie keine Spannungsquelle am Anschluss GUARD (C1) an. Er dient ausschließlich zum Anschließen der GUARD-Leitung.
- ❑ Verwenden Sie ausschließlich Original-Prüfzubehör!
- ❑ Die maximal zulässige kurzfristige Spannung des externen Netzteils beträgt 14 V!

4.2.1 Kennzeichnung der Prüfsteckeranschlüsse

2-Leiter-Testzubehör (Isolierungswiderstand, Spannungsmessung, Gleichstromwiderstand (2-Leiter)):

❑ HV+ (rot)	- Ausgangsanschluss für positive Hochspannung - Eingangsanschluss für positive Spannung - Anschluss für DC-Widerstand
❑ HV- (schwarz)	- Ausgangsanschluss für negative Hochspannung - Eingangsanschluss für negative Spannung - Anschluss für DC-Widerstand

4-Leiter-Testzubehör (Erdungsmessungen, Schritt- und Berührungsspannung):

<input type="checkbox"/> E (blau)	- Anschluss für die Erdungselektrode
<input type="checkbox"/> ES (rot)	- Anschluss für die der Erdungselektrode am nächsten liegende Prüfspitze
<input type="checkbox"/> S (grün)	- Potenzialanschluss (A 1597 und Metallplatten)
<input type="checkbox"/> H (schwarz)	- Potenzialanschluss (A 1597 und Metallplatten)
<input type="checkbox"/> H (schwarz)	- Anschluss für die Hilfserdungselektrode

4-Leiter-Testzubehör (Gleichstromwiderstand, 4-Leiter, Mikro-Ohm-Meter):

<input type="checkbox"/> C1 (rot)	- Stromanschluss
<input type="checkbox"/> P1 (schwarz)	- Potenzialanschluss
<input type="checkbox"/> P2 (schwarz)	- Potenzialanschluss
<input type="checkbox"/> C2 (rot)	- Stromanschluss

**Warnungen!****2-Leiter-Testzubehör:**

- Die maximal zulässige Eingangsspannung zwischen den Testanschlüssen HV+ und HV- des Prüfsteckers beträgt 1.000 V! (KAT III/1.000 V);

4-Leiter-Testzubehör:

- Die maximal zulässige Eingangsspannung zwischen den Testanschlüssen C1 und C2 oder H und E des Prüfsteckers beträgt 1.000 V! (KAT III/1.000 V);
- Die maximal zulässige Eingangsspannung zwischen beliebigen Kombinationen von Testanschlüssen des Prüfsteckers beträgt 300 V! (KAT IV 300 V)

4.3 Rückseite

Abbildung 4.3: Rückansicht

1	Batterie-/Sicherungsfach-Abdeckung
2	Befestigungsschrauben für Batterie-/Sicherungsfach-Abdeckung
3	Infoschild auf der Rückseite

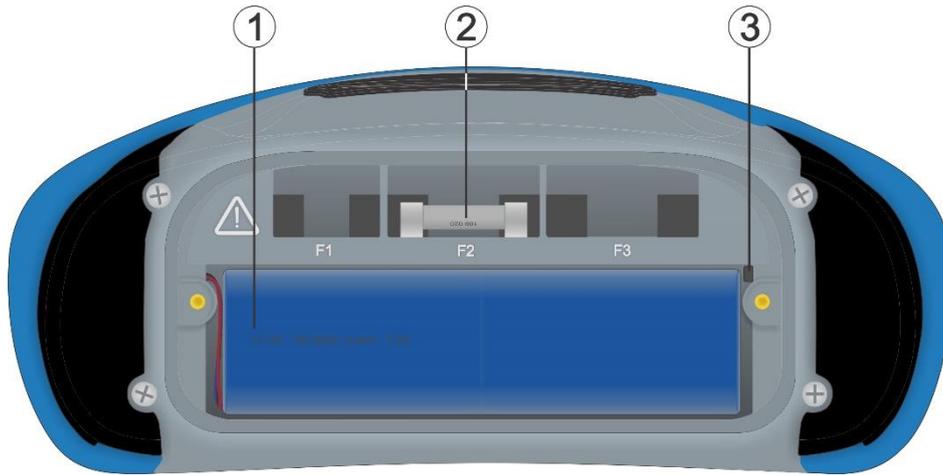
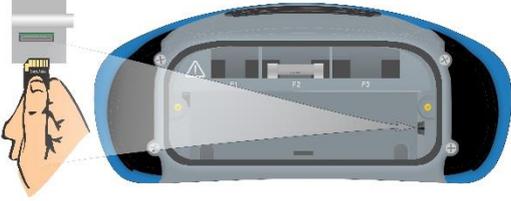


Abbildung 4.4: Batterie- und Sicherungsfach

1	Lithium-Ionen-Akku	Typ: 4.400 mAh (18650T22A2S2P) Typ: 8.800 mAh (18650T22A2S4P)
2	Sicherung F2	FF 2 A/1.000 V (Schaltleistung 50 kA)
3	SD-Karten-Steckplatz	

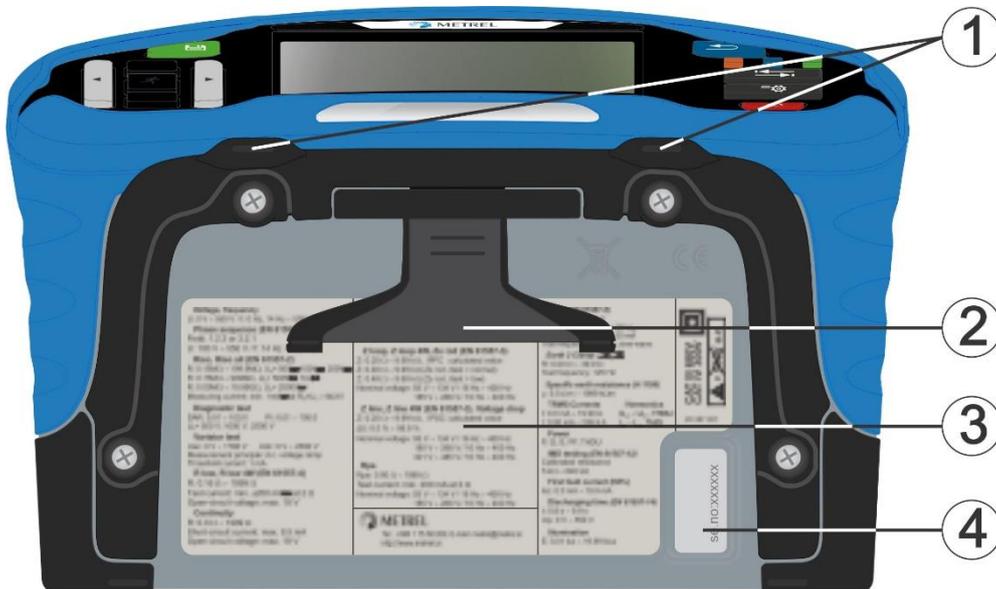


Abbildung 4.5: Untersicht

1	Tragegurthalterungen
2	Tisch-Ständer
3	Infoschild unten
4	Seriennummernschild

4.3.1 Sicheres Anbringen des Tragriemens

Sie können zwischen zwei Methoden auswählen:

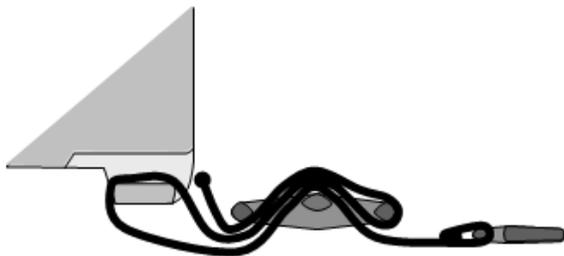


Abbildung 4.6: Erste Methode

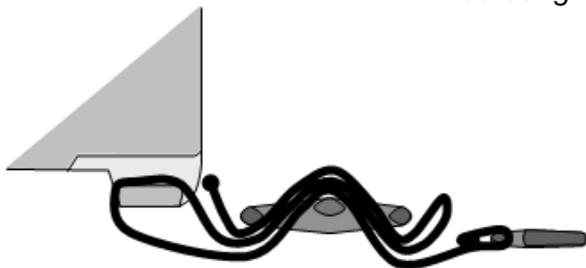


Abbildung 4.7: Alternative Methode

Prüfen Sie die Anbringung in regelmäßigen Abständen.

5 Zubehör

Das Zubehör umfasst Standard- und optionales Zubehör. Das optionales Zubehör ist auf Anfrage erhältlich. Siehe die Liste für Standardkonfiguration und Optionen in der *Anlage*, oder wenden Sie sich an Ihren Händler oder besuchen Sie die METREL-Homepage: <https://www.metrel.si>.

Das Testgerät MI 3288 ist in mehreren Sets und verschiedenen Kombinationen von Zubehör und Messfunktionen erhältlich. Die Funktionen eines vorhandenen Sets können mit zusätzlichem Zubehör erweitert werden.

5.1 Standard-Satz

- Gerät MI 3288
- Weiche Tragetasche und Set von Tragriemen
- 2,5-kV-Prüfleitung, 2x 1,5 m (A 1687)
- Prüfleitung 1,5 m, 1 Stück (grün)
- Prüfleitung 4 x 1 m (A 1721)
- Test-Prüfspitze, 2 Stück (schwarz, rot)
- Erdungsprüfung, 4-adrig
- Krokodilklemmen, 4 Stück (schwarz, blau, grün, rot)
- USB-Kabel
- Lithium-Ionen-Akku, 7,2 V, 4.400 mAh (Typ: 18650T22A2S2P)
- Netzadapter 12 V, 3 A (Typ: CGSW-1203000)
- PC-SW Metrel ES Manager
- Bedienungsanleitung
- Kalibrierungszertifikat

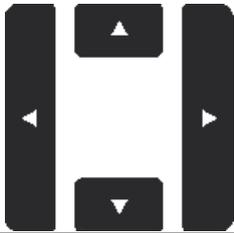
5.2 Optionales Zubehör

Auf dem beigefügten Blatt finden Sie eine Liste von optionalem Zubehör und Lizenzschlüsseln, die auf Anfrage bei Ihrem Händler erhältlich sind.

6 Bedienung des Geräts

Das MI 3288 kann über das Tastenfeld oder den Touchscreen bedient werden.

6.1 Allgemeine Bedeutung der Tasten



Mit den Mauszeigertasten können Sie:

- die entsprechende Option auswählen.



Mit der Run-Taste können Sie:

- die ausgewählte Option bestätigen;
- die Messungen starten und beenden;



Mit der Escape-Taste können Sie:

- ohne Änderungen zum vorherigen Menü wechseln;
- Messungen abbrechen.



Mit der Optionstaste können Sie:

- die Spalte im Bedienfeld erweitern.



Mit der Speichertaste können Sie:

- Testergebnisse speichern.



Die Auto Sequences®-Taste wird verwendet als:

- Verknüpfung zum Öffnen des Auto Sequences®-Menüs.



Die Einzeltest-Taste wird verwendet als:

- Verknüpfung zum Öffnen des Einzeltestmenüs.



Die Speicherverwaltungstaste wird verwendet als:

- Verknüpfung zum Öffnen des Speicherverwaltungsmenüs.



Mit der Taste „Allgemeine Einstellungen“ können Sie:

- das Menü „Allgemeine Einstellungen“ öffnen.



Mit der Netztaste können Sie:

- das Gerät ein- und ausschalten;
- das Gerät ausschalten, indem Sie die Taste fünf Sekunden lang gedrückt halten.

6.2 Allgemeine Bedeutung der Touch-Gesten



Durch Tippen (kurzes Berühren der Oberfläche mit der Fingerspitze) können Sie:

- die entsprechende Option auswählen;
- die ausgewählte Option bestätigen;
- die Messungen starten und beenden.



Durch Streichen (Drücken, Bewegen, Anheben) nach oben/unten können Sie:

- durch die Inhalte einer Ebene scrollen;
- zwischen Ansichten in derselben Ebene navigieren.



Gedrückt halten

Durch langes Drücken (Berühren der Oberfläche mit der Fingerspitze für mindestens eine Sekunde) können Sie:

- zusätzliche Tasten auswählen (virtuelle Tastatur);
- Tests oder Messungen mit dem Kreuz-Auswahlsymbol auswählen.



Durch Tippen auf das Escape-Symbol können Sie:

- ohne Änderungen zum vorherigen Menü wechseln;
- Messungen abbrechen.

6.3 Virtuelle Tastatur



Abbildung 6.1: Virtuelle Tastatur

shift

Umschalten zwischen Klein- und Großschreibung.
Nur aktiv, wenn das Tastaturlayout für alphabetische Zeichen ausgewählt wurde.



Rücktaste
Löscht das letzte Zeichen oder alle ausgewählten Zeichen.
(Wenn Sie die Taste zwei Sekunden lang drücken, werden alle Zeichen ausgewählt).



Mit der Eingabetaste wird der neue Text bestätigt.

12#

Aktiviert das Ziffern-/Symbol-Layout.

ABC

Aktiviert alphabetische Zeichen.

eng

Englisches Tastaturlayout.

GR

Griechisches Tastaturlayout.

RU

Russisches Tastaturlayout.



Keht ohne Änderungen zum vorherigen Menü zurück.

6.4 Anzeige und Ton

6.4.1 Akku- und Zeitanzeigen

Die Akku-Anzeige gibt den Ladezustand des Akkus und das Anschließen eines externen Ladegeräts an.



Akku-Kapazitätsanzeige.



Schwacher Ladezustand. Tauschen Sie die Akkus aus.



Akku ist vollständig aufgeladen.



Akku-Fehleranzeige.



Ladevorgang läuft (wenn der Netzadapter angeschlossen und der Akku eingesetzt ist).

08:26

Zeitanzeige (hh:mm).

6.4.2 Meldungen

Im Meldungsfield werden Warnungen und Meldungen angezeigt.



Die Bedingungen an den Eingängen ermöglichen einen Start der Messung; berücksichtigen Sie weitere angezeigte Warnungen und Meldungen.



Die Bedingungen an den Eingängen ermöglichen keinen Start der Messung; berücksichtigen Sie die angezeigten Warnungen und Meldungen.



Wechselt zum nächsten Schritt.



Wiederholt die Messung.
Das angezeigte Ergebnis des Einzeltests wird nicht gespeichert.



Beenden Sie die Messung.



Die Ergebnisse können gespeichert werden.



Fügen Sie Kommentar hinzu, oder zeigen Sie diesen an.

	Öffnet das Menü zum Ändern von Parametern und Grenzwerten.
	Öffnet das Hilfe-Fenster.
	Zeigt die Messergebnisse an.
	Startet die Kompensation der Messleitungen für Messungen mit dem Ω -Messgerät (200 mA und 7 mA).
	Suchen in der Speicherverwaltung/im Auto Sequences®-Menü
	Bestanden-Ticker für Sichtprüfung.
	Fehlgeschlagen-Ticker für Sichtprüfung.
	Ticker für Sichtprüfung löschen.
	Geprüft-Ticker für Sichtprüfung.
	Erweitert das Bedienfeld/öffnet weitere Optionen.
	Warnung! An den Testanschlüssen liegt Hochspannung an. Grenzwert [>50 Vrms an den Testanschlüssen].
	Der Messbereich des Geräts wurde überschritten. Die Messung wird weder gestartet noch angezeigt!
	Beim Messen wurde starkes elektrisches Rauschen festgestellt. Die Messergebnisse sind möglicherweise beeinträchtigt. Grenzwert [die Rauschfrequenz liegt in der Nähe (± 10 %) an der Testfrequenz].
	Messung läuft, beachten Sie die angezeigten Warnungen.
	Hohe Erdungsimpedanz der Prüfspitzen. <i>Siehe Kapitel 15.8 Einfluss der Hilfselektroden.</i>
	Hohe Impedanz der Stromprüfspitze Rc. <i>Siehe Kapitel 15.8 Einfluss der Hilfselektroden.</i>
	Hohe Impedanz der Stromprüfspitze Rp. <i>Siehe Kapitel 15.8 Einfluss der Hilfselektroden.</i>

	Der Prüflitungswiderstand für Messungen mit dem Ω -Messgerät (200 mA und 7 mA) wird nicht kompensiert. <i>Grenzwert [Leitungskompensation <5 Ω].</i>
	Der Prüflitungswiderstand für Messungen mit dem Ω -Messgerät (200 mA und 7 mA) wird kompensiert.
	Sicherung 2 ist kaputt.
	Niedriger Prüfstrom durch Eisen- oder flexible Zangen. Die Messergebnisse sind möglicherweise beeinträchtigt. <i>Siehe Kapitel 15.9 Einfluss eines geringen Prüfstroms durch die Zangen.</i>
	Die Anschlüsse H(C1), S(P1), ES(P2) oder E(C2) sind nicht an das Gerät angeschlossen oder es wurde ein zu hoher Widerstand erkannt.

Grenzwert

Mit dem unteren Grenzwert kann der Benutzer den Grenzwert für den Widerstand, den Strom oder die Spannung einstellen. Die Messwerte für Widerstand, Strom oder Spannung werden mit dem Grenzwert verglichen. Das Ergebnis wird nur validiert, wenn es innerhalb des angegebenen Grenzwerts liegt. Der Grenzwert wird im Testparameterfenster angezeigt.

Meldungsfenster:

	Das Messergebnis liegt innerhalb der voreingestellten Grenzwerte (PASS).
	Das Messergebnis liegt außerhalb der voreingestellten Grenzwerte (FAIL).
	Die Messung wird abgebrochen. Beachten Sie die angezeigten Warnungen und Meldungen.

Hinweis:

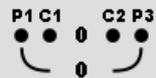
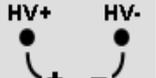
- Die **BESTANDEN/FEHLGESCHLAGEN**-Anzeige wird aktiviert, wenn der Grenzwert eingestellt wurde.

6.4.3 Akustische Hinweise

Durchgehender Ton	Der bei der Messung mit dem Ω -Messgerät (7 mA) gemessene Stromwert beträgt mindestens 5,0 mA.
-------------------	---

6.4.4 Anschlussspannungsfenster

Im Anschlussspannungsfenster wird die aktuelle Spannung der Testanschlüsse angezeigt.

	Anzeige der 4-Leiter-Testanschlüsse bei Erdungs-, spezifischen und Potenzialmessungen.
	Anzeige der 4-Leiter-Testanschlüsse bei DC-Widerstandsmessungen (R200, $\mu\Omega$).
	Anzeige der 2-Leiter-Testanschlüsse bei Isolierungswiderstands- (ISO, Var), 2-Leiter-Gleichstromwiderstands- (R200, R7) und Spannungsmessungen.

Anzeigebereich des Anschlussspannungsfensters:

HV+ - HV- 0 V ... >1 kV
 C1(H) - C2(E) 0 V ... >1 kV
 P1(S) - P2(ES) 0 V ... >70 V
 Isolierungsmessungsgruppe (Riso)
 HV+ - HV- 0 V ... >2999 kV

6.4.5 Bluetooth



Bluetooth-Kommunikation nicht aktiv.



Bluetooth-Kommunikation aktiv.

6.4.6 Hilfe-Fenster



Öffnet das Hilfe-Fenster.

Für alle Funktionen sind Hilfemenüs verfügbar. Das Hilfemenü enthält schematische Darstellungen, die das ordnungsgemäße Anschließen des Geräts am Prüfobjekt veranschaulichen. Nach Auswahl der gewünschten Messfunktion kann über die HELP-Taste das entsprechende Hilfemenü aufgerufen werden.



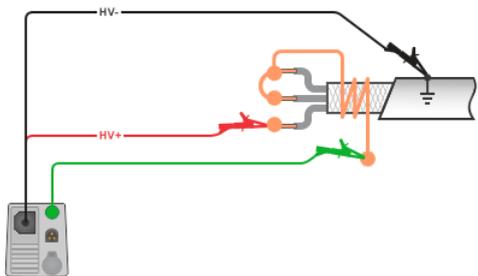
auf

Wählt das vorherige/nächste Hilfe-Fenster aus.

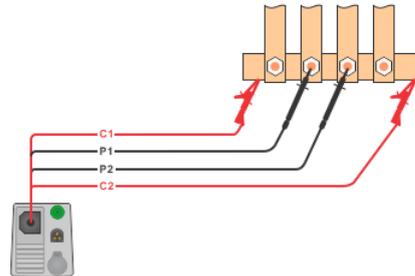


Beendet das Hilfemenü.

HELP 19/23: Diagnostic test 1/2 04:38



HELP 9/23: $\mu\Omega$ 2/2 04:43



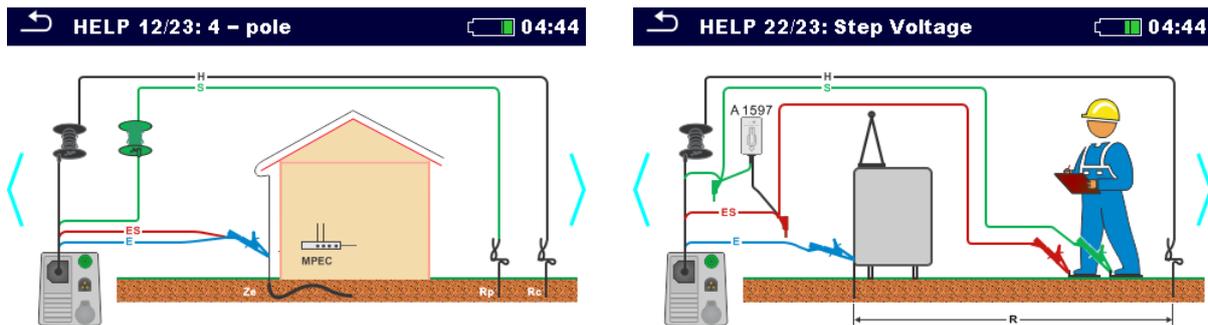


Abbildung 6.2: Beispiele für die Hilfe-Fenster

7 Hauptmenü

7.1 Hauptmenü des Geräts

Im Hauptmenü können verschiedene Hauptbetriebsmenüs ausgewählt werden.

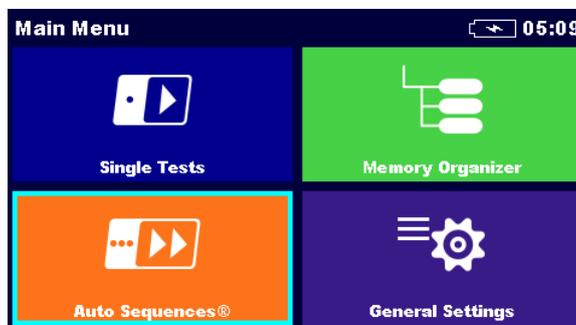


Abbildung 7.1: Hauptmenü

Optionen im Hauptmenü



Einzeltests

Menü mit Einzeltests, weitere Informationen finden Sie in Kapitel **11 Tests und Messungen**.



Auto Sequences®

Menü mit benutzerdefinierten Testsequenzen, weitere Informationen finden Sie in Kapitel **12 Auto Sequences®**.



Speicherverwaltung

Menü für das Arbeiten mit und das Dokumentieren von Testdaten, weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9 Speicherverwaltung**.



Allgemeine Einstellungen

Menü zum Einrichten des Geräts, weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8 Allgemeine Einstellungen**.

8 Allgemeine Einstellungen

Im Menü „Allgemeine Einstellungen“ können die allgemeinen Parameter und Einstellungen des Geräts angezeigt oder eingestellt werden.



Abbildung 8.1: Menü „Allgemeine Einstellungen“

Optionen im Menü „Allgemeine Einstellungen“:



Sprache

Sprachauswahl für das Gerät. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.1 Sprache**.



Energie sparen

Helligkeit des LCDs, Aktivieren/Deaktivieren der Bluetooth-Kommunikation. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.2 Energie sparen**.



Datum/Uhrzeit

Datum und Uhrzeit des Geräts. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.3 Datum und Uhrzeit**.



Arbeitsbereichsverwaltung

Bearbeiten von Projektdateien. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.10 Arbeitsbereichsverwaltung**.



Auto Sequence®-Gruppen

Bearbeiten von Auto Sequence®-Listen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.9 Auto Sequence®-Gruppen**.



Benutzerkonten

Einstellungen für Benutzerkonten. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.11 Benutzerkonten**.



Geräteprofil

Auswahl der verfügbaren Geräteprofile. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.4 Geräteprofil**.



Einstellungen

Einstellungen für verschiedene System- und Messparameter. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.5 Einstellungen**.



Bluetooth-Initialisierung

Bluetooth-Einstellungen zurücksetzen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.6 Bluetooth-Initialisierung**.

Grundeinstellungen

Werkzeugeinstellungen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.6 Bluetooth-Initialisierung**

In diesem Menü wird das Bluetooth-Modul zurückgesetzt.

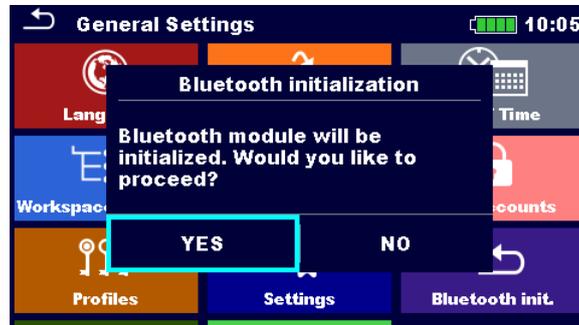


Abbildung 8.7: Menü Bluetooth-Initialisierung

Grundeinstellungen.



Info

Angaben zu dem Gerät. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.8 Info**.

8.1 Sprache

In diesem Menü kann die Sprache des Geräts eingestellt werden.



Abbildung 8.2: Sprachmenü

8.2 Energie sparen

In diesem Menü können verschiedene Optionen zum Senken des Energieverbrauchs eingestellt werden.



Abbildung 8.3: Menü „Energie sparen“

Helligkeit	Einstellen der LCD-Helligkeitsstufe.
LCD-Ausschaltzeit	Einstellung für das Abschalten des LCDs nach dem festgelegten Zeitraum. Das LCD wird durch Drücken einer beliebigen Taste oder durch Berühren des LCD eingeschaltet.
Bluetooth	Immer aktiviert: Das Bluetooth-Modul ist bereit für die Kommunikation. Ruhezustand: Das Bluetooth-Modul befindet sich im Ruhemodus und ist nicht funktionsfähig.

8.3 Datum und Uhrzeit

In diesem Menü können Datum und Uhrzeit des Geräts eingestellt werden.



Abbildung 8.4: Einstellen von Datum und Uhrzeit

8.4 Geräteprofil

In diesem Menü kann das Geräteprofil unter den verfügbaren Profilen ausgewählt werden.

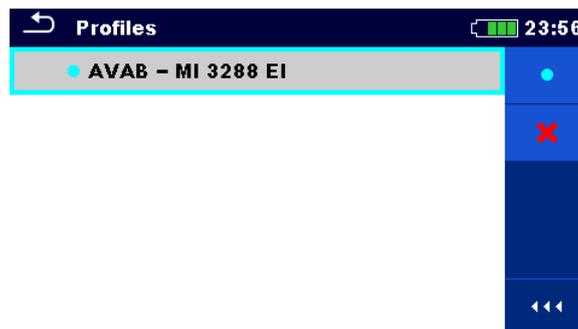


Abbildung 8.5: Menü „Geräteprofil“

Für das Gerät werden abhängig vom jeweiligen Arbeitsbereich oder Land verschiedene System- und Messeinstellungen verwendet. Die jeweiligen Einstellungen werden in Geräteprofilen gespeichert.

In der Standardeinstellung ist für jedes Gerät mindestens ein Profil aktiviert. Um den Geräten weitere Profile hinzuzufügen, müssen entsprechende Lizenzschlüssel erworben werden.

Optionen



Lädt das ausgewählte Profil. Das Gerät startet automatisch neu, um ein neues Profil zu laden.



Löscht das ausgewählte Profil.



Vor dem Löschen des ausgewählten Profils wird der Benutzer um eine Bestätigung gebeten.



Erweitert das Bedienfeld/öffnet weitere Optionen.

8.5 Einstellungen

In diesem Menü können verschiedene allgemeine Parameter eingestellt werden.

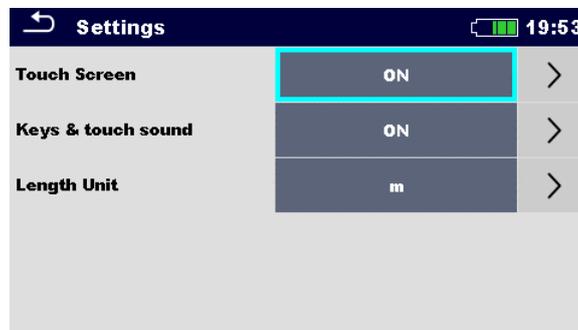


Abbildung 8.6: Einstellungsmenü

	Verfügbare Auswahloptionen	Beschreibung
Touchscreen	[EIN, AUS]	Aktiviert/deaktiviert die Touchscreen-Bedienung.
Tasten- und Touch-Töne	[EIN, AUS]	Aktiviert/deaktiviert den Ton beim Verwenden der Tasten und des Touchscreens.
Längeneinheit	[m, ft]	Längeneinheit für bestimmte Erdungswiderstands- und Potenzialmessungen.

8.6 Bluetooth-Initialisierung

In diesem Menü wird das Bluetooth-Modul zurückgesetzt.

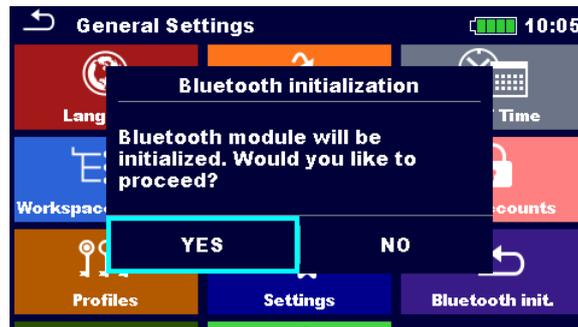


Abbildung 8.7: Menü Bluetooth-Initialisierung

8.7 Grundeinstellungen

In diesem Menü können die Geräteeinstellungen, Messparameter und Grenzwerte auf die ursprünglichen (Werks-)Werte gesetzt werden.

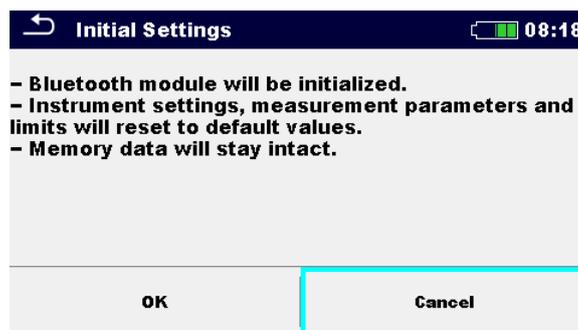


Abbildung 8.8: Werkseinstellungs-Menü

Warnung:

Die folgenden benutzerdefinierten Einstellungen gehen verloren, wenn Sie die Geräte auf die Grundeinstellungen zurücksetzen:

- Messgrenzen und Parameter.
- Parameter und Einstellungen im Menü „Allgemeine Einstellungen“.
- Beim Übernehmen der Grundeinstellungen wird das Gerät neu gestartet.

Hinweise:

Die folgenden benutzerdefinierten Einstellungen bleiben erhalten:

- Profileinstellungen.
- Daten im Speicher.

8.8 Info

In diesem Menü können die Gerätedaten (Name, Seriennummer, Firmware- (FW) und Hardware- (HW) Version, FW-Profil, Hardware-Dokumentationsversion (HD), sowie das Datum der Kalibrierung) eingesehen werden.

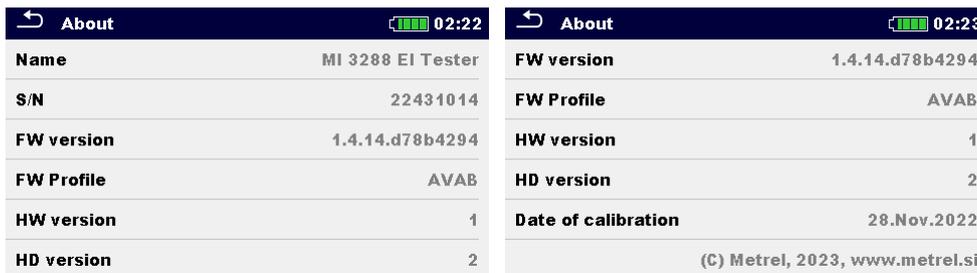


Abbildung 8.9: Bildschirm mit den Geräteinformationen

8.9 Auto Sequence®-Gruppen

Die Auto Sequences® können auf dem MI 3288 Auto Sequences®-Listen organisiert werden. In den Listen werden Gruppen ähnlicher Auto Sequences® gespeichert. Das Menü für die Auto Sequence®-Gruppen ist für das Verwalten verschiedener Listen von Auto Sequences® vorgesehen, die auf der microSD-Karte gespeichert wurden.

8.9.1 Auto Sequence®-Gruppenmenü

Im Auto Sequence®-Gruppenmenü werden Listen von Auto Sequences® angezeigt. Es kann jeweils nur eine Liste auf dem Gerät geöffnet werden. Die im Auto Sequence®-Gruppenmenü ausgewählte Liste wird im Auto Sequence®-Hauptmenü geöffnet.

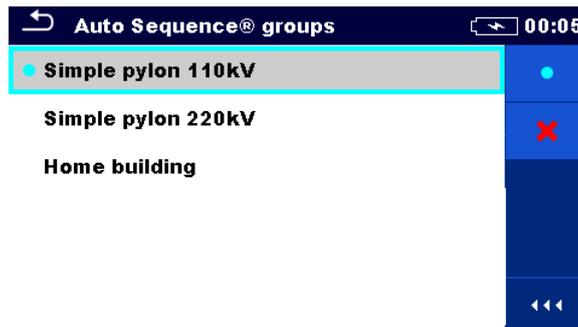


Abbildung 8.10: Auto Sequence®-Gruppenmenü

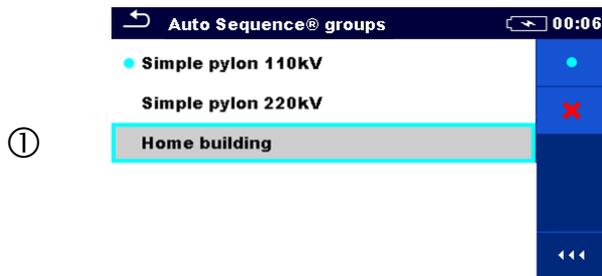
8.9.2 Vorgänge im Auto Sequence®-Gruppenmenü

Optionen

	Öffnet die ausgewählte Auto Sequence®-Liste. Die zuvor ausgewählte Auto Sequence®-Liste wird automatisch geschlossen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 8.9.3 Auswählen einer Auto Sequence®-Liste .
	Löscht die ausgewählte Auto Sequence®-Liste. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 8.9.4 Löschen einer Auto Sequence®-Liste .
	Öffnet die Optionen im Bedienfeld/erweitert die Spalte.

8.9.3 Auswählen einer Auto Sequence®-Liste

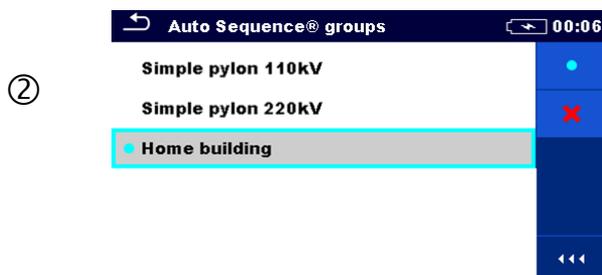
Vorgehensweise



Die Auto Sequence®-Liste kann im Auto Sequence®-Gruppenmenü ausgewählt werden.



Wechselt zur Listen-Auswahloption.

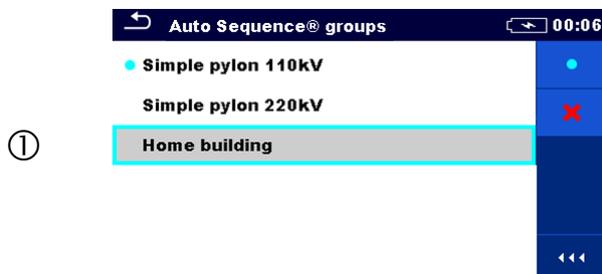


Die ausgewählte Auto Sequence®-Liste wird mit einem blauen Punkt markiert.

Hinweis:
Die zuvor ausgewählte Auto Sequence®-Liste wird automatisch geschlossen.

8.9.4 Löschen einer Auto Sequence®-Liste

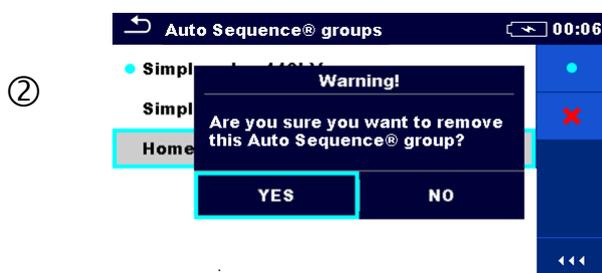
Vorgehensweise



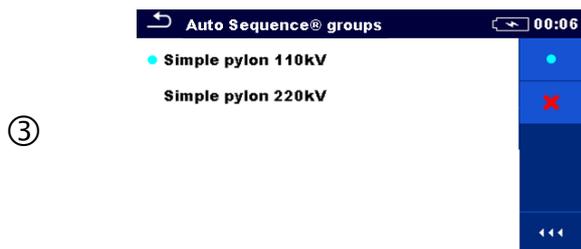
Die Liste der zu löschenden Auto Sequences® kann im Auto Sequence®-Gruppenmenü ausgewählt werden.



Wechselt zur Listen-Löschoption.



Vor dem Löschen der ausgewählten Auto Sequence®-Liste wird der Benutzer um eine Bestätigung gebeten.



Die Auto Sequence-Liste wird gelöscht.

8.10 Arbeitsbereichsverwaltung

Die Arbeitsbereichsverwaltung ist für das Verwalten der verschiedenen Arbeitsbereiche und Exporte vorgesehen, die im internen Datenspeicher gespeichert wurden.

8.10.1 Arbeitsbereiche und Exporte

Die Aufgaben für das MI 3288 können mithilfe von Arbeitsbereichen und Exporten organisiert und strukturiert werden. Die Exporte und Arbeitsbereiche umfassen alle relevanten Daten (Messungen, Parameter, Grenzwerte, Strukturobjekte) der jeweiligen Aufgabe.

Die Arbeitsbereiche werden im internen Datenspeicher im Verzeichnis WORKSPACES und die Exporte im Verzeichnis EXPORTS gespeichert. Die Exportdateien können von Metrel-Anwendungen gelesen werden, die auf anderen Geräten ausgeführt werden. Die Exporte eignen sich für das Erstellen von Sicherungskopien wichtiger Projekte. Um auf dem Gerät zu funktionieren, muss ein Export zunächst aus der Liste der Exporte importiert und in einen Arbeitsbereich umgewandelt werden. Um einen Arbeitsbereich als Exportdaten zu speichern, muss er zunächst aus der Liste der Arbeitsbereiche exportiert und in einen Export umgewandelt werden.

8.10.2 Hauptmenü der Arbeitsbereichsverwaltung

In der Arbeitsbereichsverwaltung werden Arbeitsbereiche und Exporte in zwei getrennten Listen angezeigt.

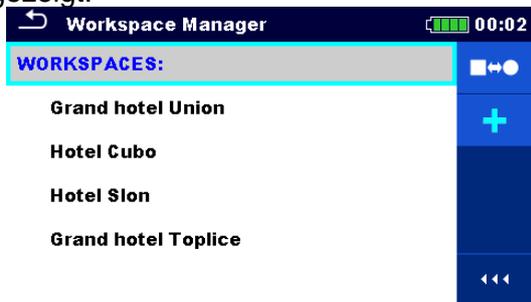


Abbildung 8.11: Menü der Arbeitsbereichsverwaltung

Optionen



Liste der Arbeitsbereiche.



Zeigt eine Liste der Exporte an.



Fügt einen neuen Arbeitsbereich hinzu. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.10.5 Hinzufügen eines neuen Arbeitsbereichs**.



Liste der Exporte.



Zeigt eine Liste der Arbeitsbereiche an.

8.10.3 Vorgänge mit Arbeitsbereichen

Es kann jeweils nur ein Arbeitsbereich auf dem Gerät geöffnet werden. Der in der Arbeitsbereichsverwaltung ausgewählte Arbeitsbereich wird in der Speicherverwaltung geöffnet.



Abbildung 8.12: Arbeitsbereichsmenü

Optionen



Markiert den geöffneten Arbeitsbereich in der Speicherverwaltung.
Öffnet den ausgewählten Arbeitsbereich in der Speicherverwaltung.
Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.10.6 Öffnen eines Arbeitsbereichs**.



Löscht den ausgewählten Arbeitsbereich.
Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.10.7 Löschen/Exportieren eines Arbeitsbereichs**.



Fügt einen neuen Arbeitsbereich hinzu.
Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.10.5 Hinzufügen eines neuen Arbeitsbereichs**.



Exportiert einen Arbeitsbereich als Export.
Weitere Informationen finden Sie in **8.10.9 Exportieren eines Arbeitsbereichs**.

8.10.4 Vorgänge mit Exporten



Abbildung 8.13: Exportmenü der Arbeitsbereichsverwaltung

Optionen



Löscht den ausgewählten Export.
Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.10.7 Löschen/Exportieren eines Arbeitsbereichs**.



Importiert einen neuen Arbeitsbereich aus dem Export.
Weitere Informationen finden Sie in **8.10.8 Importieren eines Arbeitsbereichs**.

8.10.5 Hinzufügen eines neuen Arbeitsbereichs

Vorgehensweise

①

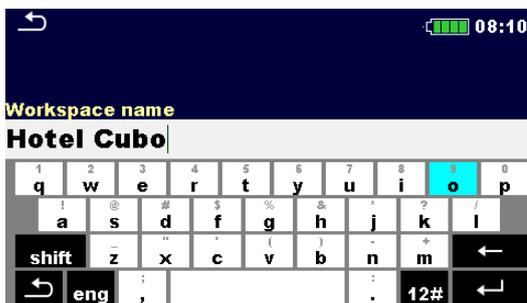


Neue Arbeitsbereiche können über das Fenster „Arbeitsbereichsverwaltung“ hinzugefügt werden.



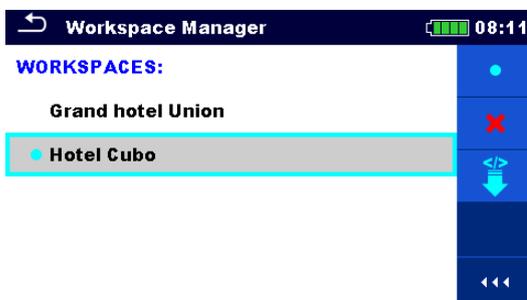
Ruft die Option zum Hinzufügen eines neuen Arbeitsbereichs auf.

②



Wenn Sie „Neu“ auswählen, wird das Tastenfeld zum Eingeben des Namens des neuen Arbeitsbereichs angezeigt.

③



Nach dem Bestätigen wird der Liste im Hauptmenü der Arbeitsbereichsverwaltung ein neuer Arbeitsbereich hinzugefügt.

8.10.6 Öffnen eines Arbeitsbereichs

Vorgehensweise



Der Arbeitsbereich kann aus einer Liste im Fenster „Arbeitsbereichsverwaltung“ ausgewählt werden.



Öffnet einen Arbeitsbereich in der Arbeitsbereichsverwaltung.



Der geöffnete Arbeitsbereich wird mit einem blauen Punkt markiert. Der zuvor geöffnete Arbeitsbereich wird automatisch geschlossen.

8.10.7 Löschen/Exportieren eines Arbeitsbereichs

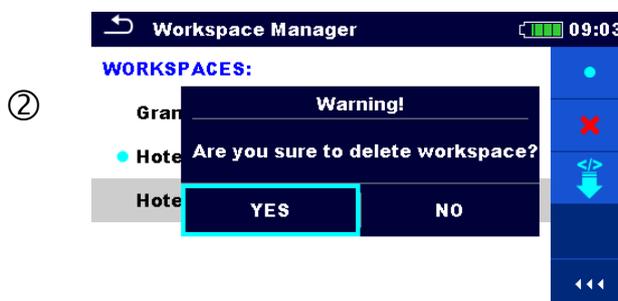
Vorgehensweise



Der zu löschende Arbeitsbereich/Export sollte in der Liste der Arbeitsbereiche/Exporte ausgewählt werden.
Ein geöffneter Arbeitsbereich kann nicht gelöscht werden.



Ruft die Option zum Löschen eines Arbeitsbereichs/Exports auf.



Vor dem Löschen des ausgewählten Arbeitsbereichs/Exports wird der Benutzer um eine Bestätigung gebeten.

③



Der Arbeitsbereich/Export wird aus der Liste der Arbeitsbereiche/Exporte entfernt.

8.10.8 Importieren eines Arbeitsbereichs

①



Wählen Sie in der Exportliste der Arbeitsbereichsverwaltung eine zu importierende Exportdatei aus.



Ruft die Importoption auf.

②



Vor dem Importieren der ausgewählten Datei wird der Benutzer um eine Bestätigung gebeten.

③



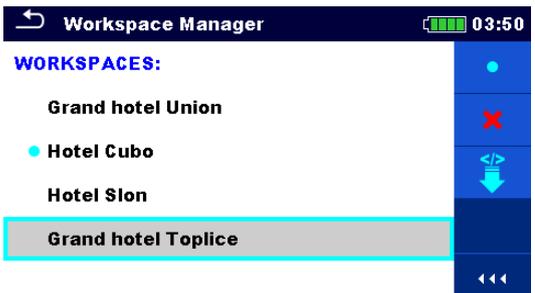
Die importierte Exportdatei wird der Liste der Arbeitsbereiche hinzugefügt.

Hinweis:

- Wenn bereits ein Arbeitsbereich mit demselben Namen vorhanden ist, wird der Name des importierten Arbeitsbereichs geändert (name_001, name_002, name_003...).

8.10.9 Exportieren eines Arbeitsbereichs

①



Wählen Sie in der Liste der Arbeitsbereichsverwaltung den Arbeitsbereich aus, der in eine Exportdatei exportiert werden soll.



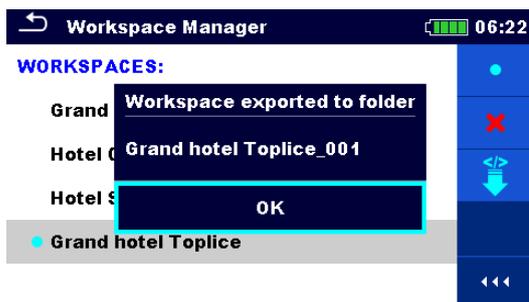
Ruft die Exportoption auf.

②



Vor dem Exportieren des ausgewählten Arbeitsbereichs wird der Benutzer um eine Bestätigung gebeten.

③



Der Arbeitsbereich wird in eine Exportdatei exportiert und zur Liste der Exporte hinzugefügt.

Hinweis:

- Wenn bereits eine Exportdatei mit demselben Namen vorhanden ist, wird der Name der Exportdatei geändert (name_001, name_002, name_003, ...).



8.11 Benutzerkonten

Eine Anmeldungsaufforderung kann verhindern, dass Unbefugte mit dem Gerät arbeiten. In diesem Menü können die Benutzerkonten verwaltet werden:

- Einstellen, ob zum Arbeiten mit dem Gerät eine Anmeldung erforderlich ist oder nicht.
- Hinzufügen und Löschen von neuen Benutzern, Festlegen der Benutzernamen und Kennwörter.

Die Benutzerkonten können vom Administrator verwaltet werden.

Werkseitig eingestelltes Administrator-Kennwort: ADMIN

Es wird empfohlen, das werkseitig eingestellte Administrator-Kennwort im Anschluss an die erstmalige Verwendung zu ändern. Wenn Sie das benutzerdefinierte Kennwort vergessen haben, können Sie das zweite Administrator-Kennwort verwenden. Dieses Kennwort entsperrt stets die Kontoverwaltung und ist im Lieferumfang des Geräts enthalten.

Wenn ein Benutzerkonto eingerichtet wurde und sich der Benutzer angemeldet hat, wird der Name des Benutzers für die einzelnen Messungen im Speicher gespeichert.

Die einzelnen Benutzer können ihre Kennwörter ändern.

8.11.1 Anmelden

Wenn eine Anmeldung erforderlich ist, muss der Benutzer das Kennwort eingeben, um mit dem Gerät arbeiten zu können.

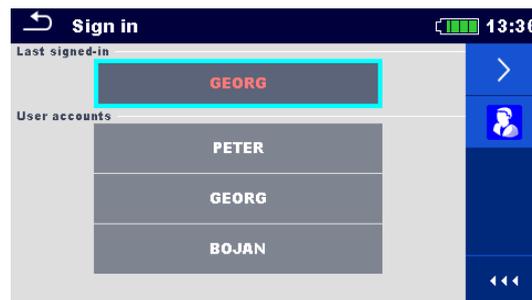
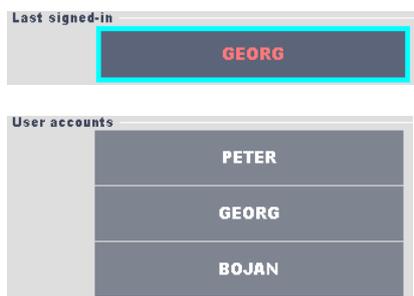


Abbildung 8.14: Anmelde-Menü

Optionen

Benutzeranmeldung

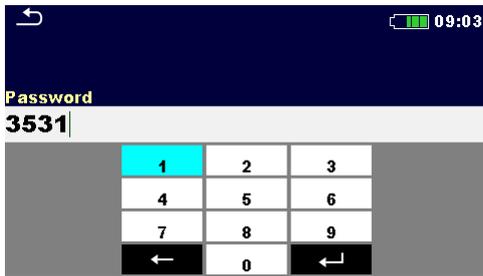


Zunächst sollte der Benutzer ausgewählt werden.

Der zuletzt verwendete Benutzer wird in der ersten Zeile angezeigt.



Melden Sie sich mit dem ausgewählten Benutzernamen an.



Geben Sie das Kennwort ein, und bestätigen Sie dieses.

Das Benutzerkennwort besteht aus einer bis zu vierstelligen Zahl.

Administrator-Anmeldung



Wählen Sie in den Menüs „Anmelden“ oder „Benutzerprofil“ „Kontoverwaltung“ aus, um zum Kontoverwaltungsmenü zu wechseln.



Zunächst muss das Kontoverwaltungskennwort eingegeben und bestätigt werden.

Das Administrator-Kennwort besteht aus Buchstaben und/oder Zahlen. Bei Buchstaben muss auf die Groß- und Kleinschreibung geachtet werden.

Das Standardkennwort lautet ADMIN.

8.11.2 Ändern des Benutzerkennworts, Abmelden



Abbildung 8.15: Benutzerprofil-Menü

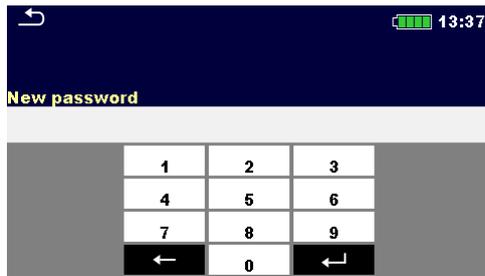
Optionen



Meldet den eingestellten Benutzer ab.



Wechselt zum Verfahren für das Ändern des Benutzerkennworts.



Die Benutzer können ihre Kennwörter ändern. Zunächst muss das aktuelle Kennwort und anschließend das neue Kennwort eingegeben werden.



Wechselt zum Kontoverwaltungsmenü.

8.11.3 Verwalten von Konten

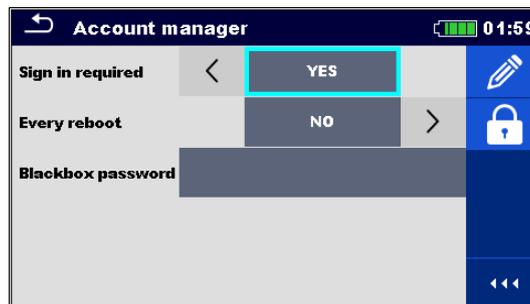
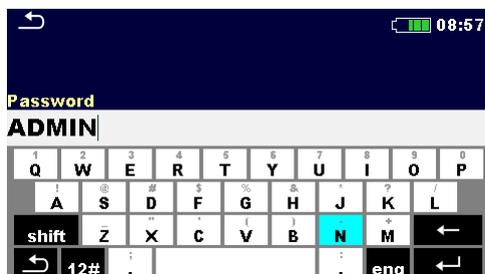


Abbildung 8.16: Kontoverwaltungsmenü

Optionen



Wählen Sie in den Menüs „Anmelden“ oder „Benutzerprofil“ „Kontoverwaltung“ aus, um zum Kontoverwaltungsmenü zu wechseln.



Zunächst muss das Kontoverwaltungskennwort eingegeben und bestätigt werden.

Das Standardkennwort lautet ADMIN.

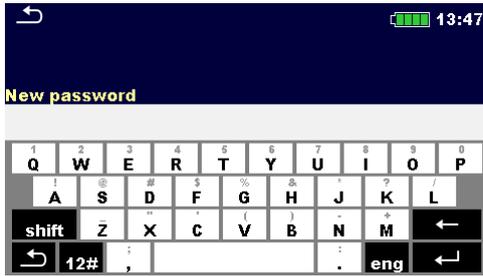


Feld, in dem eingestellt wird, ob eine Anmeldung erforderlich ist, um mit dem Gerät zu arbeiten.

Feld, in dem eingestellt wird, ob die Anmeldung einmalig oder bei jedem Einschalten des Geräts erforderlich ist.



Wechselt zum Verfahren für das Ändern des Kontoverwaltungs-(Administrator)-Kennworts.



Zum Ändern des Kennworts müssen das aktuelle und das neue Kennwort eingegeben und bestätigt werden.



Ruft das Menü zum Bearbeiten von Benutzerkonten auf.

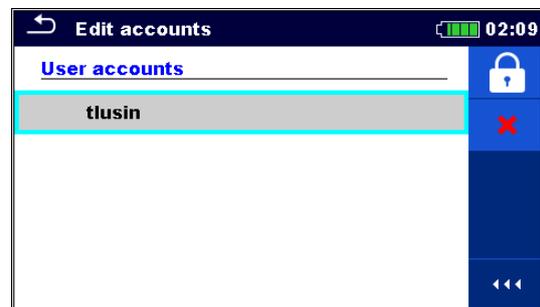
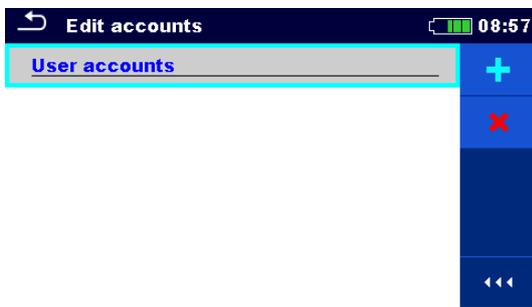
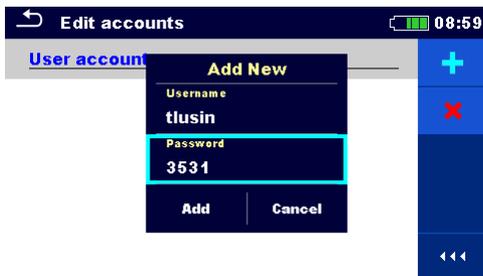


Abbildung 8.17: Menü zum Bearbeiten von Konten

Optionen



Öffnet das Fenster zum Hinzufügen eines neuen Benutzers.

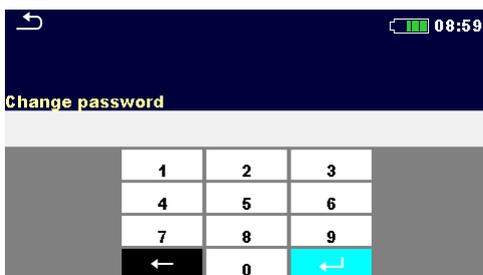


Im Fenster „Neu hinzufügen“ werden der Name und das ursprüngliche Kennwort des neuen Benutzerkontos festgelegt.

Mit „Hinzufügen“ werden die neuen Benutzerdaten bestätigt.



Ändert das Kennwort des ausgewählten Benutzerkontos.



Löscht alle Benutzerkonten. Löscht das ausgewählte Benutzerkonto.

8.11.4 Einrichten eines Black-Box-Kennworts

Das Black-Box-Kennwort kann vom Administrator im Menü „Kontoverwaltung“ festgelegt werden. Das eingestellte Black-Box-Kennwort ist für alle Benutzer gültig. Standardmäßig ist das Black-Box-Kennwort leer (deaktiviert).

Optionen

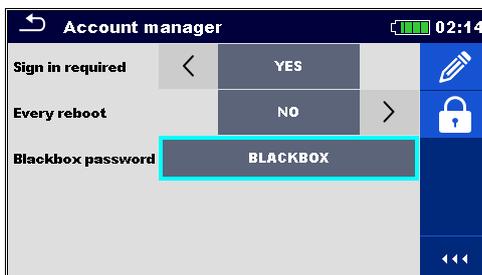


Black-Box-Kennwort hinzufügen oder bearbeiten. Eingabe zum Ändern.



Die Tastatur zum Eingeben eines neuen Black-Box-Kennworts wird geöffnet. Leere Zeichenfolgen deaktivieren das Kennwort.

Eingabe bestätigen.



Das Black-Box-Kennwort wurde geändert.

9 Speicherverwaltung

In der Speicherverwaltung können Testdaten gespeichert und bearbeitet werden.

9.1 Speicherverwaltungsmenü

Das EI-Testgerät verfügt über eine mehrstufige Struktur. Die Hierarchie der Speicherverwaltung finden Sie in **Abbildung 9.1**. Die Daten werden anhand von Projekt, Objekt (Gebäude, Kraftwerk, Umspannwerk, Sendemast, ...) und Prüfling (Blitzableiter, Erdungsstab, Transformator, Gitter, Zaun, ...) organisiert. Weitere Information finden Sie in Kapitel **Anhang A – Strukturobjekte**.

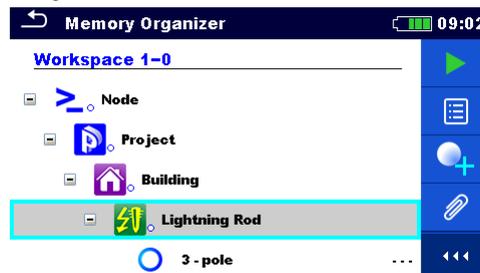


Abbildung 9.1: Standard-Baumstruktur und ihre Hierarchie

9.1.1 Messzustände

Jede Messung verfügt über:

- einen Status (Bestanden, Fehlgeschlagen oder kein Status),
- einen Namen,
- Ergebnisse,
- Grenzwerte und Parameter.

Bei einer Messung kann es sich um einen Einzeltest oder eine Auto Sequence® handeln. Weitere Information finden Sie in den Kapiteln **11 Tests und Messungen** und **12 Auto Sequences®**.

Zustände von Einzeltests

- Bestandene Einzeltests mit Testergebnissen

- Fehlgeschlagene Einzeltests mit Testergebnissen

- Beendeter Einzeltest mit Testergebnissen und ohne Status

- Leerer Einzeltest ohne Testergebnisse

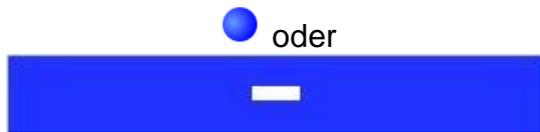
Gesamtzustände von Auto Sequences®



mindestens ein Einzeltest der Auto Sequence® wurde bestanden, und kein Einzeltest ist fehlgeschlagen



mindestens ein Einzeltest der Auto Sequence® ist fehlgeschlagen.



es wurde mindestens ein Einzeltest DER Auto Sequence® durchgeführt, und es gab keine weiteren bestandenen oder fehlgeschlagenen Einzeltests.



leere Auto Sequence® mit leeren Einzeltests

9.1.2 Strukturelemente

Jedes Strukturelement verfügt über:

- ein Symbol
- einen Namen und
- Parameter.

Optional kann sie verfügen über:

- einen Hinweis auf den Status der Messungen unter der Struktur sowie einen Kommentar oder eine angehängte Datei.



Abbildung 9.2: Strukturprojekt in der Baumstruktur

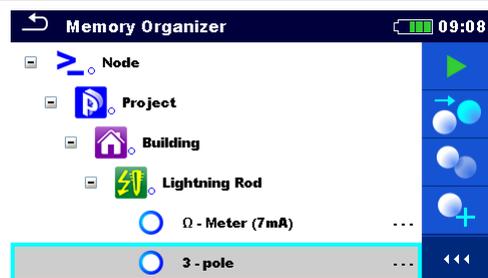
9.1.3 Anzeige des Messstatus unter dem Strukturelement

Der Gesamtstatus der Messungen unter den einzelnen Strukturelementen/-unterelementen kann ohne ein Erweitern der Baumstruktur angezeigt werden. Diese Funktion ist nützlich für das schnelle Bewerten des Teststatus sowie als Richtschnur für Messungen.

Optionen



Unter dem ausgewählten Strukturelement liegen keine Messergebnisse vor. Es sollten Messungen vorgenommen werden.

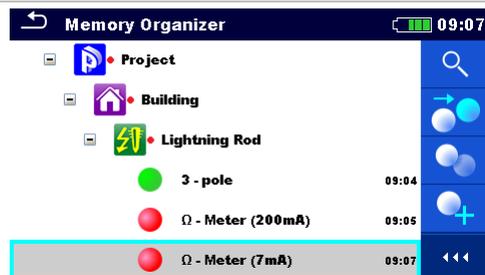


Mindestens eines der Messergebnisse unter dem ausgewählten Strukturelement ist fehlgeschlagen. Es wurden noch nicht alle Messungen unter dem ausgewählten Strukturelement vorgenommen.





Alle Messungen unter dem ausgewählten Strukturelement wurden abgeschlossen, es ist jedoch mindestens ein Messergebnis fehlgeschlagen.



Hinweis:

- Es wird kein Status angezeigt, wenn alle Messergebnisse unter den einzelnen Strukturelementen/-unterelementen bestanden wurden, oder wenn ein leeres Strukturelement/-unterelement (ohne Messungen) vorhanden ist.

9.1.4 Vorgänge im Baumstrukturmenü

In der Speicherverwaltung können mithilfe des Bedienfelds auf der rechten Seite des Displays verschiedene Aktionen durchgeführt werden. Welche Aktionen möglich sind, ist abhängig vom in der Verwaltung ausgewählten Element.

9.1.4.1 Vorgänge für Messungen (abgeschlossene oder Leermessungen)

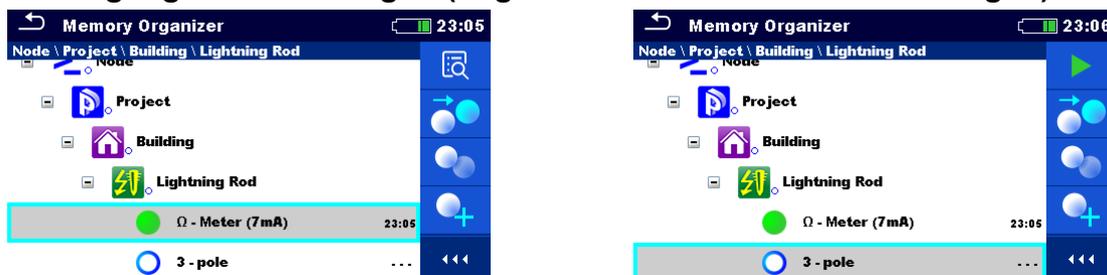


Abbildung 9.3: In der Baumstruktur ist eine Messung ausgewählt

Optionen



Zeigt die Messergebnisse an.
Das Gerät wechselt zum Messungsspeicher-Fenster.



Startet eine neue Messung.
Das Gerät wechselt zum Fenster für das Starten der Messung.



Klont die Messung.
Die ausgewählte Messung kann als leere Messung unter demselben Strukturelement kopiert werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.7 Klonen einer Messung**.



Kopieren und Einfügen einer Messung.
Die ausgewählte Messung kann kopiert und als leere Messung an einer beliebigen Stelle der Baumstruktur eingefügt werden. Mehrfaches „Einfügen“ ist zulässig. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.11 Kopieren und Einfügen einer Messung**.



Fügt eine neue Messung hinzu.
Das Gerät wechselt in das Menü zum Hinzufügen von Messungen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.5 Hinzufügen einer neuen Messung**.



Löscht eine Messung.

Ausgewählte Messungen können gelöscht werden. Der Benutzer wird vor dem Löschen um eine Bestätigung gebeten. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.13 Löschen einer Messung**.

9.1.4.2 Vorgänge für Strukturelemente

Das Strukturelement muss zunächst ausgewählt werden.

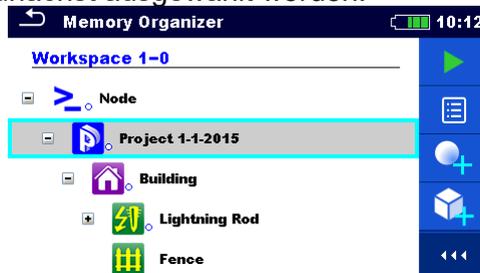


Abbildung 9.4: In der Baumstruktur ist ein Strukturprojekt ausgewählt

Optionen



Startet eine neue Messung.

Zunächst sollte die Art der Messung (Einzeltest oder Auto Sequence®) ausgewählt werden. Nachdem die richtige Art ausgewählt wurde, wechselt das Gerät zum Auswahlfenster für Einzeltests oder Auto Sequence®. Siehe Kapitel **10.1 Auswahlmodi**.



Speichert eine Messung.

Speichern der Messung unter dem gewählten Strukturprojekt.



Anzeigen/Bearbeiten von Parametern und Anhängen.

Die Parameter und Anhänge der Strukturelemente können angezeigt oder bearbeitet werden.

Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.3 Anzeigen/Bearbeiten der Parameter und Anhänge einer Struktur**.



Fügt eine neue Messung hinzu.

Das Gerät wechselt in das Menü zum Hinzufügen der Messung zur Struktur. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.5 Hinzufügen einer neuen Messung**.



Fügt ein neues Strukturelement hinzu.

Es können neue Strukturelemente hinzugefügt werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.4 Hinzufügen eines neuen Strukturelements**.



Kommentare

Es werden Kommentare angezeigt.



Anhänge.

Es werden der Name und Link des Anhangs angezeigt.



Klont eine Struktur.

Die ausgewählte Struktur kann auf dieselbe Ebene der Baumstruktur kopiert werden (Klonen). Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.6 Klonen eines Strukturelements**.



Benennt ein Strukturelement um.
Ausgewählte Strukturelemente können über das Tastenfeld umbenannt werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.14 Umbenennen eines Strukturelements**.



Kopieren und Einfügen einer Struktur.
Die ausgewählte Struktur kann kopiert und an einer beliebigen zulässigen Stelle der Baumstruktur eingefügt werden. Mehrfaches „Einfügen“ ist zulässig. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.8 Kopieren und Einfügen eines Strukturelements**.



Ausschneiden und Einfügen einer Struktur.
Die ausgewählte Struktur kann mit den untergeordneten Elementen (Unterstrukturen und Messungen) an eine beliebige zulässige Stelle der Baumstruktur verschoben werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.10 Ausschneiden und Einfügen eines Strukturelements mit Unterelementen**.

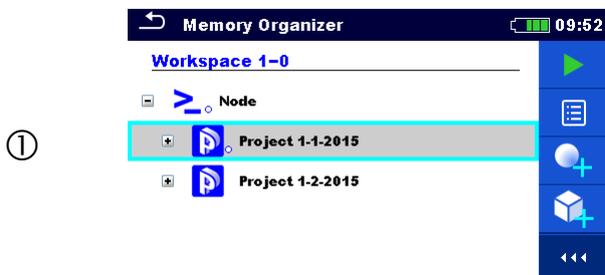


Löscht ein Strukturelement.
Ausgewählte Strukturelemente und Unterelemente können gelöscht werden. Der Benutzer wird vor dem Löschen um eine Bestätigung gebeten. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.12 Löschen eines Strukturelements**.

9.1.4.3 Anzeigen/Bearbeiten der Parameter und Anhänge einer Struktur

In diesem Menü werden die Parameter und deren Inhalte angezeigt. Um den ausgewählten Parameter zu bearbeiten, tippen Sie ihn, oder drücken Sie die Tabulator- und anschließend die Eingabetaste, um das Menü für das Bearbeiten der Parameter zu öffnen.

Vorgehensweise



①

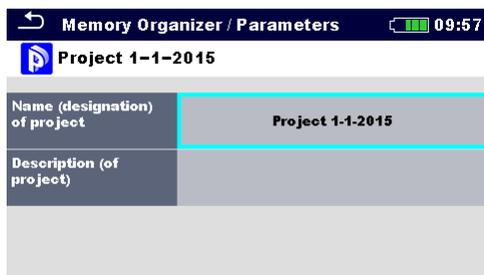
Wählen Sie das zu bearbeitende Strukturelement aus.

②



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Parameter“ aus.

③



Beispiel für das Parameter-Menü.

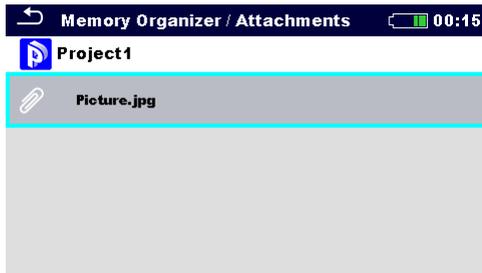
Im Menü zum Bearbeiten von Parametern kann der Wert des Parameters aus einer Dropdown-Liste ausgewählt oder über die Tastatur eingegeben werden. In Kapitel **6 Bedienung des** Geräts finden Sie weitere Informationen zur Tastaturbedienung.

②a



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Anhänge“ aus.

③a



Anhänge
Der Name des Anhangs wird angezeigt.
Anhänge werden vom Gerät nicht unterstützt.

②b



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Kommentare“ aus.

③b



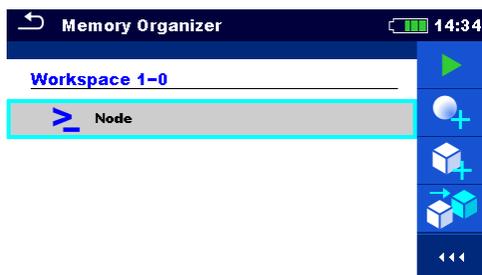
Kommentare
Hier wird der vollständige (ungekürzte) an das Strukturobjekt angehängte Kommentar angezeigt.

9.1.4.4 Hinzufügen eines neuen Strukturelements

In diesem Menü kann der Baumstruktur ein neues Strukturelement hinzugefügt werden. Ein neues Strukturelement kann ausgewählt und anschließend der Baumstruktur hinzugefügt werden.

Vorgehensweise

①



Ausgangsstruktur in der Standardeinstellung.

②



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Struktur hinzufügen“ aus.

③



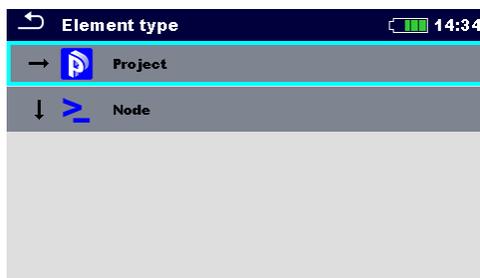
Menü für das Hinzufügen eines neuen Strukturprojekts.

④a



Tippen Sie auf ein Strukturtyp-Auswahlfenster.

④b



Es wird eine Liste der verfügbaren Strukturelemente angezeigt. Wählen Sie eines aus der Liste aus. Der Pfeil zeigt die Position an, an der das Strukturelement eingefügt werden soll.

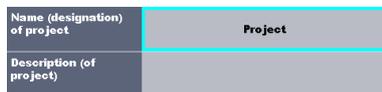


Untergeordnetes Element des aktuell ausgewählten Strukturelements.



Strukturelement, das sich in der gleichen Ebene befindet.

④c



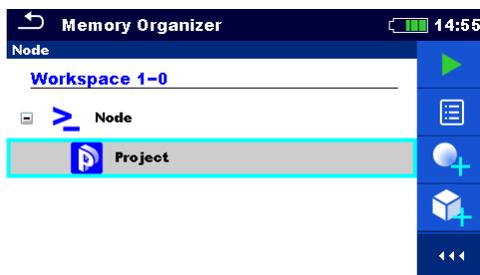
Im Menü zum Bearbeiten von Namen und Parametern kann der Wert des Parameters aus einer Dropdown-Liste ausgewählt oder über die Tastatur eingegeben werden. In Kapitel **6 Bedienung des** Geräts finden Sie weitere Informationen zur Tastaturbedienung.

⑤



Erstellen Sie ein neues Strukturelement.

⑥

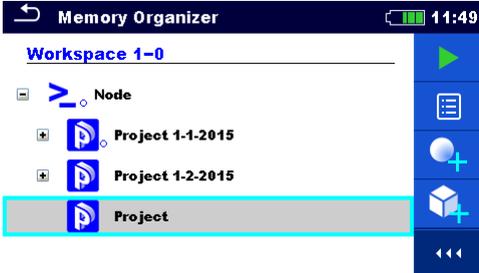


Es wurde ein neues Projekt hinzugefügt.

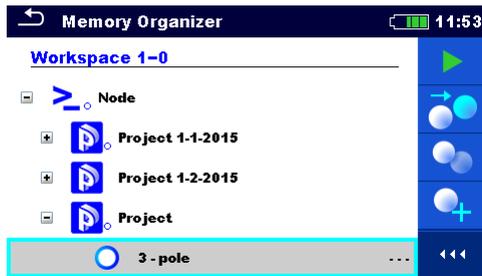
9.1.4.5 Hinzufügen einer neuen Messung

In diesem Menü können neue leere Messungen eingestellt und anschließend der Baumstruktur hinzugefügt werden. Zunächst werden die Art der Messung, die Messfunktion und die Parameter ausgewählt, um sie anschließend unter dem ausgewählten Strukturelement hinzuzufügen.

Vorgehensweise

①		Wählen Sie die Ebene der Struktur aus, auf der die Messung hinzugefügt werden soll.
②		Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Messung hinzufügen“ aus.
③		Fügen Sie im Menü eine neue Messung hinzu.
④ a		In diesem Feld kann die Art des Tests ausgewählt werden. Optionen: Einzeltests, Auto-Sequence®. Tippen Sie auf ein Feld, oder drücken Sie die Eingabetaste, um diese zu ändern.
④ b		In der Standardeinstellung wird die zuletzt hinzugefügte Messung vorgeschlagen. Um eine andere Messung auszuwählen, tippen Sie auf das Feld, oder drücken Sie die Eingabetaste, um das Auswahlménü für Messungen zu öffnen.
④ c		Wählen Sie den Parameter aus, und ändern Sie ihn wie zuvor beschrieben. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 10.1.2 Einstellen von Parametern und Grenzwerten für Einzeltests .
⑤		Fügt die Messung unter dem im Menü ausgewählten Strukturprojekt hinzu. Keht ohne Änderungen zum Baumstrukturmenü zurück.

⑥



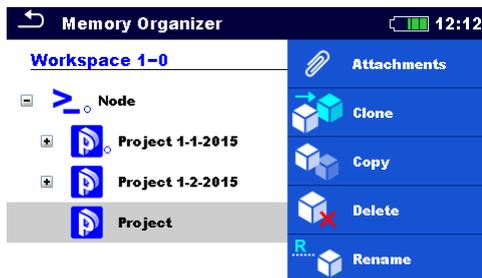
Eine neue leere Messung wird unter dem ausgewählten Strukturprojekt hinzugefügt.

9.1.4.6 Klonen eines Strukturelements

In diesem Menü kann das ausgewählte Strukturelement auf die gleiche Ebene der Baumstruktur kopiert (geklont) werden. Das geklonte Strukturelement hat den gleichen Namen wie das Original.

Vorgehensweise

①



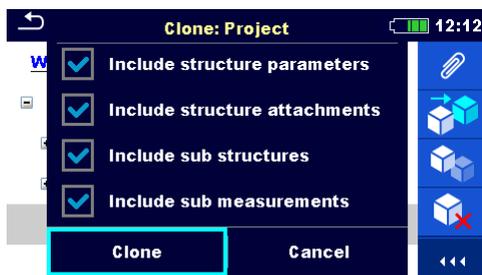
Wählen Sie das zu klonende Strukturelement aus.

②



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Klonen“ aus.

③



Das Menü „Struktur klonen“ wird angezeigt. Die Unterelemente des ausgewählten Strukturelements können zum Klonen markiert oder abgewählt werden. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.9 Klonen und Einfügen von Unterelementen des ausgewählten Strukturelements**.

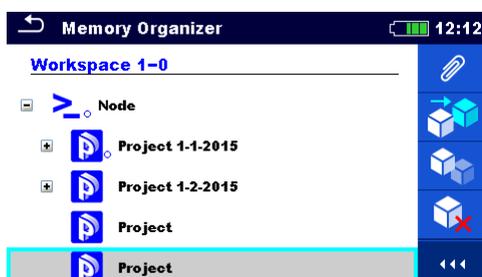
④



Das ausgewählte Strukturelement wird auf die gleiche Ebene der Baumstruktur kopiert (geklont).

Das Klonen wird abgebrochen. Keine Änderungen an der Baumstruktur.

⑤

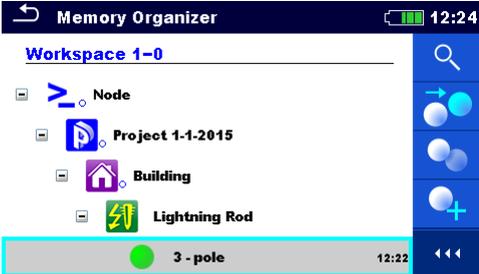
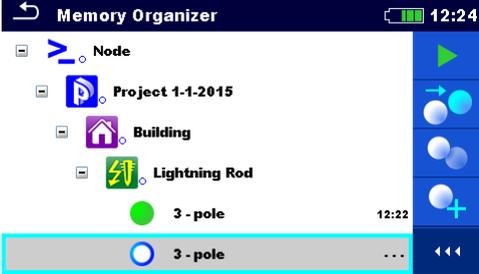


Das neue Strukturelement wird angezeigt.

9.1.4.7 Klonen einer Messung

Mithilfe dieser Funktion kann eine ausgewählte leere oder abgeschlossene Messung als leere Messung auf die gleiche Ebene der Baumstruktur kopiert (geklont) werden.

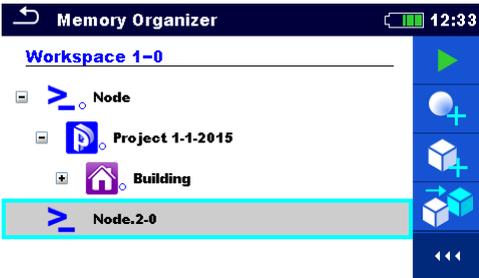
Vorgehensweise

①		Wählen Sie die zu klonende Messung aus.
②		Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Klonen“ aus.
③		Es wird eine neue leere Messung angezeigt.

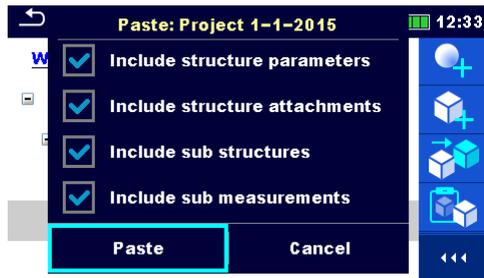
9.1.4.8 Kopieren und Einfügen eines Strukturelements

In diesem Menü kann das ausgewählte Strukturelement kopiert und an einer beliebigen zulässigen Stelle der Baumstruktur eingefügt werden.

Vorgehensweise

①		Wählen Sie das zu kopierende Strukturelement aus.
②		Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Kopieren“ aus.
③		Wählen Sie die Stelle aus, an die das Strukturelement kopiert werden soll.
④		Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Einfügen“ aus.

⑤



Das Menü „Struktur einfügen“ wird angezeigt. Vor dem Kopieren kann eingestellt werden, welche Unterelemente des ausgewählten Strukturelements mitkopiert werden sollen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **9.1.4.9 Klonen und Einfügen von Unterelementen des ausgewählten Strukturelements**.

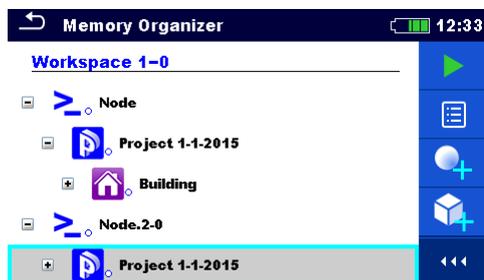
⑥



Das ausgewählte Strukturelement und die Elemente werden an die ausgewählte Position in der Baumstruktur kopiert (eingefügt).

Keht ohne Änderungen zum Baumstrukturmenü zurück.

⑦



Das neue Strukturelement wird angezeigt.

Hinweis:

- Der Befehl „Einfügen“ kann ein- oder mehrmals ausgeführt werden.

9.1.4.9 Klonen und Einfügen von Unterelementen des ausgewählten Strukturelements

Wenn ein Strukturelement zum Klonen oder zum Kopieren und Einfügen ausgewählt wurde, müssen zudem seine Unterelemente ausgewählt werden. Die folgenden Optionen sind verfügbar:

Optionen



Include structure parameters

Die Parameter des ausgewählten Strukturelements werden ebenfalls geklont/eingefügt.



Include structure attachments

Die Anhänge des ausgewählten Strukturelements werden ebenfalls geklont/eingefügt.



Include sub structures

Die Strukturelemente der untergeordneten Ebenen des ausgewählten Strukturelements (Unterstrukturen) werden ebenfalls geklont/eingefügt.



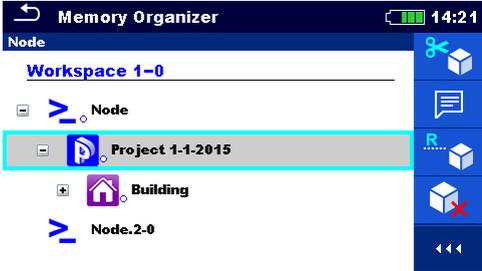
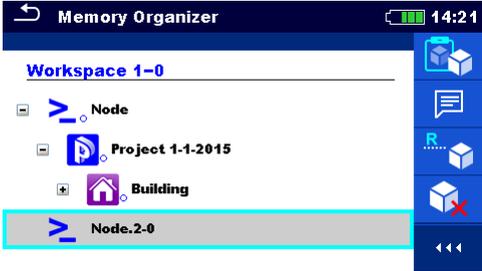
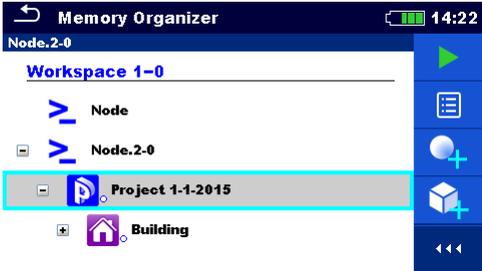
Include sub measurements

Die Messungen in den ausgewählten Strukturelementen und untergeordneten Ebenen (Unterstrukturen) werden ebenfalls geklont/eingefügt.

9.1.4.10 Ausschneiden und Einfügen eines Strukturelements mit Unterelementen

In diesem Menü kann ein ausgewähltes Strukturelement mit Unterelementen (Unterstrukturen und Messungen) ausgeschnitten und an eine beliebige zulässige Stelle der Baumstruktur eingefügt (verschoben) werden.

Vorgehensweise

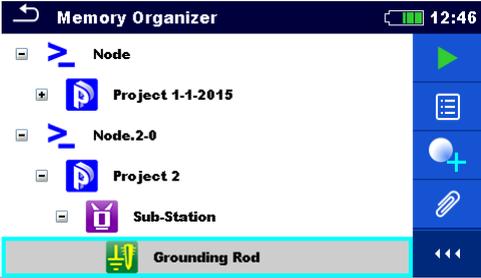
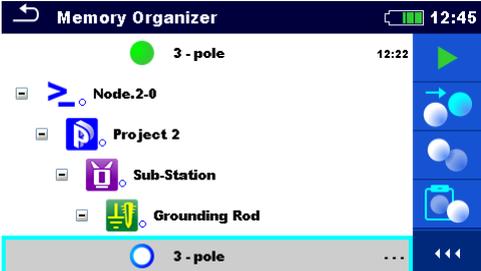
- | | | |
|---|---|--|
| ① |  | Wählen Sie das zu verschiebende Strukturelement aus. |
| ② |  | Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Ausschneiden“ aus. |
| ③ |  | Wählen Sie die neue Stelle aus, an die das Strukturelement (mit Unterstrukturen und Messungen) verschoben werden soll. |
| ④ |  | Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Einfügen“ aus. |
| ⑤ |  | Das Strukturelement (mit Unterstrukturen und Messungen) wird an die ausgewählte neue Position verschoben und von der vorherigen Position in der Baumstruktur gelöscht. |

9.1.4.11 Kopieren und Einfügen einer Messung

In diesem Menü kann die ausgewählte Messung kopiert und an eine beliebige zulässige Stelle der Baumstruktur kopiert werden.

Vorgehensweise

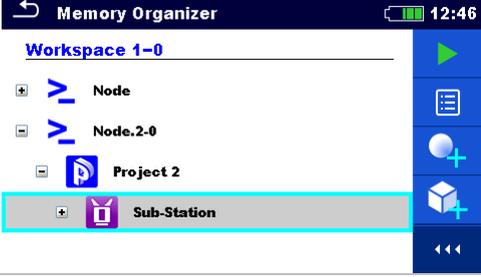
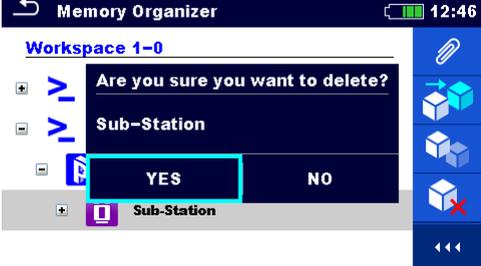
- | | | |
|---|---|---|
| ① |  | Wählen Sie die zu kopierende Messung aus. |
|---|---|---|

- ②  Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Kopieren“ aus.
-
- ③  Wählen Sie die Stelle aus, an der die Messung eingefügt werden soll.
-
- ④  Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Einfügen“ aus.
-
- ⑤  Im ausgewählten Strukturelement wird eine neue (leere) Messung angezeigt.
Hinweis:
 Der Befehl „Einfügen“ kann ein- oder mehrmals ausgeführt werden.

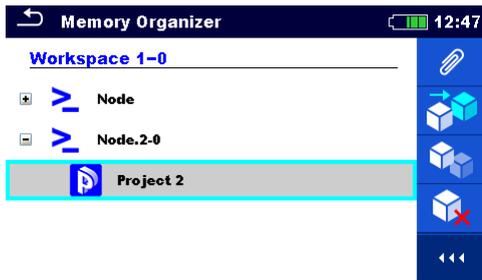
9.1.4.12 Löschen eines Strukturelements

In diesem Menü kann das ausgewählte Strukturelement gelöscht werden.

Vorgehensweise

- ①  Wählen Sie das zu löschende Strukturelement aus.
-
- ②  Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Löschen“ aus.
-
- ③  Es wird ein Bestätigungsfenster angezeigt.
-
- ④   Das ausgewählte Strukturelement und seine Unterelemente werden entfernt.
 Kehrt ohne Änderungen zum Baumstrukturmenü zurück.

⑤



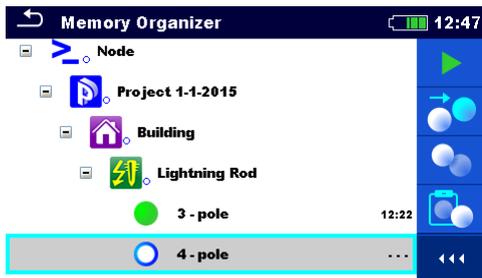
Struktur ohne gelöscht Strukturelement.

9.1.4.13 Löschen einer Messung

In diesem Menü kann die ausgewählte Messung gelöscht werden.

Vorgehensweise

①



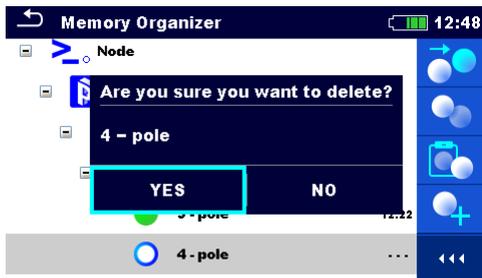
Wählen Sie eine zu löschende Messung aus.

②



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Löschen“ aus.

③



Es wird ein Bestätigungsfenster angezeigt.

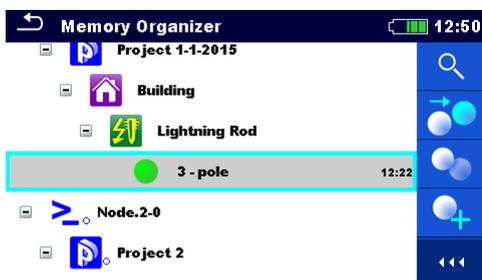
④



Die ausgewählte Messung wird gelöscht.

Keht ohne Änderungen zum Baumstrukturmenü zurück.

⑤

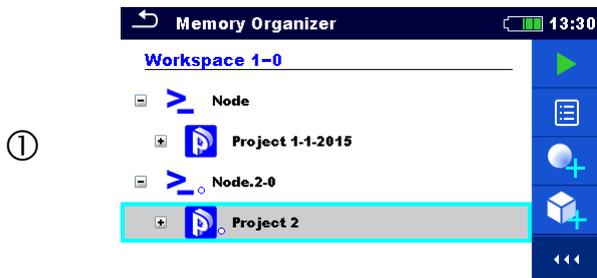


Struktur ohne gelöschte Messung.

9.1.4.14 Umbenennen eines Strukturelements

In diesem Menü kann das ausgewählte Strukturelement umbenannt werden.

Vorgehensweise



Wählen Sie das umzubenennende Strukturelement aus.

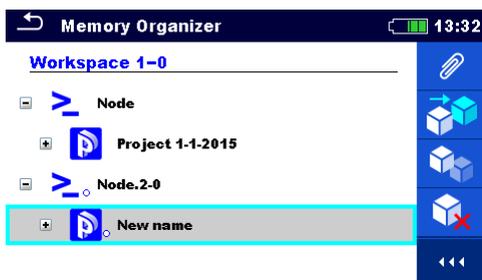
②



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Umbenennen“ aus.

Auf dem Bildschirm wird die virtuelle Tastatur angezeigt. Geben Sie den neuen Text ein, und bestätigen Sie diesen. Weitere Informationen zur Tastaturbedienung finden Sie in Kapitel **6.3 Virtuelle Tastatur**.

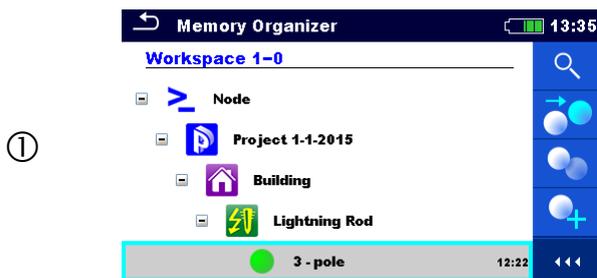
③



Strukturelement mit dem geänderten Namen.

9.1.4.15 Erneutes Abrufen und Testen einer ausgewählten Messung

Vorgehensweise



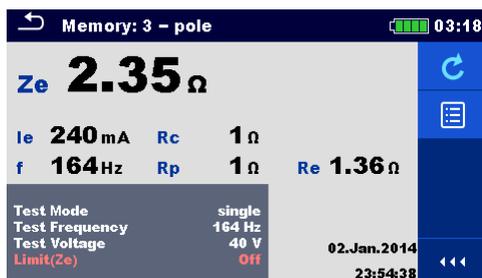
Wählen Sie die abzurufende Messung aus.

②



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Ergebnisse erneut aufrufen“ aus.

③



Die Messung wird erneut abgerufen.

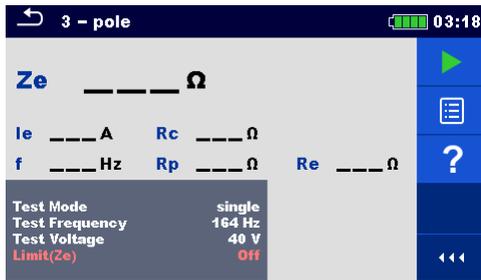
Die Parameter und Grenzwerte können angezeigt, jedoch nicht bearbeitet werden.

④



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Erneut testen“ aus.

⑤



Das Fenster zum Starten des erneuten Tests wird angezeigt.

⑤a



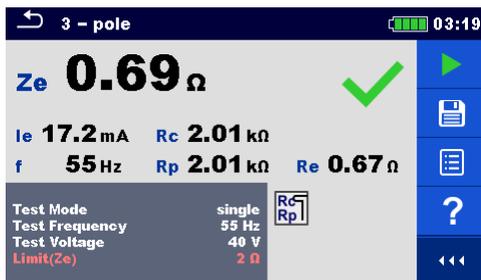
Die Parameter und Grenzwerte können angezeigt und bearbeitet werden.

⑥



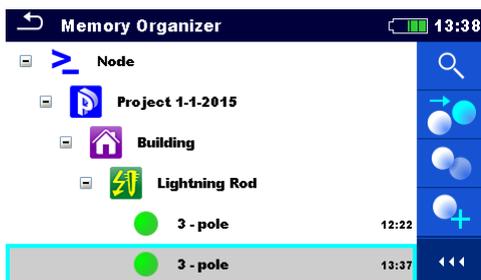
Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Ausführen“ aus, um die Messung erneut zu testen.

⑦



Ergebnisse/Teilergebnisse nach dem erneuten Durchführen der aufgerufenen Messung.

⑧



Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Ergebnisse speichern“ aus.

Die erneut getestete Messung wird unter demselben Strukturelement gespeichert wie die ursprüngliche Messung. Es wird die aktualisierte Speicherstruktur mit der erneut durchgeführten Messung angezeigt.

10 Einzeltests

Einzelmessungen und -tests können im Einzeltest-Hauptmenü oder in den Haupt- und Untermenüs der Speicherverwaltung ausgewählt werden.

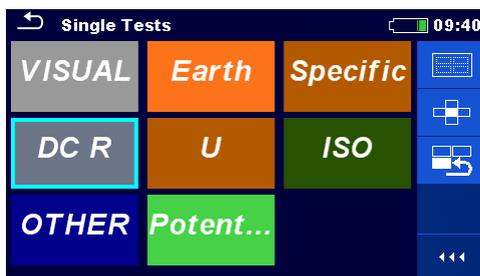
10.1 Auswahlmodi

Im Einzeltest-Hauptmenü sind drei Modi für das Auswählen von Einzeltests verfügbar.

Optionen



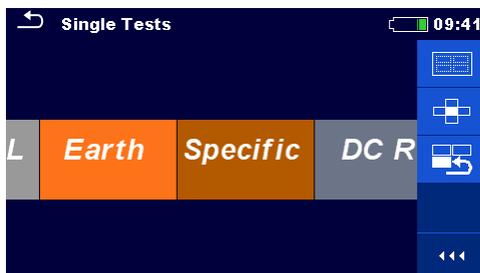
Gruppen



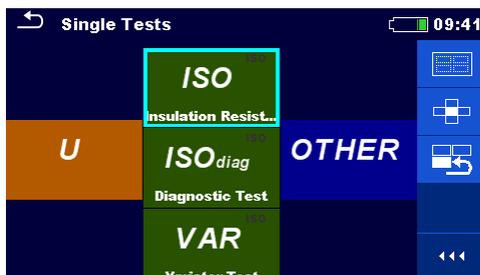
Die Einzeltests sind in Gruppen mit ähnlichen Tests unterteilt.



Kreuz-Auswahlsymbol



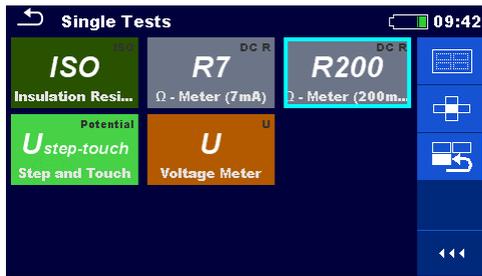
Bei diesem Auswahlmodus handelt es sich um die schnellste Arbeitsweise mit der Tastatur. Die Einzeltestgruppen sind in Zeilen organisiert.



Für die ausgewählte Gruppe werden alle Einzeltests angezeigt. Sie können mühelos mit den Nach oben-/Nach unten-Tasten ausgewählt werden.



Zuletzt verwendet



Es werden die neun zuletzt durchgeführten Einzeltests angezeigt.

10.1.1 Einzeltest-Fenster

In den Einzeltest-Fenstern werden die Messergebnisse, Teilergebnisse, Grenzwerte und Parameter der Messung angezeigt. Außerdem werden Online-Status, Warnungen und weitere Informationen angezeigt.

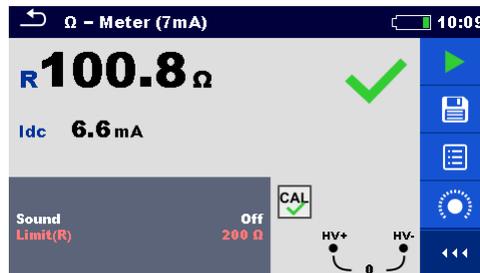


Abbildung 10.1: Aufteilung des Einzeltest-Fensters Beispiel für eine Messung mit dem Ω-Messgerät (7 mA)

Aufteilung des Einzeltest-Fensters:



Hauptzeile:

- ESC-Taste
- Funktionsname
- Akku-Status
- Zeit



Bedienfeld (verfügbare Optionen)

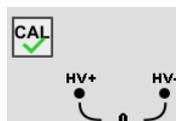


Parameter (weiß) und Grenzwerte (rot)



Ergebnisfeld:

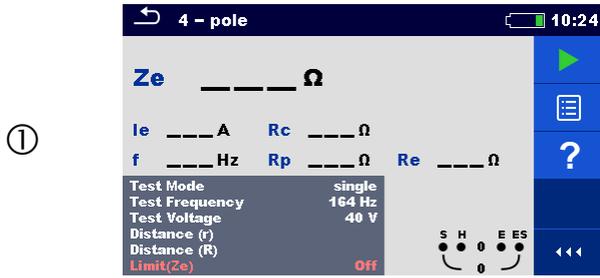
- Hauptergebnis(e)
- Teilergebnis(e)
- BESTANDEN/FEHLGESCHLAGEN-Bewertung



Warnsymbole, Meldungsfeld und Anschlussspannungsfenster

10.1.2 Einstellen von Parametern und Grenzwerten für Einzeltests

Vorgehensweise



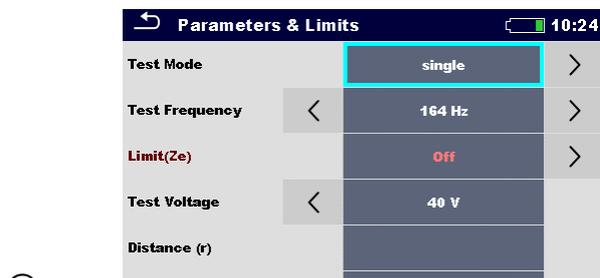
Wählen Sie den Test oder die Messung aus.

Auf den Test kann zugegriffen werden über das:

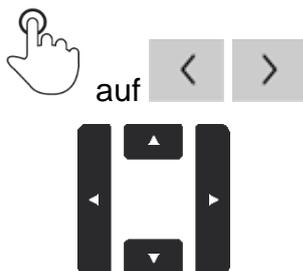
- Einzeltest-Menü oder
- das Speicherverwaltungsmenü, sobald die leere Messung in der ausgewählten Struktur erstellt wurde.



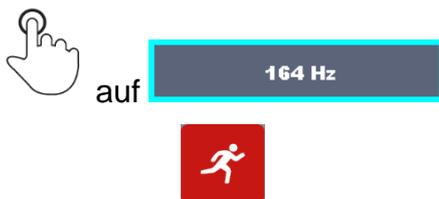
Wählen Sie auf dem Bedienfeld „Parameter“ aus.



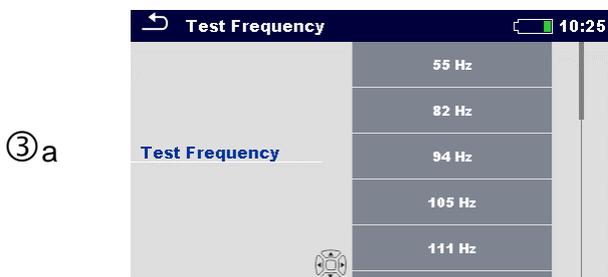
Wählen Sie den zu bearbeitenden Parameter oder den einzustellenden Grenzwert aus.



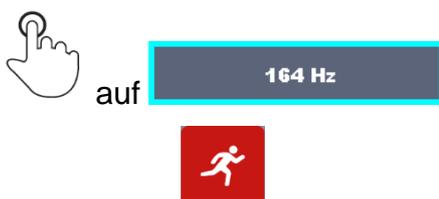
Stellen Sie den Parameter/Grenzwert ein.



Öffnet das Menü „Wert festlegen“.



Menü „Wert festlegen“.



Bestätigt einen neuen Parameter oder Grenzwert und beendet das Menü „Wert festlegen“.

④



Übernimmt die neuen Parameter und Grenzwerte.

10.1.3 Einzeltest-Ergebnisfenster

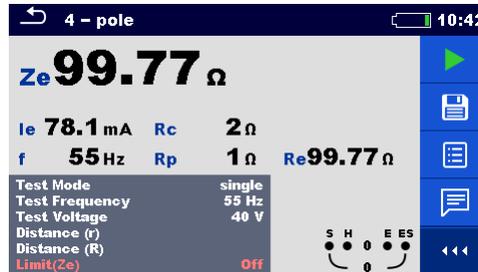


Abbildung 10.2: Einzeltest-Ergebnisfenster Beispiel für eine 4-polige Messung

Optionen (nach Abschluss der Messung)



Startet eine neue Messung.

Speichert das Ergebnis.

Eine neue Messung wurde aus einem Strukturobjekt der Baumstruktur ausgewählt und begonnen:

- Die Messung wird unter dem ausgewählten Strukturobjekt gespeichert.

Eine neue Messung wurde im Einzeltest-Hauptmenü gestartet:

- In der Standardeinstellung wird sie unter dem zuletzt ausgewählten Strukturobjekt gespeichert. Der Benutzer kann ein anderes Strukturobjekt auswählen oder ein neues erstellen.



- Wenn Sie im Speicherverwaltungs Menü auf  drücken, wird die Messung am ausgewählten Speicherort gespeichert.

Eine leere Messung wurde in der Baumstruktur ausgewählt und begonnen:

- die Ergebnisse werden der Messung hinzugefügt. Der Status der Messung wechselt von „leer“ zu „abgeschlossen“.

In der Baumstruktur wurde eine bereits durchgeführte Messung ausgewählt, angezeigt und anschließend neu gestartet:

- Eine neue Messung wird unter dem ausgewählten Strukturobjekt gespeichert.



Öffnet die Hilfe-Fenster.



Öffnet das Menü zum Ändern der Parameter und Grenzwerte der ausgewählten Messungen. In Kapitel **10.1.2 Einstellen**



auf

Test Mode	single
Test Frequency	55 Hz
Test Voltage	40 V
Distance (r)	
Distance (R)	
Limit(Ze)	Off

von **Parametern und Grenzwerten für Einzeltests** finden Sie weitere Informationen zum Ändern der Messparameter und Grenzwerte.



gedrückt halten auf

Ze 99.77 Ω	
le 78.1 mA	Rc 2 Ω
f 55 Hz	Rp 1 Ω
Re 99.77 Ω	

Wechselt zum Kreuz-Auswahlsymbol zum Auswählen von Tests oder Messungen.

10.1.4 Fenster zum erneuten Abrufen von Einzeltestergebnissen

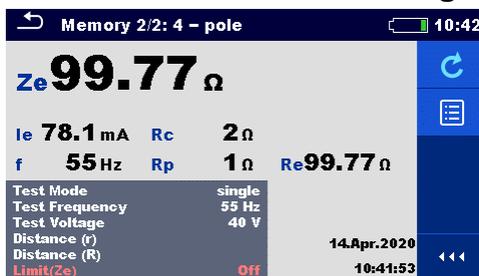


Abbildung 10.3: Abgerufene Ergebnisse der ausgewählten Messung, Beispiel für die abgerufenen Ergebnisse einer 4-poligen-Messung

Optionen



Erneut testen

Ruft das Startfenster für eine erneute Messung auf.



auf

Test Mode	single
Test Frequency	55 Hz
Test Voltage	40 V
Distance (r)	
Distance (R)	
Limit(Ze)	Off

Öffnet das Menü zum Ändern der Parameter und Grenzwerte der ausgewählten Messungen. In Kapitel **10.1.2 Einstellen von Parametern und Grenzwerten für Einzeltests** finden Sie weitere Informationen zum Ändern der Messparameter und Grenzwerte.

10.1.5 Einzeltest-Fenster (Sichtprüfung)

Sichtprüfungen können als eine spezielle Klasse von Tests behandelt werden. Es werden die Sichtprüfungselemente angezeigt. Zusätzlich werden der Online-Status und weitere Informationen angezeigt.

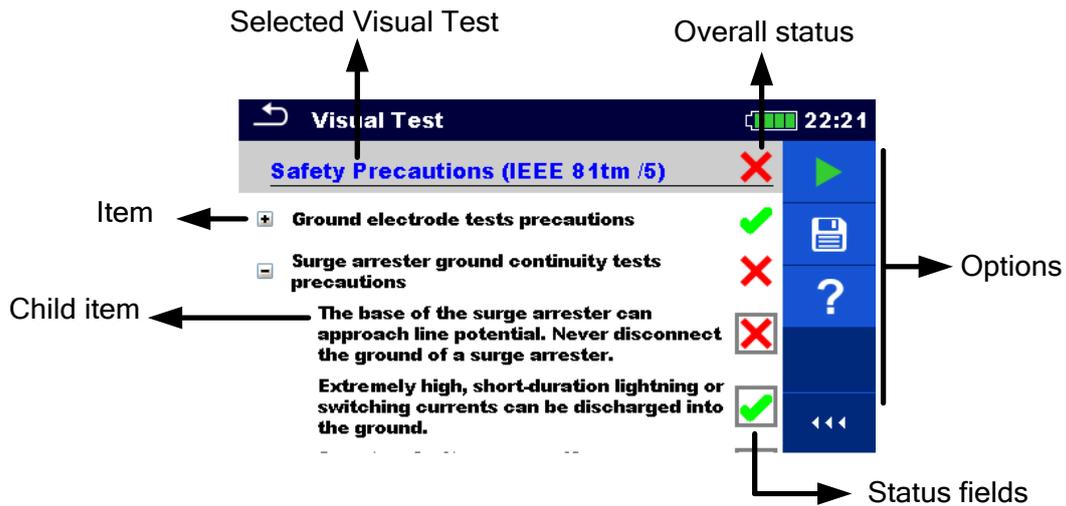


Abbildung 10.4: Aufteilung des Sichtprüfungsfensters

10.1.6 Einzeltest-Startfenster (Sichtprüfung)

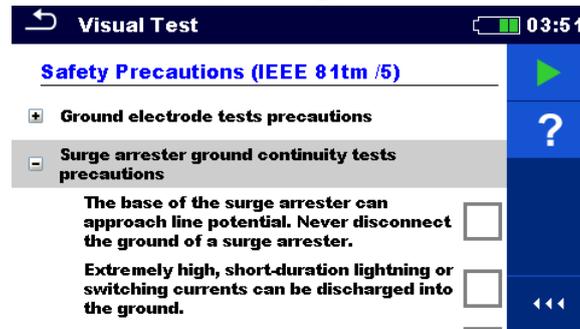


Abbildung 10.5: Aufteilung des Sichtprüfungsfensters

Optionen (vor der Sichtprüfung wurde das Fenster im Hauptmenü der Speicherverwaltung oder im Einzeltest-Hauptmenü geöffnet):



Startet die Sichtprüfung



Öffnet die Hilfe-Fenster.

10.1.7 Einzeltest-Fenster (Sichtprüfung) während des Tests

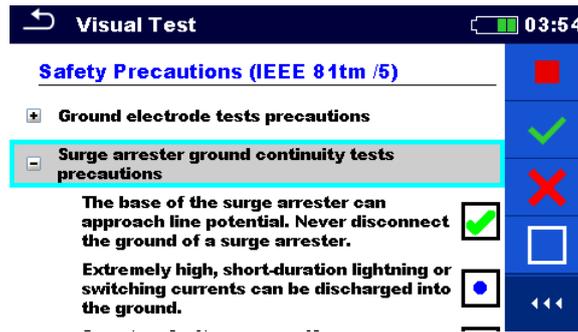
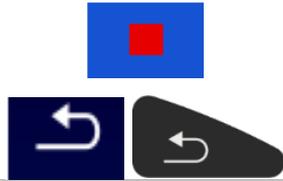


Abbildung 10.6: Sichtprüfungsfenster während des Tests

Optionen (während des Tests)

	Wählt das Element aus.
	Übernimmt „Bestanden“ für das ausgewählte Element oder die Gruppe von Elementen.
	Übernimmt „Fehlgeschlagen“ für das ausgewählte Element oder die Gruppe von Elementen.
	Löscht den Status für das ausgewählte Element oder die Gruppe von Elementen.
	Übernimmt den Status, dass das Element oder die Gruppe von Elementen geprüft wurde.
auf	Es kann ein Status übernommen werden.
	Schaltet zwischen den Status um.



Wechselt zum Ergebnisfenster.

10.1.8 Einzeltest-Ergebnisfenster (Sichtprüfung)

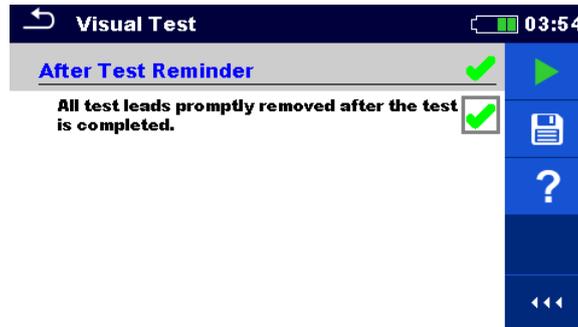
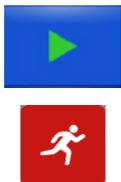


Abbildung 10.7: Ergebnisfenster für Sichtprüfungen

Optionen (nach Abschluss der Sichtprüfung)



Startet eine neue Sichtprüfung.

Speichert das Ergebnis.

Eine neue Sichtprüfung wurde aus einem Strukturobjekt der Baumstruktur ausgewählt und begonnen:

- Die Sichtprüfung wird unter dem ausgewählten Strukturobjekt gespeichert.

Eine neue Sichtprüfung wurde im Einzeltest-Hauptmenü gestartet:



- In der Standardeinstellung wird sie unter dem zuletzt ausgewählten Strukturobjekt gespeichert. Der Benutzer kann ein anderes Strukturobjekt auswählen oder ein neues erstellen. Wenn Sie im

Speicherverwaltungs Menü auf  drücken, wird die Sichtprüfung am ausgewählten Speicherort gespeichert.

Eine leere Sichtprüfung wurde in der Baumstruktur ausgewählt und begonnen:

- die Ergebnisse werden der Sichtprüfung hinzugefügt. Der Status der Sichtprüfung wechselt von „leer“ zu „abgeschlossen“.

In der Baumstruktur wurde eine bereits durchgeführte Sichtprüfung ausgewählt, angezeigt und anschließend neu gestartet:

Eine neue Messung wird unter dem ausgewählten Strukturobjekt gespeichert.

10.1.9 Einzeltest-Speicherfenster (Sichtprüfung)

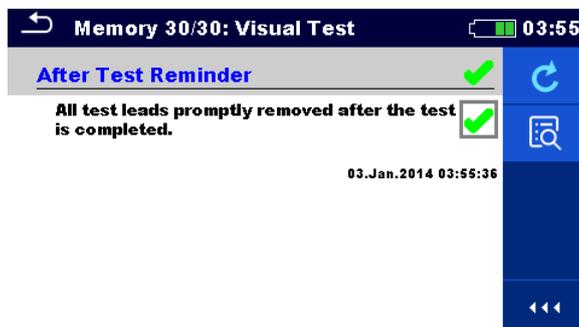


Abbildung 10.8: Speicherfenster für Sichtprüfungen

Optionen



Erneut testen



Wechselt zum Startfenster und startet die neue Sichtprüfung.



Einstellen des Cursors für das Anzeigen von Daten auf mehreren Seiten.

11 Tests und Messungen

11.1 Sichtprüfungen

Sichtprüfungen dienen als Richtschnur für das Einhalten von Sicherheitsstandards vor dem Testen. Um diese Sichtprüfungen durchzuführen, wählen Sie unter „Einzeltests“ SICHT aus. Sichtprüfungen werden durchgeführt, um vor dem Starten des Tests alle Sicherheitsüberprüfungen durchzuführen.

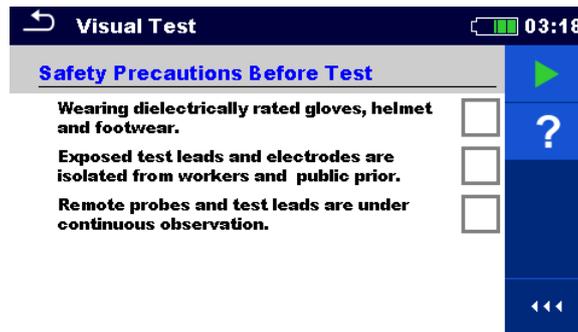


Abbildung 11.1: Sichtprüfungsmenü

Optionen

	Bestanden
	Fehlgeschlagen
	Leer
	Geprüft

Sicherheitsvorkehrungen vor dem Test

Nr.	Beschreibung	Werte
1	Tragen von Handschuhen, Helm und Schuhen mit dielektrischem Schutz.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
2	Freiliegende Prüfleitungen und Elektroden werden vorab von Arbeitern und Passanten abgeschirmt.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
3	Fernprüfspitzen und Prüfleitungen stehen unter ständiger Beobachtung.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft

Tabelle 11.1: Sichtprüfung – Sicherheitsvorkehrungen vor der Prüfung

Gefahrenquellen während der Tests

Nr.	Beschreibung	Werte
1	Meiden Sie nicht geerdete Enden der Prüfleitungen.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
2	Überspannungsableiter kann sich dem Leitungspotenzial nähern.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
3	Trennen Sie niemals die Erdung.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
4	Blitz- oder Schaltströme können in die Erde abgeleitet werden.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft

5	Es kann ein Systemfehler auftreten, wenn während des Tests ein Überspannungsableiter ausfällt.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
6	Beim Trennen von Neutral- und Schirmleitern kann eine Gefahrensituation eintreten.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
7	Wenn Strom durch die miteinander verbundenen Schirmleiter fließt, kann eine Gefahrensituation eintreten.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
8	Hohe Spannungen können auftreten, wenn der Neutralleiter von einem unter Spannung stehenden Gerät getrennt wird.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft

Tabelle 11.2: Sichtprüfung – Gefahren während der Prüfung

Erinnerung im Anschluss an den Test

Nr.	Beschreibung	Werte
1	Alle Messleitungen müssen nach Abschluss des Tests unverzüglich entfernt werden.	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft

Tabelle 11.3: Sichtprüfung – Erinnerung im Anschluss an die Prüfung

Sicherheitsvorkehrungen (IEEE 81tm /5)

Nr.	Beschreibung	Werte
1	Vorkehrungen für Erdungselektrodentests. <ul style="list-style-type: none"> Die mit dem Arbeiten mit Prüflösungen verbundenen Gefahren werden durch das Tragen von Handschuhen und dielektrischem Schuhwerk verringert. Freiliegende Prüflösungen und Elektroden werden vorab von Arbeitern und Passanten abgeschirmt. Kurze Testzeiträume werden sichergestellt, und alle Prüflösungen werden nach Abschluss des Tests unverzüglich entfernt. Fernprüfpitzen und Prüflösungen stehen unter ständiger Beobachtung. Nicht geerdete Enden von Prüflösungen, die parallel zu einer stromführenden Leitung verlaufen, werden durch die physische Ausrichtung der Prüflösungen, durch die Erdung oder durch beides abgeschwächt. 	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
2	Vorkehrungen für Erdungsdurchgangstests an Überspannungsableitern. <ul style="list-style-type: none"> Der Sockel des Überspannungsableiters kann sich dem Leitungspotential nähern. Trennen Sie niemals die Erdung eines Überspannungsableiters. Extrem hohe sowie kurzzeitige Blitz- oder Schaltströme können in die Erde abgeleitet werden. Es kann ein Systemfehler auftreten, wenn während des Tests ein Überspannungsableiter ausfällt. 	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
3	Es kann ein Systemfehler auftreten, wenn ein Überspannungsableiter während des Tests ausfällt. <ul style="list-style-type: none"> Das Trennen der Neutral- und Schirmleiter kann gefährliche Spannungen erzeugen. Die Gefahr kann unabhängig davon auftreten, ob die Leitung unter Spannung steht oder nicht, da Strom durch die miteinander verbundenen Schirmleiter fließt. 	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft
4	Vorkehrungen für Neutralleiter-Erdungstests an Anlagen. <ul style="list-style-type: none"> Hohe Spannungen können auftreten, wenn der Neutralleiter von einem unter Spannung stehenden Gerät getrennt wird. 	Bestanden/Nicht bestanden/Leer/Geprüft

Tabelle 11.4: Sichtprüfung – Sicherheitsvorkehrungen (IEEE 81tm /5)

Sichtprüfungsverfahren:

<input type="checkbox"/> Wählen Sie die Funktion „Sicht“ aus.

- Beginnen Sie die Sichtprüfung.
- Führen Sie die Sichtprüfung durch.
- Übernehmen Sie die entsprechenden Ticker für die Objekt.
- Beenden Sie die Sichtprüfung .
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).



Abbildung 11.2: Beispiel für die Sichtprüfungsergebnisse

11.2 Spannungs- und Frequenzmessungen [U/f]

Bei der Spannungsmessung handelt es sich um eine häufige Funktion, z. B. beim Suchen nach Installationsfehlern oder als Sicherheitsmaßnahme vor dem Beginn von Installationsanpassungen.

11.2.1 Spannungsmesser

Es handelt sich um eine einfache Funktion für das kontinuierliche Messen der Gleich- und Wechselspannung sowie der Frequenz an den HV+- und HV--Anschlüssen.

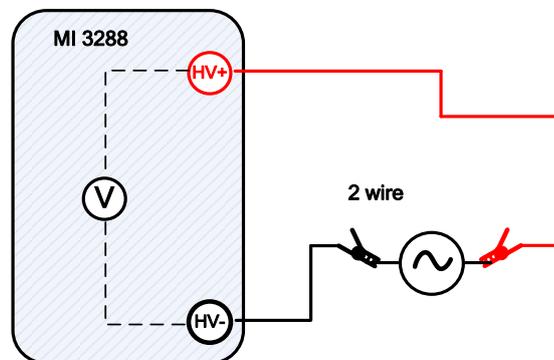


Abbildung 11.3: Beispiel für eine Messung mit dem Spannungsmesser

Der Test kann über das Messfenster des Spannungsmessers gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests kann der folgende Parameter (Ergebnistyp) bearbeitet werden.

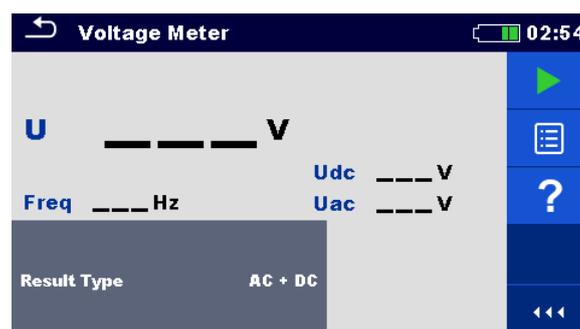


Abbildung 11.4: Menü für eine Messung mit dem Spannungsmesser

Testparameter für den Spannungsmesser:

Ergebnistyp Stellen Sie den Typ der Hauptergebnisspannung ein: [AC, DC, AC+DC]

Verfahren für das Messen mit dem Spannungsmesser

- Wählen Sie die Messfunktion des Spannungsmessers aus.
- Legen Sie den Testparameter (Ergebnistyp) fest.
- Schließen Sie die Prüflleitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Drücken Sie erneut auf die Taste „Run“, um die Messung zu starten.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

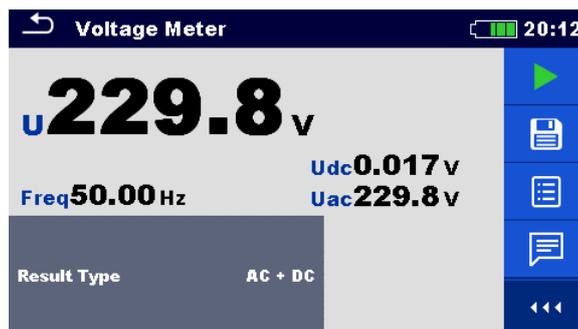


Abbildung 11.5: Beispiel für ein Messergebnis des Spannungsmessers



Warnung!

- Legen Sie an die Testanschlüsse keine externe Spannung von mehr als 1.000 V AC oder DC an, um Schäden am Testgerät zu vermeiden!

Hinweis:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!

11.3 Erdungsmessungen [Ze und Re]

Das Ergebnis der Erdungsmessung ist einer der wichtigsten Parameter für den Schutz gegen elektrische Schläge. Mit dem EPIC / EI-Tester können die Erdungsanlagen der Hauptinstallation, Blitzschutzsysteme, lokale Erdungen, der Bodenwiderstand usw. überprüft werden.

Mit dem MI 3288 können Erdungsmessungen mithilfe verschiedener Methoden durchgeführt werden. Der Benutzer sollte diese abhängig vom zu prüfenden Erdungssystem auswählen.

Erdung		Messung	Testmodus	NF	HF	Filter	Test Spannung
Impedanz	Widerstand						
Ze	Re	2-polig	einzel	55 Hz	164 Hz	FFT	20/40 V
		3-polig	einzel				20/40 V
		4-polig	einzel				20/40 V
Zsel	/	Selektiv (Eisenzange)	einzel				40 V
Ze	/	2 Zangen	Durchg.	82 Hz			40 V

Tabelle 11.5: Mit dem MI 3288 durchführbare Erdungsmessungen

11.3.1 2-polige Messung

Die zweipolige Messung kann verwendet werden, wenn eine gut geerdete Hilfsstromklemme zur Verfügung steht (z. B. Quellen-/ Verteilererdungen via Nullleiter, Wasserleitung...). Der Hauptvorteil dieser Methode ist, dass für diese Prüfung keine Prüfspitzen benötigt werden. Diese Methode geht schnell und ist relativ zuverlässig.

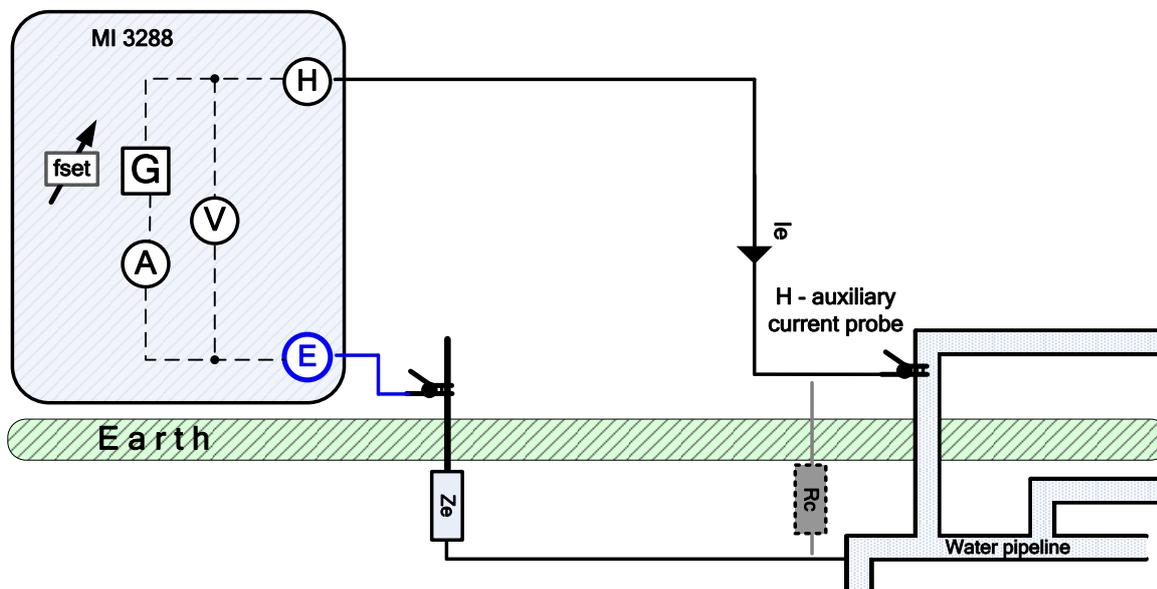


Abbildung 11.6: Beispiel einer 2-poligen Messung

Während der Messung wird ein sinusförmiger Strom I_e über eine Hilfsstrom-Prüfspitze (H) in die Erde eingespeist. Die Impedanz der Hilfsprüfspitze (H) sollte so niedrig wie möglich sein, um einen hohen Prüfstrom einspeisen zu können. Die Impedanz R_c kann durch die Verwendung mehrerer parallel geschalteter Prüfspitzen oder eines Hilfserdungssystems als Hilfsprüfspitze verringert werden. Ein höherer eingespeister Strom verbessert die Immunität gegen falsche Erdströme. Die Erdungsimpedanz Z_e wird anhand des Spannungs-Strom-Verhältnisses ermittelt. Üblicherweise ist die Impedanz R_c viel geringer als Z_e . In diesem Fall kann das Ergebnis als $\approx Z_e$ erachtet werden.

Im folgenden Beispiel wird die Erdungsimpedanz mit einer eingestellten Frequenz gemessen

$$Z_e = \frac{U_{H-E}[V]}{I_e[A]} = [\Omega] \quad \text{wobei} \quad Z_e \gg R_c$$

- Z_e Erdungsimpedanz
- R_e Erdungswiderstand (ausschließlich Reaktanz)
- R_c Impedanz der Hilfsstrom-Prüfspitze (H)
- I_e Eingespeister Prüfstrom
- U_{H-E} Prüfspannung zwischen den Anschlüssen H und E
- f_{set} Testfrequenz

In **Anhang B Funktionsweise und Platzierung der Prüfspitzen** finden Sie weitere Informationen über das Anbringen der Erdungshilfsstrom-Prüfspitze (H).

Der Test kann über das Fenster für 2-polige Messungen gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Testmodus, Prüfspannung, Testfrequenz, Abstand und Grenzwert (Z_e)) bearbeitet werden.

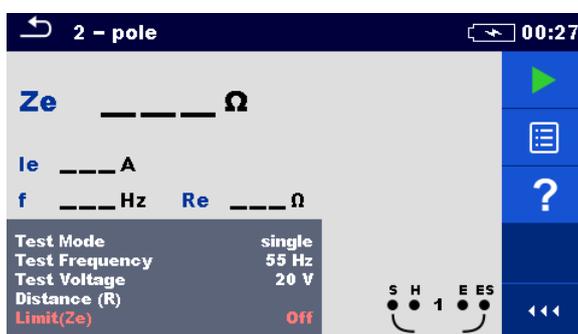


Abbildung 11.7: Menü 2-polige Messung

Prüfparameter für 2-polige Messungen:

Prüfmodus	Prüfmodus: [Einzeln]
Testfrequenz	Testfrequenz einstellen: [55 Hz, 82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz]
Prüfspannung	Prüfspannung einstellen: [20 V oder 40 V]
Entfernung (R)	Entfernung zwischen E und dem Helferstab H (benutzerdefiniert)
Grenzwert (Ze)	Grenzwertauswahl: AUS, benutzerdefiniert, 0,1 Ω – 5,00 kΩ]

2-poliges Messverfahren:

- Wählen Sie die 2-polige Messfunktion.
- Stellen Sie die Prüfparameter (Spannung, Frequenz, Entfernung und Grenzwert) ein.
- Schließen Sie die Prüfleiter an das Gerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Taste "Run", um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis das Prüfergebnis auf dem Bildschirm angezeigt wird.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

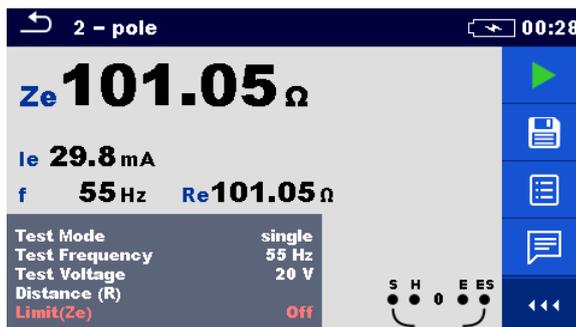


Abbildung 11.8: Beispiel für ein 2-poliges Messergebnis

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Prüfgerät zeigt in diesem Fall die "Rausch"-Warnung an.

Hinweise hinsichtlich der Prüfspitzen:

- Eine hohe Impedanz der H-Prüfspitze könnte die Messergebnisse beeinflussen.
- Die Prüfspitzen müssen in ausreichendem Abstand zum Prüfling platziert werden.

11.3.2 3-polige Messung

Die dreipolige Messung ist die standardmäßige Erdprüfmethode. Sie ist die einzige Wahl, wenn keine gut geerdete Hilfsstromklemme zur Verfügung steht. Die Messung wird mithilfe zweier Erdprüfspitzen durchgeführt. Der Nachteil bei der Verwendung von Dreileitern ist, dass der Kontaktwiderstand der E-Klemme zum Ergebnis addiert wird.

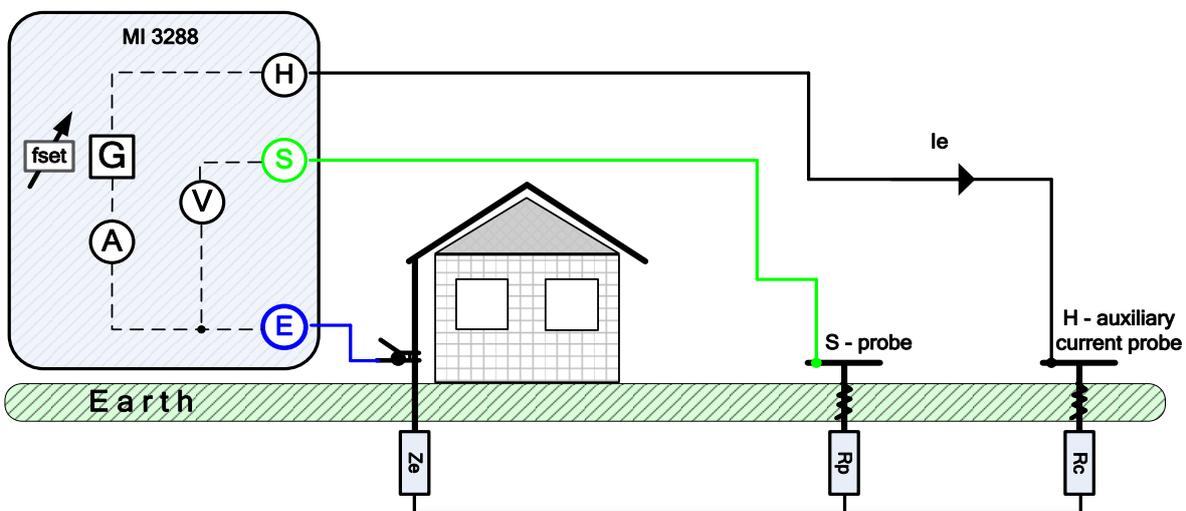


Abbildung 11.9: Beispiel einer 3-poligen Messung

Während der Messung wird ein sinusförmiger Strom I_e über eine Hilfsstrom-Prüfspitze (H) in die Erde eingespeist. Die Impedanz der Hilfsprüfspitze (H) sollte so niedrig wie möglich sein, um einen hohen Prüfstrom einspeisen zu können. Die Impedanz R_c kann durch die Verwendung mehrerer parallel geschalteter Prüfspitzen oder eines Hilfserdungssystems als Hilfsprüfspitze verringert werden. Ein höherer eingespeister Strom verbessert die Immunität gegen falsche Erdströme. Der differentielle Spannungsabfall wird mittels einer Hilfspotential-Prüfspitze (S) gemessen. Die Erdungsimpedanz Z_e wird anhand des Spannung-Strom-Verhältnisses ermittelt.

Im folgenden Beispiel wird die Erdungsimpedanz mit einer eingestellten Frequenz gemessen:

$$Z_e = \frac{U_{S-E} [V]}{I_e [A]} = [\Omega]$$

wobei:

Z_e	Erdungsimpedanz
R_e	Erdungswiderstand (ausschließlich Reaktanz)
R_c	Impedanz der Hilfsstrom-Prüfspitze (H)
I_e	Eingespeister Prüfstrom
U_{H-E}	Prüfspannung zwischen den Anschlüssen H und E
f_{set}	Testfrequenz

In **Anhang B Funktionsweise und Platzierung der Prüfspitzen** finden Sie weitere Informationen über das Anbringen der Erdungshilfsstrom-Prüfspitze (H).

Der Test kann über das Fenster für 3-polige Messungen gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Testmodus, Prüfspannung, Testfrequenz, Abstand und Grenzwert (Ze)) bearbeitet werden.

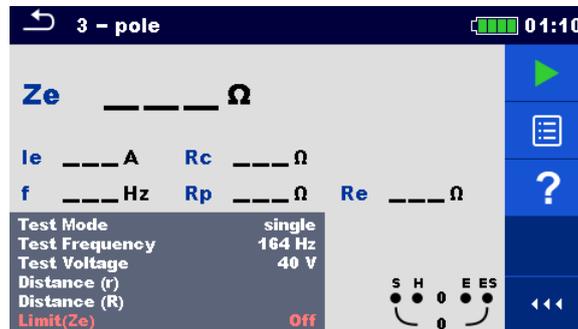


Abbildung 11.10: Menü 3-polige Messung

Prüfparameter für 3-polige Messungen:

Prüfmodus	Prüfmodus: [Einzeln]
Testfrequenz	Testfrequenz einstellen: [55 Hz, 82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz]
Prüfspannung	Prüfspannung einstellen: [20 V oder 40 V]
Entfernung (r)	Entfernung zwischen der Prüfspitze E und S (benutzerdefiniert).
Entfernung (R)	Entfernung zwischen E und dem Hilfserdstab H (benutzerdefiniert).
Grenzwert (Ze)	Grenzwertauswahl: [AUS, benutzerdefiniert, 0,1 Ω – 5,00 kΩ]

3-poliges Messverfahren:

- Wählen Sie die 3-polige Messfunktion.
- Stellen Sie die Prüfparameter (Spannung, Frequenz, Entfernung und Grenzwert) ein.
- Schließen Sie die Prüfleiter an das Gerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Taste "Run", um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis das Prüfergebnis auf dem Bildschirm angezeigt wird.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

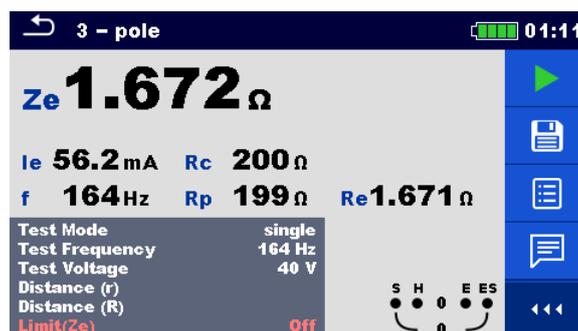


Abbildung 11.11: Beispiel für ein 3-poliges Messergebnis

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Prüfgerät zeigt in diesem Fall die "Rausch"-Warnung an.

Hinweise (Prüfspitzen):

- Eine hohe Impedanz der H-Prüfspitze könnte die Messergebnisse beeinflussen. In diesem Fall werden die Warnungen "Rp" und "Rc" angezeigt.
- Die Prüfspitzen müssen in ausreichendem Abstand zum Prüfling platziert werden.

11.3.3 4-polige Messung

Der Vorteil der vierpoligen Messung besteht darin, dass die Leitungen und Übergangswiderstände zwischen dem Messanschluss E und dem Prüfling die Messung nicht beeinflussen.

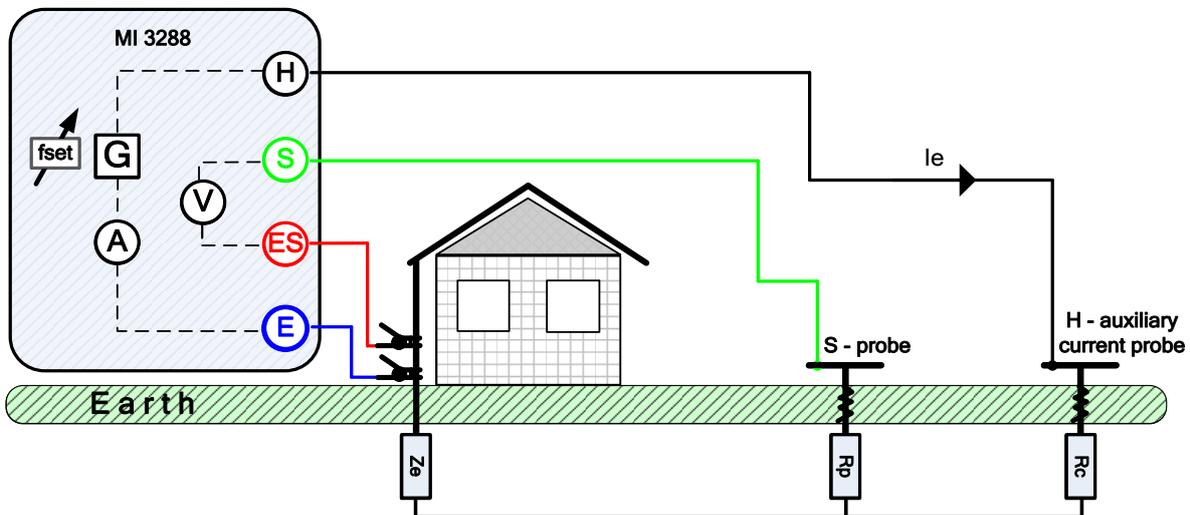


Abbildung 11.12: Beispiel für 4-polige Messung

Während der Messung wird ein sinusförmiger Strom I_e über eine Hilfsstrom-Prüfspitze (H) in die Erde eingespeist. Die Impedanz der Hilfsprüfspitze (H) sollte so niedrig wie möglich sein, um einen hohen Prüfstrom einspeisen zu können. Die Impedanz R_c kann durch die Verwendung mehrerer parallel geschalteter Prüfspitzen verringert werden. Ein höherer eingespeister Strom verbessert die Immunität gegen störende Erdungsströme. Der differentielle Spannungsabfall wird mit den Hilfspotenzial-Prüfspitzen (S) und (ES) gemessen. Die Erdungsimpedanz Z_e wird anhand des Spannungs-Strom-Verhältnisses ermittelt.

Im folgenden Beispiel wird die Erdungsimpedanz gemessen:

$$Z_e = \frac{U_{S-ES} [V]}{I_e [A]} = [\Omega]$$

wobei:

Z_e	Erdungsimpedanz
R_e	Erdungswiderstand (ohne Blindwiderstand)
R_c	Impedanz der Hilfsstrom-Prüfspitze (H)
R_c	Impedanz der Hilfspotenzial-Prüfspitze (S)
I_e	Eingespeister Prüfstrom
U_{S-ES}	Prüfspannung zwischen den Anschlüssen S und ES
f_{set}	Testfrequenz

In **Anhang B Funktionsweise und Platzierung der Prüfspitzen** finden Sie weitere Informationen über das Anbringen der Erdungshilfsstrom- (H) und Potenzialprüfspitze (S).

Der Test kann über das Fenster für 4-polige Messungen gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Testmodus, Prüfspannung, Testfrequenz, Abstand und Grenzwert (Z_e)) bearbeitet werden.

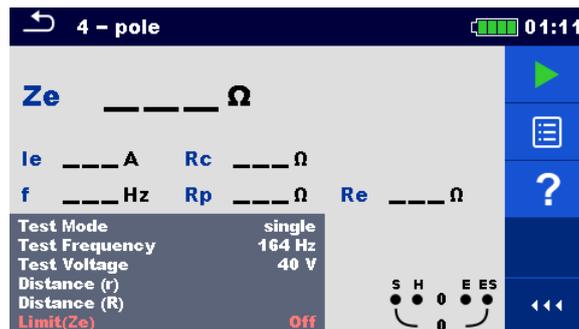


Abbildung 11.13: Menü für 4-polige Messungen

Testparameter für 4-polige Messungen:

Testmodus	Testmodus: [einzeln]
Testfrequenz	Testfrequenz festlegen: [55 Hz, 82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz]
Prüfspannung	Prüfspannung festlegen: [20 V oder 40 V]
Abstand (r)	Abstand zwischen den Prüfspitzen E und S (benutzerdefiniert).
Abstand (R)	Abstand zwischen E und Hilfserdungsstab H (benutzerdefiniert).
Grenzwert (Ze)	Auswahl des Grenzwerts: [AUS, 0,1 Ω ... 5,00 kΩ]

Verfahren für 4-polige Messungen

- Wählen Sie die 4-polige Messfunktion aus.
- Legen Sie die Testparameter (Spannung, Frequenz, Abstand und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüfleitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

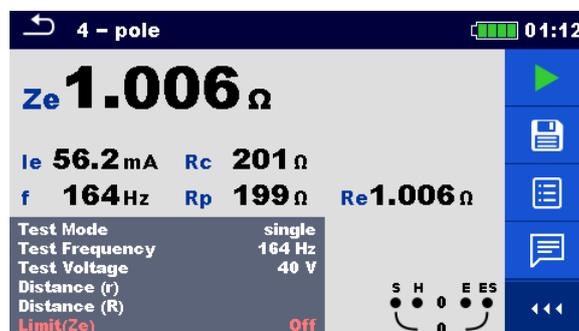


Abbildung 11.14: Beispiel für ein 4-poliges Messergebnis

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Testgerät zeigt in diesem Fall die Warnung „Rauschen“ an.

Hinweis (Prüfspitzen):

- Eine hohe Impedanz der Prüfspitzen S und H kann die Messergebnisse beeinflussen. In diesem Fall werden die Warnungen „Rp“ und „Rc“ angezeigt.
- Die Prüfspitzen müssen in ausreichendem Abstand zum Prüfling platziert werden.

11.3.4 Selektive Messung (Eisenzange)

Diese Messung dient zum Messen selektiver Erdungswiderstände einzelner Erdungspunkte eines Erdungssystems. Die Erdungsstäbe müssen während der Messung nicht abgeklemmt werden. Für diese Messung wird eine 4-polige Verdrahtung verwendet.

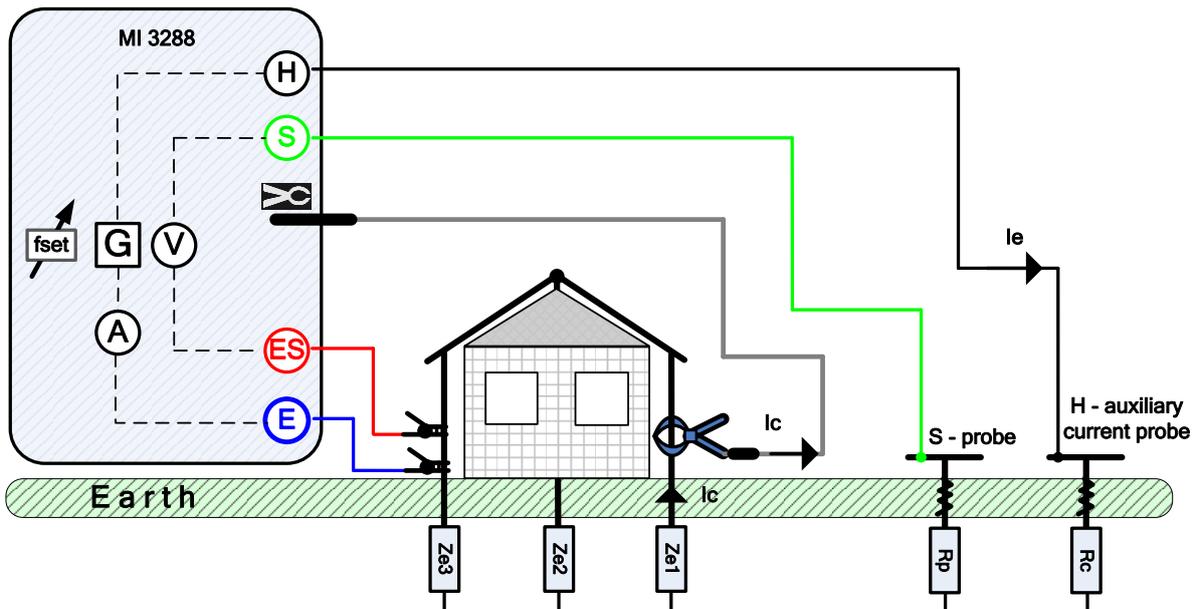


Abbildung 11.15: Beispiel für eine selektive Messung (Eisenzange)

Während der Messung wird ein sinusförmiger Strom I_e über eine Hilfsstrom-Prüfspitze (H) in die Erde eingespeist. Die Impedanz der Hilfsprüfspitze (H) sollte so niedrig wie möglich sein, um einen hohen Prüfstrom einspeisen zu können. Die Impedanz R_c kann durch die Verwendung mehrerer parallel geschalteter Prüfspitzen verringert werden. Ein höherer eingespeister Strom verbessert die Immunität gegen störende Erdungsströme. Der Spannungsabfall wird mit den Hilfspotential-Prüfspitzen (S) und (ES) gemessen. Der selektive Strom I_c wird über die vom Benutzer ausgewählte Erdungselektrode (Z_{e1}) gemessen. Die ausgewählte Erdungsimpedanz Z_{sel} wird anhand des Verhältnisses von Spannung und Strom (externe Stromzange – I_c) ermittelt. Gemäß dem Beispiel wird die selektive (individuelle) Erdungsimpedanz gemessen:

$$Z_{sel} = \frac{U_{S-ES}[V]}{I_c[A] \cdot N} = \frac{U_{S-ES}[V]}{I_{Ze1}[A]} = [\Omega] \quad I_c = \frac{Z_{e1} || Z_{e2} || Z_{e3}}{Z_{e1}} * I_e = [A]$$

wobei:

Z_{sel}	Ausgewählte Erdungsimpedanz
Z_{e1-3}	Erdungsimpedanz
R_c	Impedanz der Hilfsstrom-Prüfspitze (H)
R_p	Impedanz der Hilfspotenzial-Prüfspitze (S)
I_e	Eingespeister Prüfstrom
I_c	Gemessener Strom mit Eisenzange
U_{S-ES}	Prüfspannung zwischen den Anschlüssen S und ES
N	Windungsverhältnis der Stromzangen (je nach Modell)
f_{set}	Testfrequenz

In **Anhang B Funktionsweise und Platzierung der Prüfspitzen** finden Sie weitere Informationen über das Anbringen der Erdungshilfsstrom- (H) und Potenzialprüfspitze (S).

Der Test kann über das Fenster für selektive Messungen (Eisenzange) gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Testmodus, Zangentyp, Testfrequenz, Abstand und Grenzwert (Z_{sel})) bearbeitet werden.

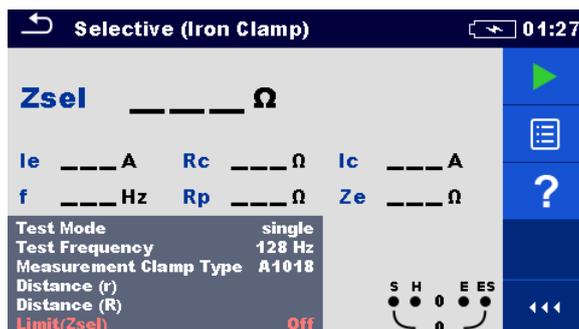


Abbildung 11.16: Menü für selektive Messungen (Eisenzange)

Testparameter für selektive Messungen (Eisenzange):

Testmodus	Prüfmodus: [einzeln]
Testfrequenz	Testfrequenz festlegen: [55 Hz, 82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz]
Zangentyp	Zangentyp: [A1281]
Abstand (r)	Abstand zwischen den Prüfspitzen E und S (benutzerdefiniert).
Abstand (R)	Abstand zwischen E und Hilfserdungsstab H (benutzerdefiniert).
Grenzwert (Zsel)	Auswahl des Grenzwerts: [AUS, Benutzerdefiniert, 0,1 Ω ... 5,00 k Ω]

Verfahren für selektive Messungen (Eisenzange):

- Wählen Sie die Messfunktion „Selektive Messung (Eisenzange)“ aus.
- Legen Sie die Testparameter (Frequenz, Abstand und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüfleitungen und die Zange an das Gerät und den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

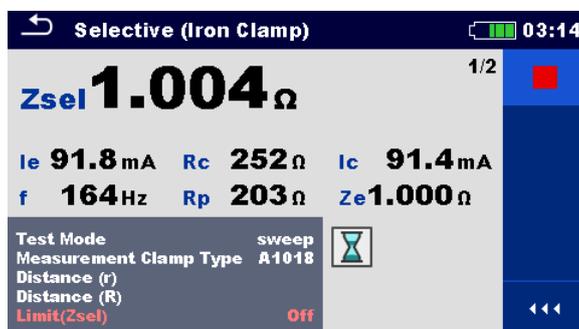


Abbildung 11.17: Beispiel für das Ergebnis einer selektiven Messung (Eisenzange):

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Testgerät zeigt in diesem Fall die Warnung „Rauschen“ an.

Hinweis (Prüfspitzen):

- Eine hohe Impedanz der Prüfspitzen S und H kann die Messergebnisse beeinflussen. In diesem Fall werden die Warnungen „Rp“ und „Rc“ angezeigt.
- Die Prüfspitzen müssen in ausreichendem Abstand zum Prüfling platziert werden.

11.3.5 Messen mit zwei Zangen

Dieses Messsystem wird zum Messen der Erdungsimpedanz von Erdungsstäben, Kabeln, unterirdischen Erdungsverbindungen usw. verwendet. Die Messmethode erfordert eine geschlossene Schleife, um Prüfströme erzeugen zu können. Diese Methode ist besonders für

den Einsatz in Stadtgebieten geeignet, wo in der Regel keine Prüfspitzen eingesetzt werden können.

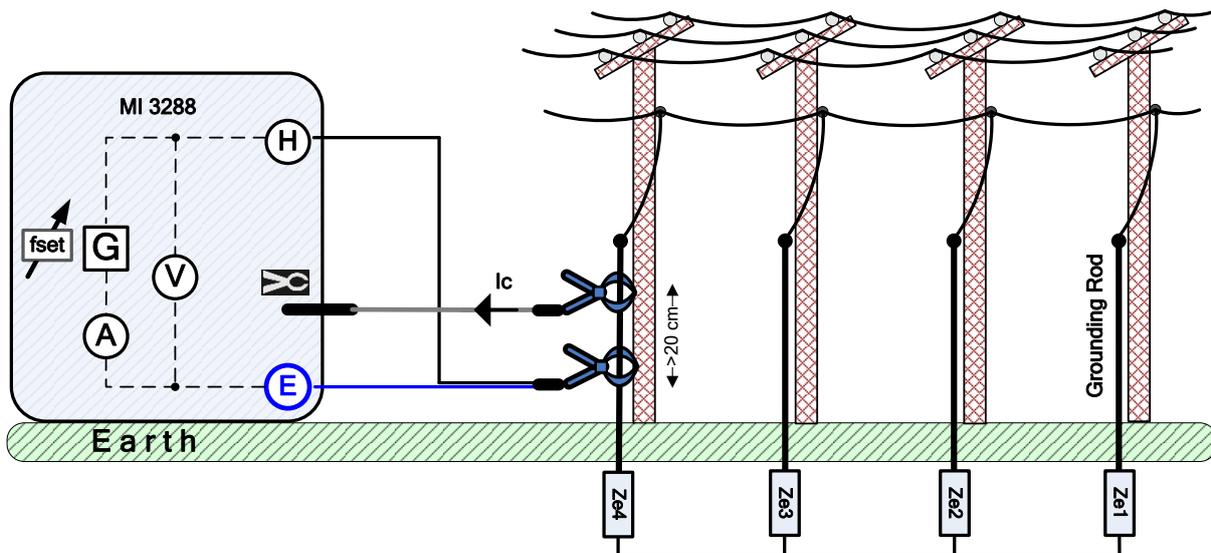


Abbildung 11.18: Beispiel für das Messen mit zwei Zangen

Die Antriebszange (Generator) speist eine Spannung in das Erdungssystem ein. Die eingespeiste Spannung erzeugt in der Schleife einen Prüfstrom. Wenn die gesamte Schleifenerdungsimpedanz der parallel geschalteten Elektroden Z_{e1} , Z_{e2} , Z_{e3} und Z_{e4} erheblich niedriger ist, als die Impedanz der geprüften Elektrode Z_{e4} , kann das Ergebnis als $\approx Z_{e4}$ betrachtet werden. Weitere individuelle Impedanzen können gemessen werden, indem andere Elektroden von den Stromzangen umschlossen werden.

Gemäß diesem Beispiel wird die individuelle Erdungsimpedanz gemessen:

$$Z_{e4} + (Z_{e1} || Z_{e2} || Z_{e3}) = \frac{U_{H-E} [V] * \frac{1}{N}}{I_c [A]} = [\Omega]$$

wobei:

Z_{e1-e4}	Erdungsimpedanz
I_c	Gemessener Strom mit Eisenzange
U_{H-E}	Prüfspannung zwischen den Anschlüssen H und E
N	Übersetzungsverhältnis der Antriebszange (Generator) (abhängig vom Zangenmodell)
f_{set}	Testfrequenz

Hinweis:

- Der Erdungswiderstandstest mit zwei Zangen wird mitunter auch als „Schleifenwiderstandstest“ bezeichnet.

Der Test kann über das Fenster für Messungen mit zwei Zangen gestartet werden. Vor dem Durchführen der Tests können die folgenden Parameter (Messzangentyp, Testfrequenz, Generatorzangentyp und Grenzwert (Z_e)) bearbeitet werden.



Abbildung 11.19: Menü für das Messen mit zwei Zangen

Testparameter für zwei Zangen:

Messzangentyp	Messzangentyp: [A1281]
Testfrequenz	Testfrequenz festlegen: [82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz]
Generatorzangentyp	Generatorzangentyp: [A1019]
Grenzwert (Ze)	Auswahl des Grenzwerts [AUS, Benutzerdefiniert, 0,1 Ω ... 40 Ω]

Verfahren für das Messen mit zwei Zangen

- Wählen Sie die Messfunktion mit zwei Zangen aus.
- Legen Sie die Testparameter (Frequenz und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Zangen am Gerät und am Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Drücken Sie erneut auf die Taste „Run“, um die Messung zu starten.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

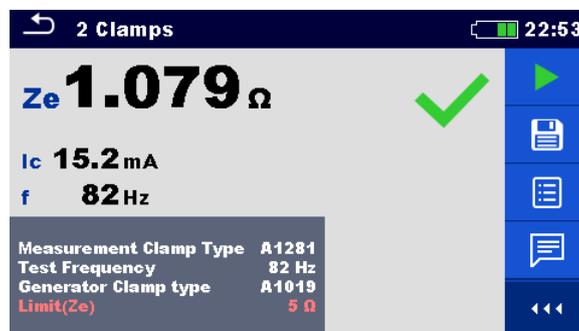


Abbildung 11.20: Beispiel für das Ergebnis einer Messung mit zwei Zangen

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Testgerät zeigt in diesem Fall die Warnung „Rauschen“ an.

11.4 Spezifische Erdungswiderstandsmessungen [ρ]

Diese Messung wird durchgeführt, um eine genauere Berechnung von Erdungsanlagen zu ermöglichen, z. B. von Hochspannungsmasten, großen Industrieanlagen, Blitzableiteranlagen usw. Für die Messung sollte eine AC-Prüfspannung verwendet werden. Eine DC-Prüfspannung ist wegen möglicher elektrochemischer Prozesse im zu messenden Erdungsmaterial nicht geeignet. Der spezifische Erdungswiderstand wird in Ωm oder Ωft angegeben, der absolute Wert ist von der Struktur des Erdungsmaterials abhängig.

Spezifischer Erdungswiderstand	Messung	Testmodus	Entfernung	Grenzwert	Filter	Test Spannung
ρ	Wenner-Methode	einzel	m/ft	Ja	FFT	20/40 V
	Schlumberger-Methode	einzel	m/ft	Ja	FFT	20/40 V

Tabelle 11.6: Mit dem MI 3288 durchführbare spezifische Erdungswiderstandsmessungen

11.4.1 Allgemeines zur spezifischen Erdung

Worum handelt es sich beim spezifischen Erdungswiderstand?

Es handelt sich um den Widerstand des Erdungsmaterials in Form eines Würfels von $1 \times 1 \times 1 \text{ m}$, wobei die Messelektroden an den gegenüberliegenden Seiten des Würfels angebracht werden (siehe folgende Abbildung).

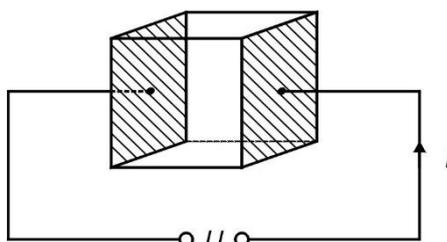


Abbildung 11.21: Darstellung des spezifischen Erdungswiderstands

In der folgenden Tabelle finden Sie Richtwerte für den spezifischen Erdungswiderstand einiger typischer Erdungsmaterialien.

Art des Erdungsmaterials	Spezifischer Erdungswiderstand in Ωm	Spezifischer Erdungswiderstand in Ωft
Meerwasser	0,5	1,6
See- oder Flusswasser	10 - 100	32,8 - 328
Gepflügte Erde	90 - 150	295 - 492
Beton	150 - 500	492 - 1640
Nasser Schotter	200 - 400	656 - 1312
Feiner trockener Sand	500	1640
Kalk	500 - 1000	1640 - 3280
Trockener Schotter	1000 - 2000	3280 - 6562
Steiniger Boden	100 - 3000	328 - 9842

Tabelle 11.7: Typische Werte der spezifischen Erdungswiderstände in Abhängigkeit von der Art des Bodenmaterials

11.4.2 Messungen mit der Wenner-Methode

Platzieren Sie die vier Erdungsprüfspitzen auf einer geraden Linie in einem Abstand **a** voneinander sowie in einer Tiefe **b** < **a/20**. Der Abstand **a** muss zwischen 0,1 m und 49,9 m liegen. Schließen Sie das 4-Leiter-Erdungsprüfkabel am MI 3288 und an den Anschlüssen H, S, ES und E an, indem Sie die Prüfspitzenleiter an den Prüfspitzen anschließen.

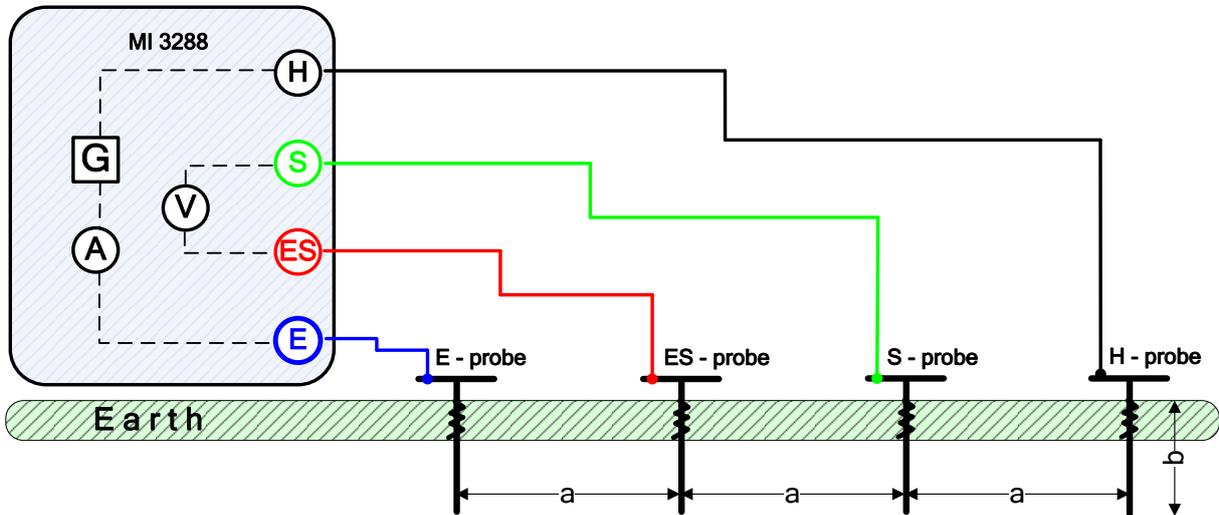


Abbildung 11.22: Beispiel für die Wenner-Methode

Wenner-Methode mit identischen Abständen zwischen den Prüfspitzen:

$$b < \frac{a}{20}$$

$$\rho_{wenner} = 2 \cdot \pi \cdot a \cdot R_e = [\Omega m]$$

wobei:

- R_e Gemessener Erdungswiderstand für die 4-polige Methode
- a Abstand zwischen den Erdungsprüfspitzen
- b Tiefe der Erdungsprüfspitzen
- π Bei der Zahl π handelt es sich um eine mathematische Konstante (3,14159)

Der Test kann über das Messfenster für die Wenner-Methode gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Prüfspannung, Längeneinheit, Abstand a und Grenzwert (ρ)) bearbeitet werden.

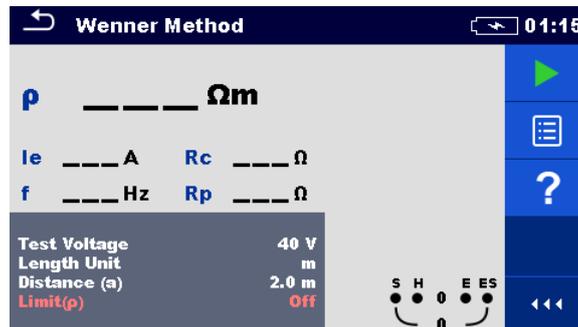


Abbildung 11.23: Menü für Messungen mit der Wenner-Methode

Testparameter für die Wenner-Methode:

Prüfspannung	Prüfspannung festlegen: [20 V oder 40 V]
Längeneinheit	Längeneinheit festlegen: [m oder ft]
Abstand a	Abstand zwischen den Erdungsprüfspitzen festlegen: [0,1 m – 49,9 m] oder [1 ft – 200 ft]
Grenzwert (ρ)	Auswahl des Grenzwerts: [AUS, 0,1 Ω m ... 900 k Ω m] Auswahl des Grenzwerts: [AUS, 1 Ω ft ... 900 k Ω ft]

Verfahren für Messungen mit der Wenner-Methode:

- Wählen Sie als Messfunktion die Wenner-Methode aus.
- Legen Sie die Testparameter (Spannung, Einheit, Abstand und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüflitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

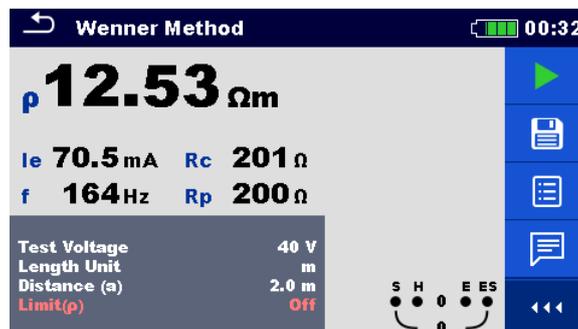


Abbildung 11.24: Beispiel für das Ergebnis einer Messung mit der Wenner-Methode

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Testgerät zeigt in diesem Fall die Warnung „Rauschen“ an.

Hinweis (Prüfspitzen):

- Eine hohe Impedanz der Prüfspitzen S und H kann die Messergebnisse beeinflussen. In diesem Fall werden die Warnungen „Rp“ und „Rc“ angezeigt.

11.4.3 Messungen mit der Schlumberger-Methode

Platzieren Sie die beiden Erdungsprüfspitzen (ES und S) in einem Abstand **d** voneinander, und platzieren Sie die beiden zweiten Erdungsprüfspitzen (E und H) in einem Abstand **a** von den ES- und S-Prüfspitzen. Alle Prüfspitzen müssen auf einer geraden Linie und in der Tiefe **b** platziert werden, wobei die Bedingung $b \ll a, d$ zu berücksichtigen ist. Der Abstand **d** muss zwischen 0,1 m und 24,9 m liegen, und der Abstand **a** muss $a > 2 \cdot d$ entsprechen. Schließen Sie das 4-Leiter-Erdungsprüfkabel am MI 3288 und an den Anschlüssen H, S, ES und E an, indem Sie die Prüfspitzenleiter an den Prüfspitzen anschließen.

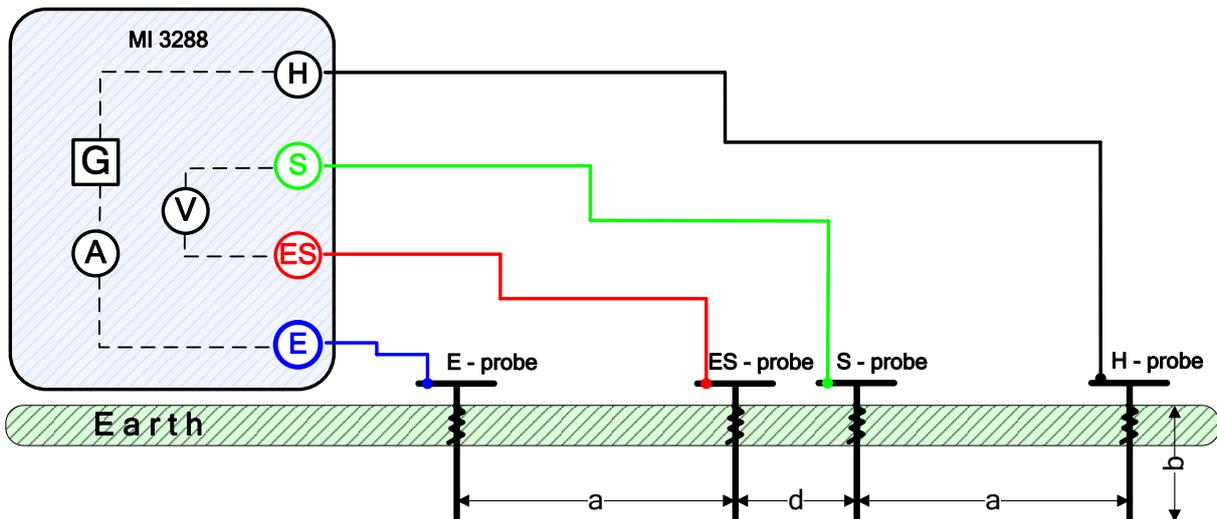


Abbildung 11.25: Beispiel für die Schlumberger-Methode

Schlumberger-Methode mit ungleichmäßigen Abständen zwischen den Prüfspitzen:

$$b \ll a, d \quad a > 2 \cdot d$$

$$\rho_{\text{schlumberger}} = \frac{\pi \cdot a \cdot (a + d) \cdot R_e}{d} = [\Omega m]$$

wobei:

- R_e Gemessener Erdungswiderstand für die 4-polige Methode
 a Abstand zwischen den Erdungsprüfspitzen (E, ES) und (H, S)
 d Abstand zwischen den Erdungsprüfspitzen (S, ES)
 b Tiefe der Erdungsprüfspitzen
 π Bei der Zahl π handelt es sich um eine mathematische Konstante (3,14159)

Der Test kann über das Messfenster für die Schlumberger-Methode gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Prüfspannung, Einheit, Abstand a, Abstand d und Grenzwert (ρ)) bearbeitet werden.

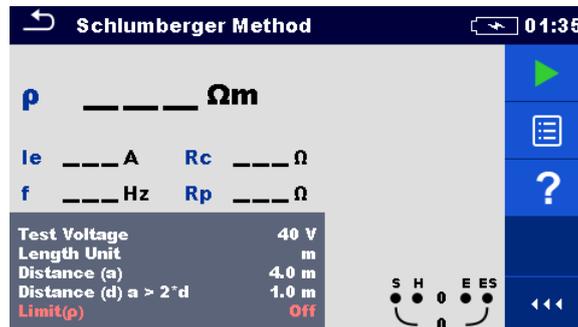


Abbildung 11.26: Menü für Messungen mit der Schlumberger-Methode

Testparameter für die Schlumberger-Methode:

Prüfspannung	Prüfspannung festlegen: [20 V oder 40 V]
Längeneinheit	Längeneinheit festlegen: [m oder ft]
Abstand a	Abstand zwischen den Erdungselektroden festlegen: [0,1 – 49,9 m] oder [1 – 200 ft]
Abstand d	Abstand zwischen den Erdungselektroden festlegen: [0,1 – 49,9 m] oder [1 – 200 ft]
Grenzwert (ρ)	Auswahl des Grenzwerts: [AUS, 0,1 Ω m ... 900 k Ω m] Auswahl des Grenzwerts: [AUS, 1 Ω ft ... 900 k Ω ft]

Verfahren für Messungen mit der Schlumberger-Methode:

- Wählen Sie als Messfunktion die Schlumberger-Methode aus.
- Legen Sie die Testparameter (Spannung, Einheit, Abstände und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüflleitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

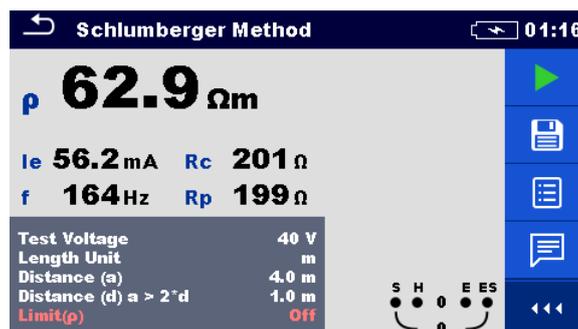


Abbildung 11.27: Beispiel für ein Ergebnis der Schlumberger-Methode

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Testgerät zeigt in diesem Fall die Warnung „Rauschen“ an.

Hinweis (Prüfspitzen):

- Eine hohe Impedanz der Prüfspitzen S und H kann die Messergebnisse beeinflussen. In diesem Fall werden die Warnungen „Rp“ und „Rc“ angezeigt.

11.5 Erdungspotenzial [Us]

Eine im Boden verlegte Erdungselektrode/ein Erdungsgitter verfügt über einen bestimmten Widerstand, der von der Größe, der Oberfläche (Oxide auf der Metalloberfläche) und dem Bodenwiderstand rund um die Elektrode abhängt. Der Erdungswiderstand ist nicht auf einen Punkt konzentriert, sondern verteilt sich rund um die Elektrode. Eine ordnungsgemäße Erdung freiliegender leitfähiger Teile stellt sicher, dass die Spannung im Falle eines Fehlers unter einem gefährlichen Wert verbleibt.

Wenn ein Fehler auftritt, fließt ein Fehlerstrom durch die Erdungselektrode. Um die Elektrode herum entsteht eine typische Spannungsverteilung (der „Spannungstrichter“). Der größte Teil des Spannungsabfalls konzentriert sich rund um die Erdungselektrode. In *Abbildung 11.28* wird dargestellt, wie Fehler-, Schritt- und Berührungsspannungen infolge von Fehlerströmen entstehen, die durch die Erdungselektrode/das Gitter im Boden fließen.

Die Fehlerströme in der Nähe von Energieverteilungsobjekten (Umspannwerke, Verteilertürme, Anlagen) können sehr hoch sein und bis zu 200 kA betragen. Dies kann zu gefährlichen Schritt- und Berührungsspannungen führen. Bei (beabsichtigten oder zufälligen) unterirdischen Metallverbindungen kann der Spannungstrichter atypische Formen annehmen, sodass weit von der Fehlerstelle entfernt hohe Spannungen auftreten können. Daher muss die Spannungsverteilung im Falle eines Fehlers in der Nähe dieser Objekte sorgfältig analysiert werden.

Im folgenden Beispiel werden Schritt- und Berührungsspannung dargestellt:

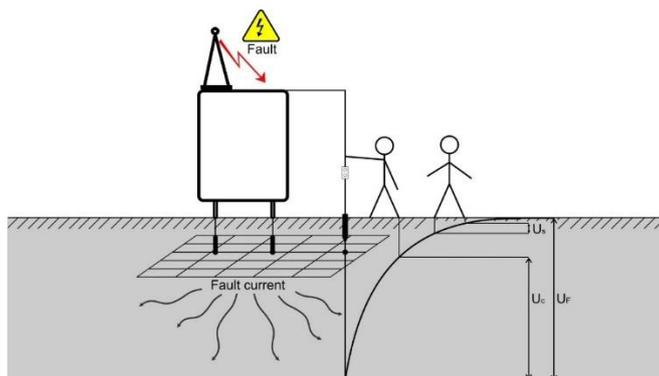


Abbildung 11.28: Gefährliche Spannungen eines fehlerhaften Erdungssystems

wobei:

- U_s Schrittspannung im Falle eines Fehlerstroms
- U_c Berührungsspannung im Falle eines Fehlerstroms
- U_f Fehlervoltage

Die Norm IEC 61140 definiert die folgenden maximal zulässigen Beziehungen zwischen Zeit und Berührungsspannung:

Maximale Expositionsdauer	Spannung
>5 s bis ∞	U _c ≤ 50 V AC oder ≤ 120 V DC
< 0,4 s	U _c ≤ 115 V AC oder ≤ 180 V DC
< 0,2 s	U _c ≤ 200 V AC
< 0,04 s	U _c ≤ 250 V AC

Tabelle 11.8: Maximale Zeitdauern von Fehlervoltages

Bei einer längeren Exposition müssen die Berührungsspannungen unter 50 V verbleiben.

11.5.1 Schritt- und Berührungsmessung

Schrittspannung

Die Messung wird zwischen in einem Abstand von 1 m zwei Erdungspunkten durchgeführt (siehe Abbildung). Die Metallplatten (S2053) simulieren die Füße. Die Spannung zwischen den Prüfspitzen wird mit einem Voltmeter mit einem Außenwiderstand von 1 k Ω (Adapter A 1597) gemessen, der den Widerstand des Gehäuses simuliert.

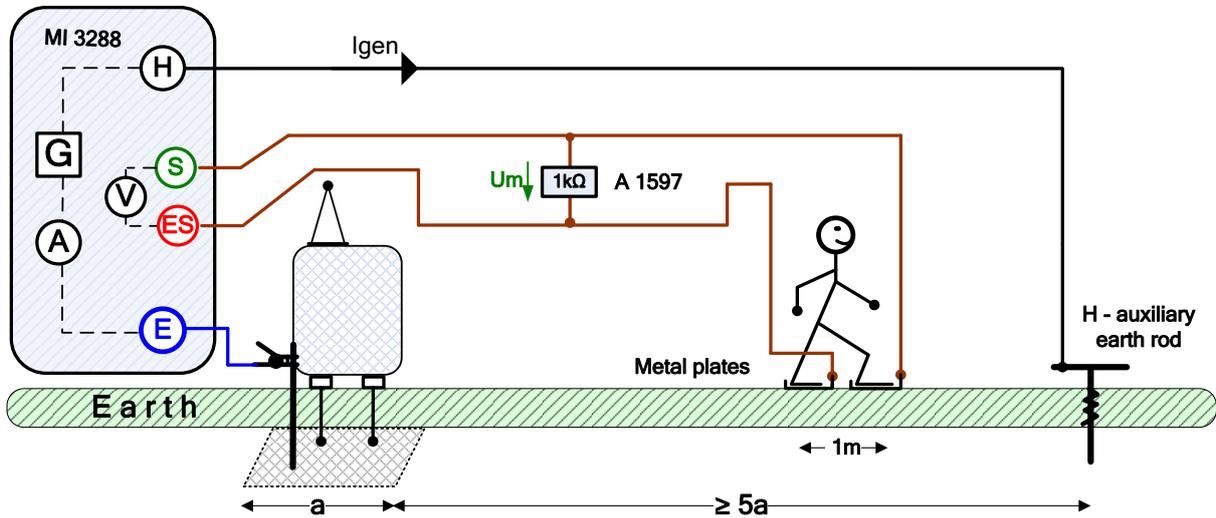


Abbildung 11.29: Beispiel für die Schrittspannung

Berührungsspannung

Die Messung wird zwischen einem geerdeten, zugänglichen Metallteil und der Erde in einem Abstand von 1 m durchgeführt (siehe Abbildung). Die Spannung zwischen den Metallplatten (S2053) wird mit einem Voltmeter mit einem Außenwiderstand von 1 k Ω (Adapter A 1597) gemessen, der den Widerstand des Gehäuses simuliert.

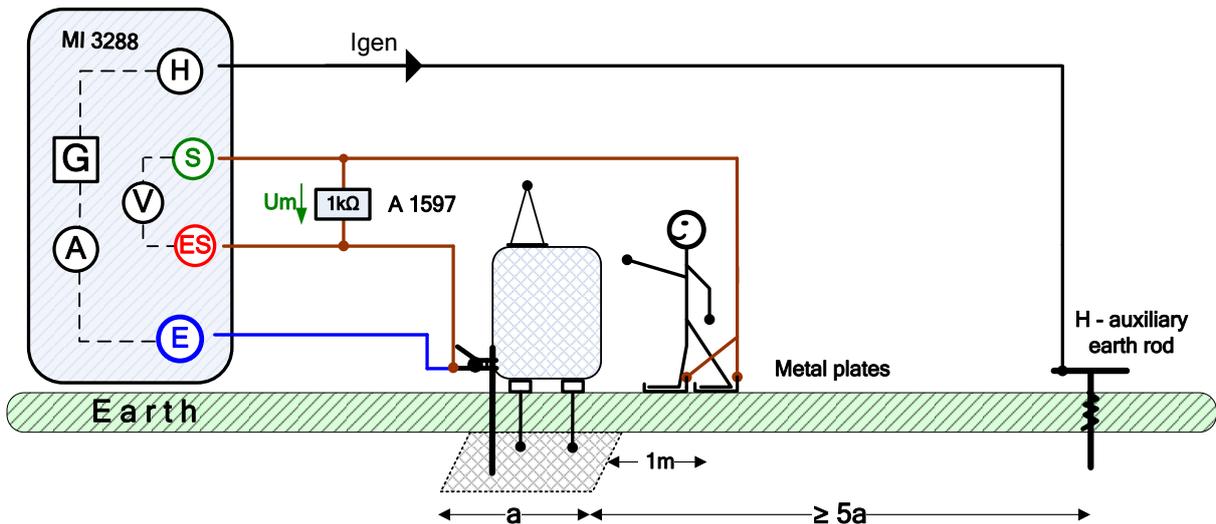


Abbildung 11.30: Beispiel für die Berührungsspannung

Während der Messung wird ein sinusförmiger Strom I_{gen} über eine Hilfsprüfspitze (H) in die Erde eingespeist. Der Widerstand der Hilfsprüfspitze (H) sollte so niedrig wie möglich sein, um einen hohen Prüfstrom einspeisen zu können. Der Widerstand R_c kann durch die Verwendung mehrerer parallel geschalteter Prüfspitzen verringert werden. Ein höherer eingespeister Strom verbessert die Immunität gegen störende Erdungsströme. Der Spannungsabfall wird mithilfe eines hochempfindlichen Voltmeters gemessen. Da der Prüfstrom in der Regel nur einen kleinen Bruchteil des höchsten Fehlerstroms ausmacht, müssen die gemessenen Spannungen gemäß der folgenden Gleichung hochskaliert werden:

$$U_s = U_m \cdot \frac{I_{fault}}{I_{gen}}$$

wobei:

U_s Berechnete Schritt- oder Berührungsspannung im Falle eines Fehlerstroms

U_m Prüfspannungsabfall laut Voltmeter

I_{fault} Eingestellter Fehlerstrom (maximaler Erdstrom im Fehlerfall)

I_{gen} Prüfstrom, der zwischen den Anschlüssen und H (C1) und E (C2) eingespeist wird

Der Test kann über das Fenster für Schritt und Berührung gestartet werden.

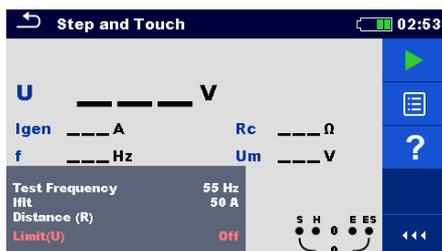


Abbildung 11.31: Schritt- und Berührungsmenü

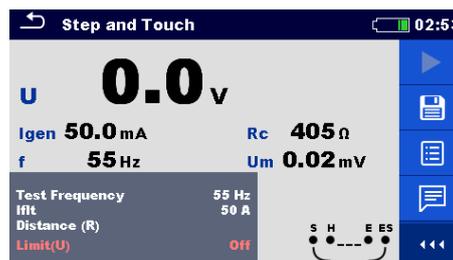


Abbildung 11.32: Beispiel für ein Ergebnis im Schritt- und Berührungsmenü

Testparameter für Schritt- und Berührungsmessungen:

Testfrequenz Testfrequenz festlegen: [55 Hz, 82 Hz]

Iflt Fehlerstrom [1 A – 200 kA].

Abstand R Abstand zwischen E und Hilfserdungsstab H (benutzerdefiniert).

Grenzwert (U) Auswahl des Grenzwerts: [AUS, 25 V – 400 V]

Verfahren für Schritt- und Berührungsmessungen

- Wählen Sie die Schritt- und Berührungsmessung aus.
- Schließen Sie die Prüflleitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!**
- Hohe Störströme und -spannungen in der Erde könnten die Messergebnisse beeinflussen. Das Testgerät zeigt in diesem Fall die Warnung „Rauschen“ an.**

Hinweis (Prüfspitzen):

- Eine hohe Impedanz der Prüfspitze H kann die Messergebnisse beeinflussen.**
- Die Prüfspitzen müssen in ausreichendem Abstand zum Prüfling platziert werden.**

11.6 DC-Widerstand [R]

DC Widerstand	Messung	Testmodus	Testmethode	Grenzwert	Filter	Test Strom
R	$\mu\Omega$ - Messgerät (2A)	einzel Durchg. Induktiv	4-Leiter	Ja	DC	2 A 1 A 100 mA 10 mA
	Ω -Messgerät (200mA)	einzel	2-Leiter 4-Leiter	Ja	DC	200 mA
	Ω -Messgerät (7mA)	Durchg.	2-Leiter	Ja	DC	7 mA

Tabelle 11.9: Mit dem MI 3288 durchführbare DC-Widerstandsmessungen

Vier-Leiter-Kelvin-Methode

Beim Messen von Widerständen $<20 \Omega$ wird empfohlen, ein Vier-Leiter-Messverfahren (Abbildung 11.33) einzusetzen, um eine hohe Genauigkeit zu erreichen. Bei dieser Art von Messkonfiguration wird der Prüflingwiderstand nicht in die Messung einbezogen, sodass weder eine Kalibrierung noch ein Abgleich der Leitungen erforderlich ist.

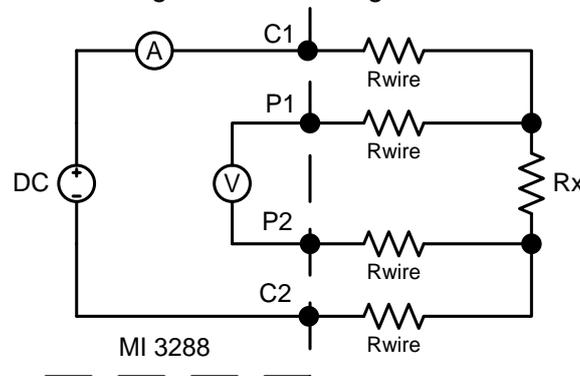


Abbildung 11.33: Vier-Leiter-Kelvin-Methode

Der Messstrom wird mithilfe der Prüfspitzen C1 und C2 durch den unbekannten Widerstand R_x geleitet. Die Platzierung dieser Prüfspitzen ist nicht entscheidend, sie sollte jedoch stets außerhalb der Prüfspitzen P1 und P2 liegen. Der Spannungsabfall über R_x wird mit P1 und P2 gemessen, die genau an den zu messenden Punkten platziert werden sollten.

Hinweis zu mangelhaften Anschlüssen:

- Die meisten Messfehler werden durch einen mangelhaften oder inkonsistenten Anschluss des Prüflings verursacht. Es ist unbedingt darauf zu achten, dass der Prüfling über saubere sowie oxid- und schmutzfreie Kontakte verfügt. Ein hochohmiger Anschluss führt zu Fehlern und kann verhindern, dass der ausgewählte Strom fließt, da der Widerstand der C1-C2-Schleife hoch ist.

Hinweis:

- Das **Ohmsche Gesetz** besagt, dass der Strom, der durch einen Leiter zwischen zwei Punkten fließt, direkt proportional zur Potenzialdifferenz oder Spannung zwischen den beiden Punkten und umgekehrt proportional zum Widerstand zwischen diesen ist. Folgende mathematische Gleichung beschreibt diese Beziehung:

$$I[\text{Amper}] = \frac{U[\text{Volt}]}{R[\text{Ohm}]} \Rightarrow R_x[\text{Ohm}] = \frac{U[\text{Volt}]}{I[\text{Amper}]}$$

Hinweis zur thermischen EMK:

- Eine Verbindung zwischen zwei verschiedenen Metallen erzeugt eine Spannung, die mit einer Temperaturdifferenz zusammenhängt (Thermoelement). Das MI 3288 eliminiert den Effekt der thermischen EMK, indem es den Widerstand in beiden Richtungen des Stromflusses +I und -I misst.

11.6.1 $\mu\Omega$ -Meter Messung

Der **Einzelmodus** dient einer bidirektionalen Messung. Das Gerät misst den Widerstand in beide Richtungen (thermische EMF-Beseitigung). Das Hauptergebnis, das auf der Anzeige angezeigt wird, ist ein Durchschnittswert.

Der **dauerhafte Modus** dient dauerhaften bidirektionalen Messungen. Das Gerät misst den Widerstand in beide Richtungen (thermische EMF-Beseitigung) und wiederholt die Messungen, bis die STOPP-Taste gedrückt wird. Das Hauptergebnis, das auf der Anzeige angezeigt wird, ist ein Durchschnittswert der letzten bidirektionalen Messung.

$$R = \frac{R_+ + R_-}{2}$$

Der **Induktive Modus** dient einer unidirektionalen Messung. Er dient zur Messung des Widerstands an induktiven Objekten. Abhängig von der Objektinduktanz, könnten die Testzeiten bei einer kleineren Objektinduktanz sehr kurz sein oder bei den größeren, hochinduktiven Objekten sehr lang sein.

Bevor der gewünschte Strom (zu Testzwecken) fließen kann, muss diese Energieanforderung erfüllt sein

$$W = 1/2 \times L \times I^2$$

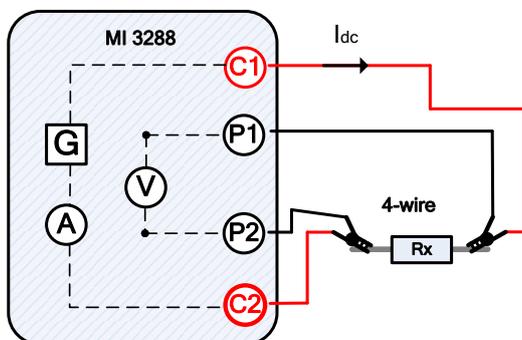


Abbildung 11.34: Beispiel $\mu\Omega$ -Meter

Im Beispiel wird folgender Widerstand gemessen:

$$R = \frac{U_{DC} [V]}{I_{DC} [A]} = [\Omega]$$

wobei:

- R Widerstand
- R+ Ergebnis bei positiver Testpolarität
- R- Ergebnis bei negativer Testpolarität
- I_{dc} Eingespeister Teststrom zwischen den Anschlüssen C1 und C2
- U_{dc} Gemessene DC-Spannung zwischen den Anschlüssen C1 und C2

Der Test kann über das Fenster $\mu\Omega$ - Messgeratmessungen gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Testmodus, Prüfspannung, Testfrequenz, Abstand und Grenzwert (R)) bearbeitet werden.

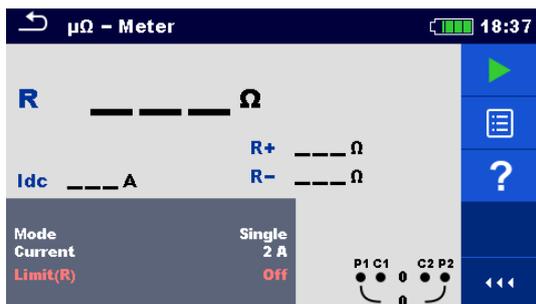


Abbildung 11.35:Menü $\mu\Omega$ -Meter

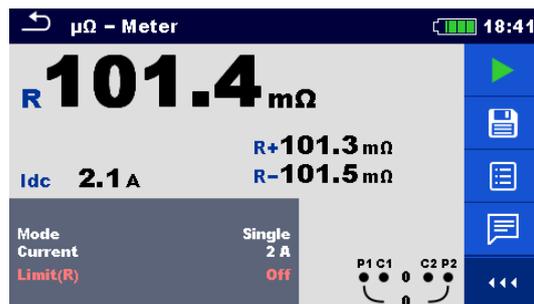


Abbildung 11.36: Beispiel eines $\mu\Omega$ -Meter-Ergebnisses

Prüfparameter für das $\mu\Omega$ -Meter:

Modus	Prüfmodus einstellen: [einzeln, dauerhaft oder induktiv]
Strom	Prüfstrom einstellen: [2 A, 1 A, 100 mA oder 10 mA]
Grenzwert (R)	Grenzwertauswahl: [AUS, Benutzerdefiniert, 1 m Ω – 100 Ω]

$\mu\Omega$ -Meter Messverfahren:

- Wählen Sie die Messfunktion $\mu\Omega$ -Meter.
- Stellen Sie die Prüfparameter (Modus, Strom, Grenzwert) ein.
- Schließen Sie alle Prüfleitungen an das Gerät an.
- Schließen Sie die Prüfleitungen an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Taste "Run", um die Messung zu starten
- Warten Sie, bis das Testergebnis auf dem Bildschirm angezeigt wird.
- Drücken Sie die Taste "Run" erneut, um die Messung zu stoppen (dauerhafter Modus).
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

Hinweis:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!

11.6.2 Messung mit dem Ω -Messgerät (200 mA)

Die Widerstandsmessung wird durchgeführt, um sicherzustellen, dass die Schutzmaßnahmen vor elektrischen Schlägen mithilfe von Erdverbindungen wirkungsvoll sind. Die Widerstandsmessung wird mit einem Gleichstrom von 200 mA durchgeführt.

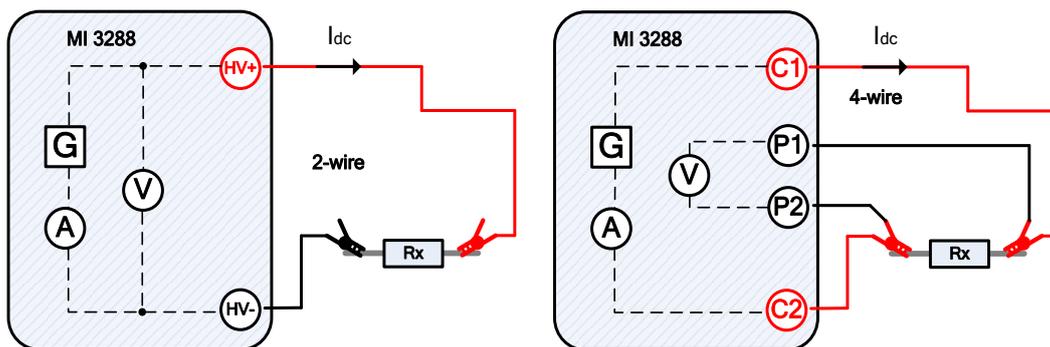


Abbildung 11.37: Beispiel für Ω -Messgerät (200 mA) (2- und 4-Leiter-Testmethode)

Im Beispiel wird folgender Widerstand gemessen:

$$R = \frac{U_{DC} [V]}{I_{DC} [A]} = [\Omega]$$

wobei:

- R Widerstand
- R+ Ergebnis bei positiver Testpolarität
- R- Ergebnis bei negativer Testpolarität
- I_{dc} Eingespeister DC-Prüfstrom zwischen den Anschlüssen C1 und C2 oder HV+ und HV-
- U_{dc} Gemessene DC-Spannung zwischen den Anschlüssen C1 und C2 oder HV+ und HV-

Der Test kann über das Messfenster für das Ω -Messgerät (200 mA) gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Testmethode und Grenzwert (R)) bearbeitet werden.

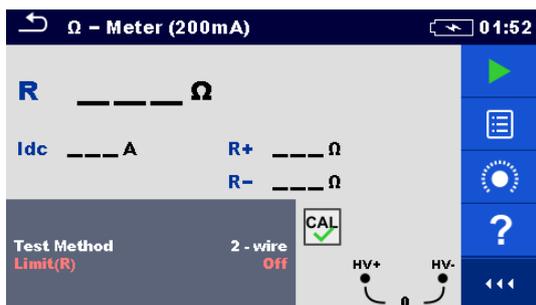


Abbildung 11.38: Menü für das Messen mit dem Ω-Messgerät (200 mA)

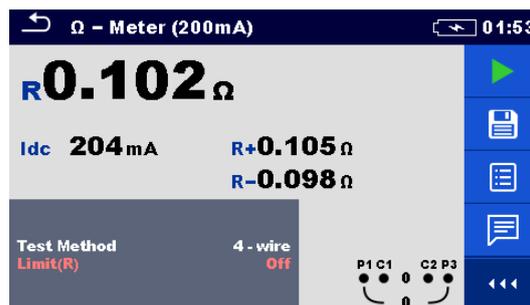


Abbildung 11.39: Beispiel für ein Messergebnis des Ω-Messgeräts (200 mA) (4-Leiter-Testmethode)

Testparameter für das Ω-Messgerät (200 mA):

Testmethode Testmethode festlegen: [2-Leiter, 4-Leiter]

Grenzwert (R) Auswahl des Grenzwerts: [AUS, Benutzerdefiniert, 0,1 Ω ... 40 Ω]

Verfahren für das Messen mit dem Ω-Messgerät (200 mA)

- Wählen Sie als Messfunktion das Ω-Messgerät (200 mA) aus.
- Legen Sie die Testparameter (Testmethode, Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüfleitungen am Gerät an.
- Kompensieren Sie die Leitungen, wenn Sie die 2-Leiter-Messmethode verwenden (optional).
- Schließen Sie die Prüfleitungen am Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

Hinweis:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!

11.6.3 Messung mit dem Ω-Messgerät (7 mA)

Im Allgemeinen dient diese Funktion als Standard Ω-Messgerät mit niedrigem Prüfstrom. Die Messung erfolgt kontinuierlich ohne Polaritätsumkehr. Diese Funktion kann auch für Durchgangstests an induktiven Bauteilen verwendet werden.

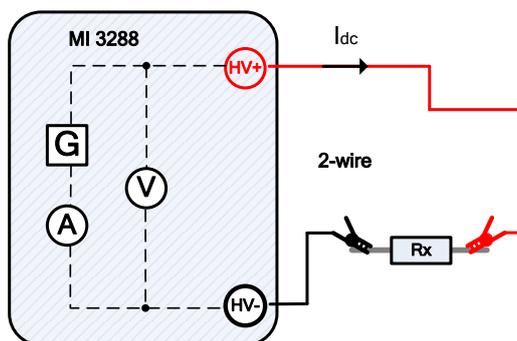


Abbildung 11.40: Beispiel für eine Messung mit dem Ω-Messgerät (7 mA)

Im Beispiel wird folgender Widerstand gemessen:

$$R = \frac{U_{DC} [V]}{I_{DC} [A]} = [\Omega]$$

wobei:

R Widerstand

I_{dc} Eingespeister DC-Prüfstrom

U_{dc} Gemessene DC-Spannung zwischen den Anschlüssen HV+ und HV-
 Der Test kann über das Messfenster für das Ω -Messgerät (7mA) gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Ton und Grenzwert (R)) bearbeitet werden.

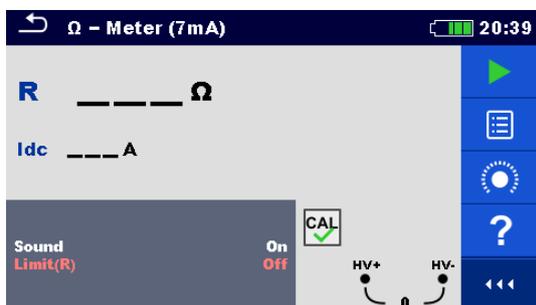


Abbildung 11.41: Menü für das Messen mit dem Ω -Messgerät (7 mA)

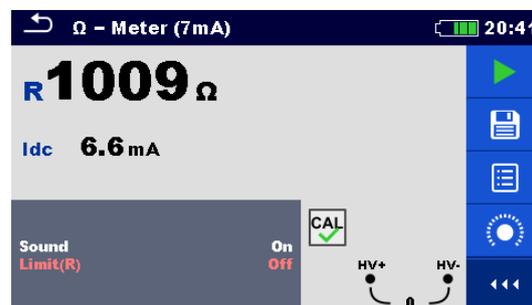


Abbildung 11.42: Beispiel für eine Messung mit dem Ω -Messgerät (7 mA) Methode

Testparameter für das Ω -Messgerät (7 mA):

Ton [Ein, Aus]

Grenzwert (R) Auswahl des Grenzwerts: [AUS, Benutzerdefiniert, 1 Ω ... 15,0 k Ω]

Verfahren für das Messen mit dem Ω -Messgerät (7 mA)

- Wählen Sie als Messfunktion das Ω -Messgerät (7 mA) aus.
- Legen Sie die Testparameter (Ton und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüflleitungen am Gerät an.
- Kompensieren Sie die Leitungen (optional).
- Schließen Sie die Prüflleitungen am Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Drücken Sie auf die Taste „Run“, um die Messung zu beenden.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

Hinweis:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!

11.6.3.1 Kompensation des Prüflleitungswiderstands

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie der Prüflleitungswiderstand beider Durchgangsfunktionen (Ω -Messgerät 200 mA und 7 mA) kompensiert werden kann. Eine Kompensation ist im 2-Leiter-Modus erforderlich, um den Einfluss des Widerstands der Prüflleitungen und der Innenwiderstände des Geräts auf den gemessenen Widerstand zu eliminieren. Daher ist die Leitungskompensation eine äußerst wichtige Funktion, um korrekte Ergebnisse zu erhalten. Im

Anschluss an die Kompensation wird auf dem Bildschirm das Kompensationssymbol



Schaltungen zum Kompensieren des Widerstands der Prüflleitungen

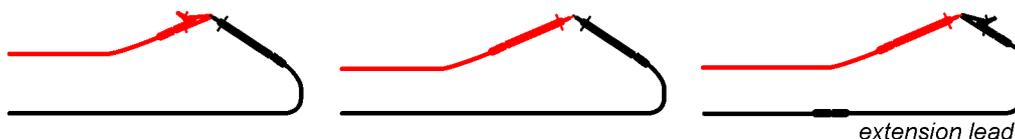


Abbildung 11.43: Kurzgeschlossene Prüflleitungen

Verfahren für das Kompensieren des Prüflleitungswiderstands:

- Wählen Sie als Messfunktion das Ω -Messgerät (200 mA oder 7 mA) aus.

- ❑ Schließen Sie das Prüfkabel am Gerät an, und schließen Sie die Prüflleitungen miteinander kurz (siehe **Abbildung 11.43**).
- ❑ Drücken Sie auf die Taste , um den Leitungswiderstand zu kompensieren.

Hinweis:

- ❑ **Der Grenzwert für die Leitungskompensation beträgt 5 Ω .**

11.7 Isolierungswiderstandsmessung [Riso]

Zweck der Isolierungstests

Isolierungsmaterialien sind wichtige Bestandteile fast aller elektrischen Produkte. Die Materialeigenschaften hängen nicht nur von seiner Zusammensetzung ab, sondern auch von Temperatur, Verschmutzung, Feuchtigkeit, Alterung, elektrischer und mechanischer Belastung usw. Im Sinne der Sicherheit und betrieblichen Zuverlässigkeit muss das Isolierungsmaterial regelmäßig gewartet und geprüft werden, damit dieses in einem guten Betriebszustand verbleibt. Zum Testen von Isolierungsmaterialien werden Hochspannungstests eingesetzt.

Prüfspannung DC vs. AC

Das Testen mit Gleichspannung wird weithin als hilfreicher angesehen als das Testen mit Wechsel- und/oder pulsierender Spannung. Gleichspannungen können für Durchschlagstests verwendet werden, insbesondere wenn hohe kapazitive Ableitströme die Messungen mit Wechsel- oder pulsierende Spannungen stören. Gleichspannung wird meist für Tests zum Messen des Isolierungswiderstands verwendet. Bei dieser Art von Tests wird die Spannung durch die entsprechende Produkthanwendungsgruppe definiert. Diese Spannung ist niedriger als die für Spannungsfestigkeitstests verwendete Spannung, sodass die Tests häufiger durchgeführt werden können, ohne das Testmaterial zu belasten.

Typische Isolierungstests

Im Allgemeinen bestehen Isolierungswiderstandstests aus den folgenden verfügbaren Testverfahren:

- Einfache Isolierungswiderstandsmessung, auch als Stichprobe bezeichnet;
- Messen des Verhältnisses zwischen Spannung und Isolierungswiderstand;
- Messen des Verhältnisses zwischen Zeit und Isolierungswiderstand;
- Testen der Restladung nach der dielektrischen Entladung.

Die Ergebnisse dieses Tests können Aufschluss darüber geben, ob das Isolierungssystem ausgetauscht werden muss.

Typische Beispiele, für die Isolierungswiderstandstests und Diagnosen empfohlen werden, sind Isolierungssysteme von Transformatoren und Motoren, Kabel und weitere elektrische Geräte.

Elektrische Darstellung des Isolierungsmaterials

In *Abbildung 11.44* wird die Ersatzschaltung eines Isolierungsmaterials dargestellt.

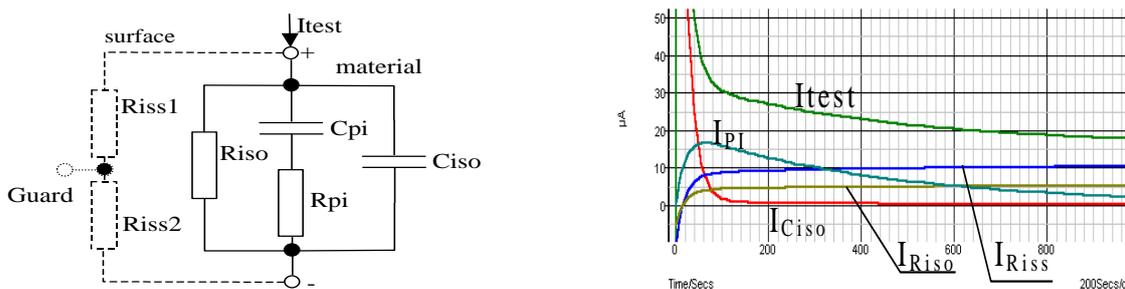


Abbildung 11.44: Ersatzschaltung eines Isolierungsmaterials

wobei:

- R_{iss1} und R_{iss2} Oberflächenwiderstand (Position des optionalen Schutzanschlusses)
- R_{iso} Tatsächlicher Isolierungswiderstand des Materials
- C_{iso} Kapazität des Materials
- C_{pi} , R_{pi} Entspricht der Polarisierungswirkung
- I_{test} Gesamtprüfstrom ($I_{test} = I_{pi} + I_{Riso} + I_{Riss}$)
- I_{pi} Polarisierungsabsorptionsstrom
- I_{Riso} Tatsächlicher Isolierungsstrom
- I_{Riss} Oberflächenableitstrom

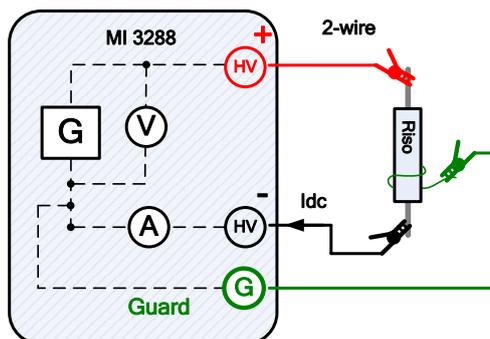


Abbildung 11.45: Beispiel für den Isolierungswiderstand (IR, DD, SV, WS – Test)

Im Beispiel wird folgender Isolierungswiderstand gemessen:

$$R_{iso} = \frac{U_{DC} [V]}{I_{DC} [A]} = [\Omega]$$

wobei:

- Riso Isolierungswiderstand
- I_{dc} Gemessener Ableitstrom zwischen den Anschlüssen HV+ und HV-
- U_{dc} Gemessene Prüfspannung zwischen den Anschlüssen HV+ und HV-

11.7.1 Isolierungswiderstandsmessung

Der Test kann im Fenster für den Isolierungswiderstand gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter (Prüfspannung, Timer, Mittelwertbildung und Grenzwert) bearbeitet werden.

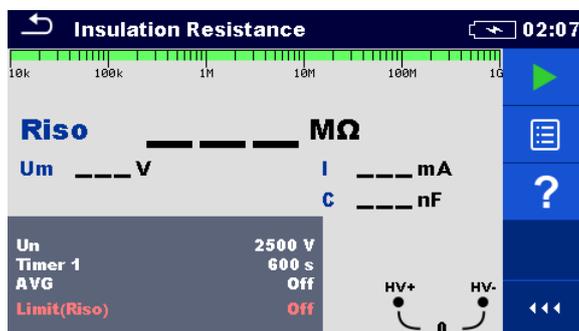


Abbildung 11.46: Menü für Isolierungswiderstandsmessungen

Testparameter für den Isolierungswiderstand

Un	Prüfspannung festlegen: [50 V – 1 kV] Schritt 50 V, [1 kV – 2.5 kV] Schritt 100 V
Timer1	Dauer der Messung (s): [Benutzerdefiniert, 5 s - 600 s]
MITTELWERT	Zusätzliche Mittelwertbildung für den Ergebniswert: [AUS, 5, 10, 30, 60]
Grenzwert (Riso)	Auswahl des Grenzwerts: [AUS, Benutzerdefiniert, 1 MΩ - 500 MΩ]

Verfahren für die Isolierungswiderstandsmessungen:

- Wählen Sie die Isolierungswiderstand-Messfunktion aus.
- Legen Sie die Testparameter (Prüfspannung, Timer, Mittelwertbildung und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüflleitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis sich das Messergebnis stabilisiert hat, und drücken Sie anschließend erneut auf die Taste „Run“, um die Messung zu beenden, oder warten Sie, bis der eingestellte Timer abgelaufen ist.

- Warten Sie, bis sich der Prüfling entladen hat.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

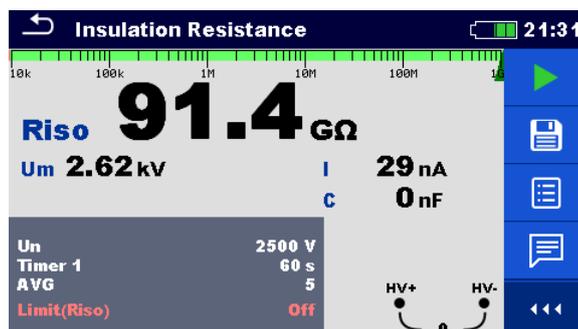


Abbildung 11.47: Beispiel für das Ergebnis einer Isolierungswiderstandsmessung



Warnungen:

- Beachten Sie die Sicherheitsvorkehrungen im Kapitel „Warnungen“!
- Berühren Sie den Prüfling weder während der Messung noch bevor er vollständig entladen ist!
Es besteht die Gefahr eines Stromschlags!

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Während der Messung wird auf dem Display ein Hochspannungswarnsymbol angezeigt, um den Benutzer vor einer potenziell gefährlichen Prüfspannung zu warnen.
- Der Kapazitätswert wird während des endgültigen Entladens des Prüflings gemessen.

11.7.2 Diagnosetest



Der Diagnosetest ist ein Langzeittest zum Bewerten der Qualität des geprüften Isolierungsmaterials. Die Ergebnisse dieses Tests erleichtern die Entscheidung, wann das Isolierungsmaterial präventiv ausgetauscht werden muss. Der Test kann im Fenster für den Diagnosetest gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die Parameter bearbeitet werden.

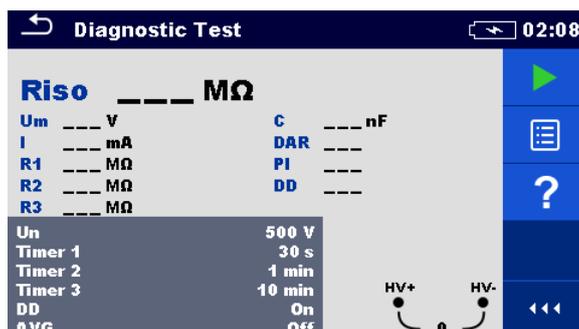


Abbildung 11.48: Diagnosetest-Menü

Testparameter für Diagnosetests

Un	Prüfspannung festlegen: [50 V – 1 kV] Schritt 50 V, und [1 kV – 2.5 kV] Schritt 100 V
Timer1	Dauer der Messung (s): [Benutzerdefiniert, 5 s - 600 s]
Timer2	Verzögerung für den Start der PI-Messung (min): [Benutzerdefiniert, 1 min ... 100 min]
Timer3	Dauer der Messung (min): [Benutzerdefiniert, 1 min ... 100 min]
DD	Festlegen des dielektrischen Entladungstests: [Ein, Aus]
MITTELWERT	Zusätzliche Mittelwertbildung für den Ergebniswert: [AUS, 5, 10, 30, 60]

Grenzwert (Riso) Auswahl des Grenzwerts: [AUS, Benutzerdefiniert, 1 M Ω - 500 M Ω]

Diagnosetest-Verfahren

- Wählen Sie die Funktion Diagnosetest aus.
- Legen Sie die Testparameter (Prüfspannung, Timer, DD, Mittelwertbildung und Grenzwert) fest.
- Schließen Sie die Prüflleitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die eingestellten Timer abgelaufen sind, oder drücken Sie erneut die Taste „Run“, um die Messung zu beenden.
- Warten Sie, bis sich der Prüfling entladen hat.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

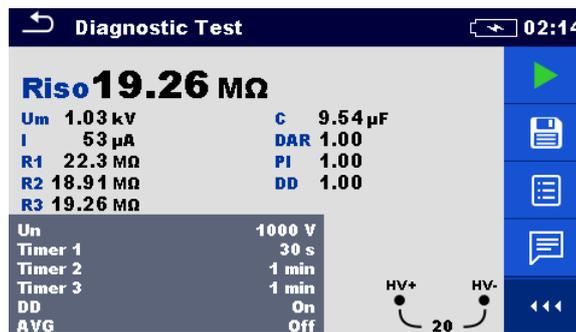


Abbildung 11.49: Beispiel für ein Diagnosetest-Ergebnisse



Warnungen:

- Beachten Sie die Sicherheitsvorkehrungen im Kapitel „Warnungen“!
- Berühren Sie den Prüfling weder während der Messung noch bevor er vollständig entladen ist! Es besteht die Gefahr eines Stromschlags!

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Während der Messung wird auf dem Display ein Hochspannungswarnsymbol angezeigt, um den Benutzer vor einer potenziell gefährlichen Prüfspannung zu warnen.
- Der Kapazitätswert wird während des endgültigen Entladens des Prüflings gemessen.
- Sofern aktiviert, misst das Gerät die dielektrische Entladung (DD), wenn die Kapazität im Bereich von 20 nF bis 50 μ F liegt.

Bei Timer1, Timer2 und Timer3 handelt es sich um Timer mit einem identischen Startpunkt. Der jeweilige Wert gibt die Dauer ab dem Beginn der Messung an. Die maximale Dauer ist auf 100 min begrenzt. In der folgenden Abbildung finden Sie die Beziehungen zwischen den Timern.

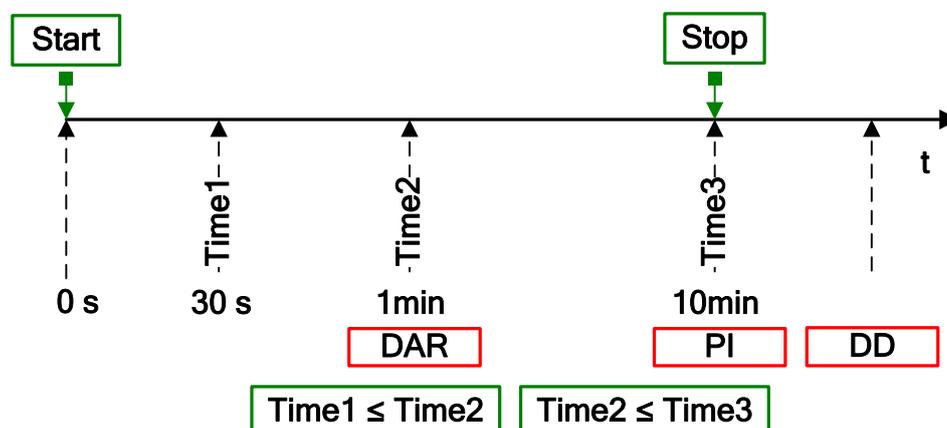


Abbildung 11.50 Timer-Beziehungen

Dielektrisches Absorptionsverhältnis (DAR)

Beim DAR-Wert handelt es sich um das Verhältnis der nach 30 Sekunden und nach einer Minute gemessenen Isolierungswiderstandswerte. Die DC-Prüfspannung liegt während der gesamten Dauer des Tests an (zudem wird fortlaufend eine Isolierungswiderstandsmessung ausgeführt). Am Ende wird das DAR-Verhältnis angezeigt:

$$DAR = \frac{R_{iso}(Timer2_(1min))}{R_{iso}(Timer1_(30s))}$$

Einige gültige Werte für DAR (Timer1 = 30 s und Timer2 = 1 min):

DAR-Wert	Status des getesteten Materials
< 1	Schlechte Isolierung
1 ≤ DAR ≤ 1,25	Zulässige Isolierung
> 1,4	Sehr gute Isolierung

Hinweis:

- Beim Ermitteln des Riso (30 s) ist auf die Kapazität der Prüflinge zu achten. Sie muss im ersten Zeitabschnitt (30 s) aufgeladen werden. Ungefähre maximale Kapazität:

$$C_{max}[\mu F] = \frac{t[s] \times 10^3}{U[V]}$$

Wobei:

t..... Timer1 (z. B. 30 s).
U..... Prüfspannung

Polarisierungsindex (PI)

Beim PI-Wert handelt es sich um das Verhältnis der nach einer Minute und nach zehn Minuten gemessenen Isolierungswiderstandswerte. Die DC-Prüfspannung liegt während der gesamten Dauer der Messung an (zudem wird fortlaufend eine Isolierungswiderstandsmessung ausgeführt). Nach Abschluss des Tests wird das PI-Verhältnis angezeigt:

$$PI = \frac{R_{iso}(Timer3_(10min))}{R_{iso}(Timer2_(1min))}$$

Einige gültige Werte für PI (Timer2 = 1 min und Timer3 = 10 min):

PI-Wert	Status des getesteten Materials
1 - 1,5	Nicht zulässig (ältere Typen)
2 - 4	Gilt als gute Isolierung (ältere Typen)
4	Moderner Typ eines guten Isolierungssystems

Hinweis:

- Beim Ermitteln des Riso (1 min) ist auf die Kapazität der Prüflinge zu achten. Sie muss im ersten Zeitabschnitt (1 min) aufgeladen werden. Ungefähre maximale Kapazität:

$$C_{max}[\mu F] = \frac{t[s] \times 10^3}{U[V]}$$

wobei:

t..... Timer2 (z. B. 1 min).
U..... Prüfspannung

Das Analysieren der Veränderung des gemessenen Isolierungswiderstands über die Zeit und das Berechnen des DAR und PI sind äußerst nützliche Wartungstests für Isolierungsmaterialien.

Dielektrischer Entladungstest (DD)

Bei DD handelt es sich um den diagnostischen Isolierungstest, der nach Abschluss der Isolierungswiderstandsmessung durchgeführt wird. In der Regel wird das Isolierungsmaterial für ein bis 30 Minuten an die Prüfspannung angeschlossen und anschließend entladen, bevor der DD-Test durchgeführt wird. Nach einer Minute wird ein Entladestrom gemessen, um die Resorption der Ladung durch das Isolierungsmaterial zu ermitteln. Ein hoher Resorptionsstrom deutet auf eine kontaminierte Isolierung hin (hauptsächlich aufgrund von Feuchtigkeit):

$$DD = \frac{I_{dis1min}[nA]}{U[V] \times C[\mu F]}$$

wobei:

$I_{dis 1 min}$ Entladestrom, gemessen 1 min nach dem regulären Entladen.

C Kapazität des Prüflings.

U Prüfspannung

Ein hoher Resorptionsstrom deutet darauf hin, dass die Isolierung kontaminiert wurde, in der Regel durch Feuchtigkeit. In der Tabelle finden Sie typische Werte für die dielektrische Entladung.

DD-Wert	Status des getesteten Materials
> 4	Schlecht
2 - 4	Kritisch
< 2	Gut

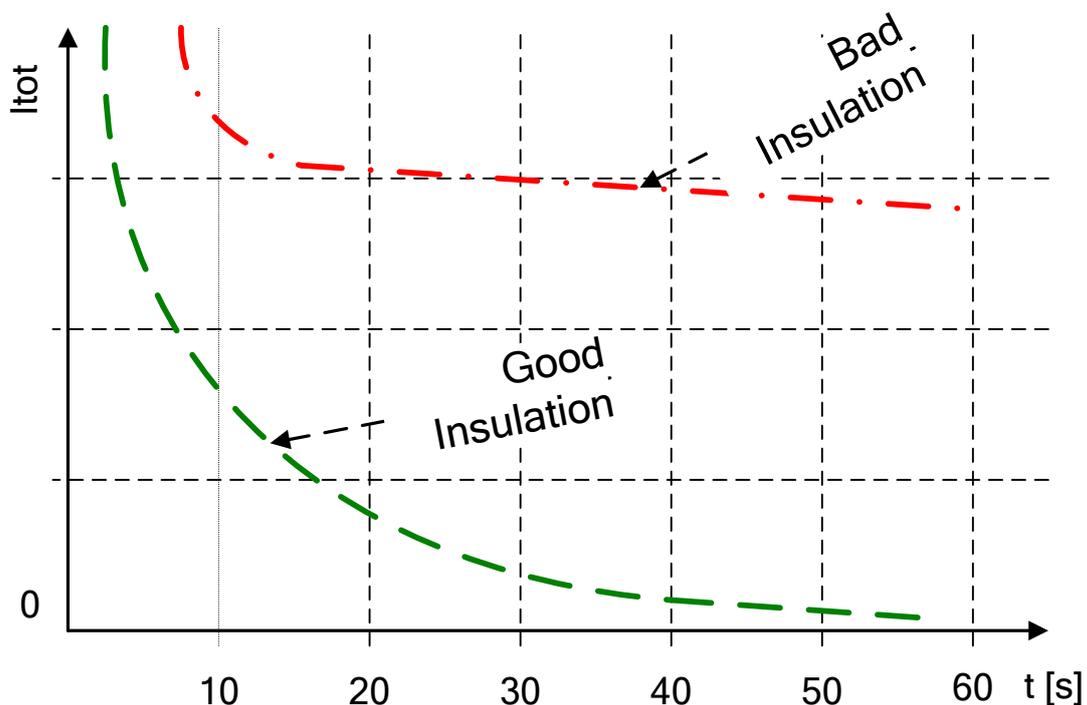


Abbildung 11.51: Strom-/Zeit-Diagramm einer guten und einer schlechten Isolierung, die mit der dielektrischen Entladungsmethode getestet wurde.

Der dielektrische Entladungstest ist äußerst nützlich zum Testen mehrschichtiger Isolierungen. Mit diesem Test können übermäßige Entladungsströme ermittelt werden, die auftreten, wenn eine Schicht einer mehrschichtigen Isolierung beschädigt oder kontaminiert ist. Dieser Zustand wird

weder durch eine Stichprobe noch mit einem Polarisierungsindextest erkannt. Der Entladungsstrom ist bei einer bekannten Spannung und Kapazität höher, wenn eine der inneren Schichten beschädigt ist. Die Zeitkonstante dieser einzelnen Schicht unterscheidet sich von der anderer Schichten, was zu einem höheren Strom als bei einer einwandfreien Isolierung führt.

11.7.3 Schrittspannungsprüfung

In diesem Test wird die Isolation in fünf gleichen Zeiträumen mit Prüfspannungen von einem Fünftel der finalen Prüfspannung bis zur vollständigen Skala gemessen. Diese Funktion verdeutlicht die Beziehung eines Materialisolationswiderstands zu seiner angelegten Spannung.

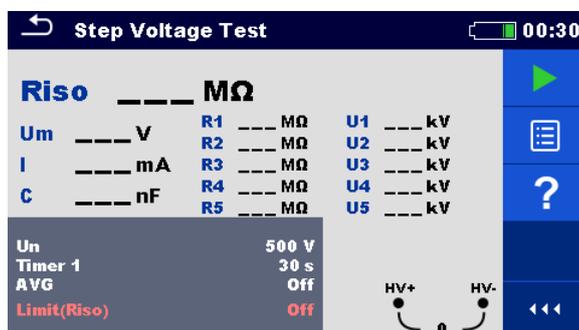


Abbildung 11.52: Menü Schrittspannungsprüfung

Prüfparameter für die Schrittspannungsprüfung:

Un	Stellen Sie die Prüfspannung ein: [50 V – 1 kV] Schritt 50 V, und [1 kV – 2,5 kV] Schritt 100 V
Timer1	Dauer der Messung (s): [Benutzerdefiniert, 5 s – 600 s]
AVG	Zusätzliche Mittelwertbildung des Ergebniswerts: [AUS, 5, 10, 30, 60]
Grenzwert (Riso)	Grenzwertauswahl: [AUS, Benutzerdefiniert, 1 MΩ – 500 MΩ]

Prüfverfahren für die Schrittspannung:

- Wählen Sie die Prüffunktion Schrittspannung.
- Stellen Sie die Prüfparameter (Prüfspannung, Timer, Mittelwert und Grenzwert) ein.
- Schließen Sie die Prüfleitungen an das Gerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Taste "Run", um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis der eingestellte Timer abläuft oder drücken Sie die Taste "Run" erneut, um die Messung zu stoppen.
- Warten Sie, bis sich der Prüfling entlädt.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

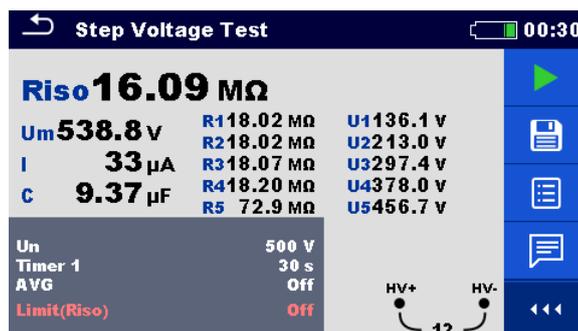


Abbildung 11.53: Beispiel eines Schrittspannungsergebnisses



Warnungen:

- Beziehen Sie sich auf das Kapitel Warnungen für Sicherheitsmaßnahmen!**
- Berühren Sie den Prüfling nicht während der Messung oder bevor er nicht vollständig entladen ist!**
Gefahr eines Elektroschocks!

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!

- Ein Warnsymbol für Hochspannung erscheint während der Messung auf der Anzeige, um den Bediener vor einer potentiell gefährlichen Prüfspannung zu warnen.
- Der Kapazitätswert wird während der finalen Entladung des Prüflings gemessen.
- Die Timer-Angabe zeigt den unvollständigen Messzeitraum nach Abschluss der Messung.

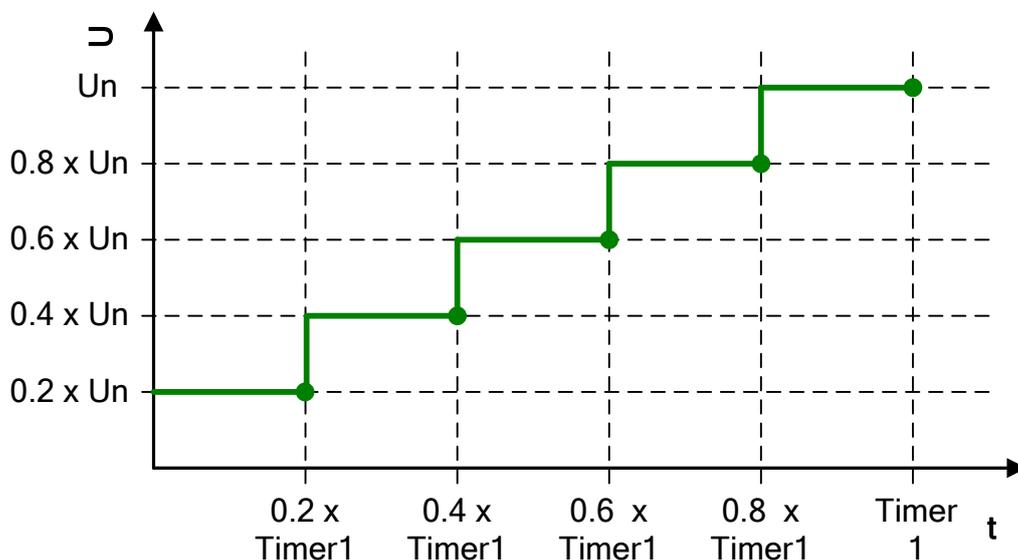


Abbildung 11.54 Schrittspannungsprüfung

11.7.4 Stoßspannungsprüfung

Diese Funktion dient der Stoßspannungsprüfung des Isolationsmaterials. Sie deckt zwei Arten von Tests ab:

- Durchbruchspannungsprüfung eines Hochspannungsgeräts, z. B. Transientendämpfer.
- DC-Stoßspannungsprüfung zu Isolationskoordinationszwecken.

Beide Funktionen erfordern eine Durchschlagstromerkennung. In der Funktion wird die Prüfspannung von der Startspannung zur Stoppspannung über einen vordefinierten Zeitraum (der durch die Parameter eingestellt wird) erhöht. Die Stoppspannung wird dann über einen vordefinierten Prüfzeitraum beibehalten. Wenn während der Stoßspannungsprüfung ein Strom höher als I_{trigg} erkannt wird, wird die Messung sofort angehalten.

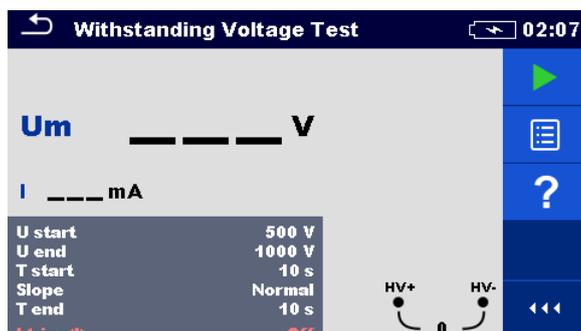


Abbildung 11.55: Menü Stoßspannungsprüfung

Prüfparameter für die Stoßspannungsprüfung:

U Start	Starten Sie die Prüfspannung: [50 V – 1 kV] Schritt 50 V, und [1 kV – 2,5 kV] Schritt 100 V
U Ende	Stoppen Sie die Prüfspannung: [50 V – 1 kV] Schritt 50 V, und [1 kV – 2,5 kV] Schritt 100 V
T Start	Dauer der Startprüfspannung (s): [Benutzerdefiniert, 1 s – 60 s]
Abfall	Stellen Sie die Spannungsrampe ein: [Schnell, Normal, Langsam]

T Ende	Dauer der Endprüfspannung nach Erreichen des Stoppwerts (s): [Benutzerdefiniert, 1 s – 60 s]
I trigg(I)	Auslöseableitstrom einstellen: [AUS, 0,5 mA, 1,0 mA, 1,2 mA, 1,5 mA]

Verfahren der Stoßspannungsmessung:

- Wählen Sie die Prüffunktion Stoßspannung.
- Stellen Sie die Prüfparameter (Prüfspannung, Timer, Abfall und Auslöseableitstrom) ein.
- Schließen Sie die Prüflleitungen an das Gerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Taste "Run", um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis der eingestellte Timer abläuft oder bis der Auslöseableitstrom erkannt wird oder drücken Sie die Taste "Run" erneut, um die Messung zu stoppen.
- Warten Sie bis sich der Prüfling entlädt.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

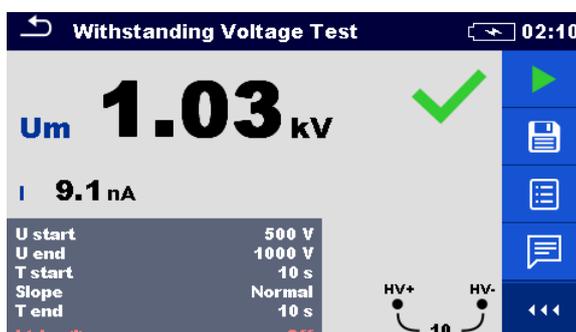


Abbildung 11.56: Beispiel des Ergebnisses einer Stoßspannungsprüfung



Warnungen:

- Beziehen Sie sich auf das Kapitel Warnungen für Sicherheitsmaßnahmen!
- Berühren Sie den Prüfling nicht während der Messung oder bevor er nicht vollständig entladen ist!
Gefahr eines Elektroschocks!

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Eine Störung wird ermittelt, wenn der gemessene Strom die eingestellte Stromhöhe (I) erreicht oder überschreitet.
- Ein Warnsymbol für Hochspannung erscheint während der Messung auf der Anzeige, um den Bediener vor einer potentiell gefährlichen Prüfspannung zu warnen.

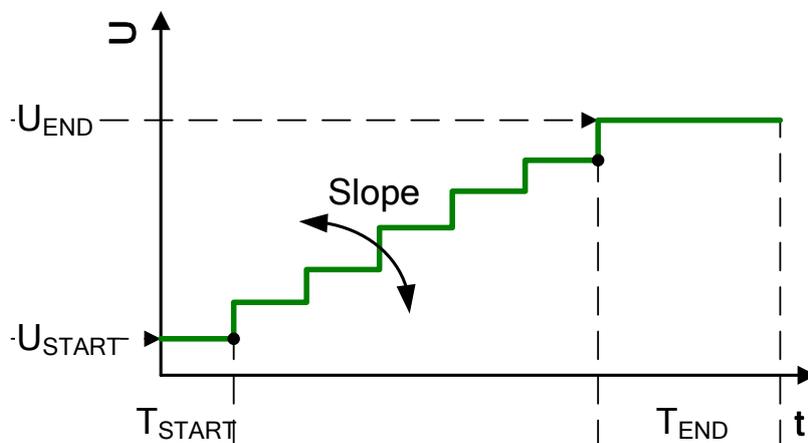


Abbildung 11.57 Prüfspannungsdarstellung ohne Störung

U_{START}	Start der Prüfspannung.
U_{ENDE}	Ende der Prüfspannung.
Abfall	Einstellen der Spannungsrampe (Schnell, Normal, Langsam).
T_{START}	Startdauer der Prüfspannung.
T_{ENDE}	Dauer der Prüfspannung nach Erreichen des Werts U_{ENDE} .

Abfall

Schnell	25 V / 150 ms
Normal.....	25 V / 500 ms
Langsam.....	25 V / 2,5 s

11.7.5 Varistor-Test

Eine Spannungsrampe beginnt bei 50 V und steigt mit 80 V/s an. Die Messung wird beendet, wenn die definierte Endspannung erreicht ist, oder wenn der Prüfstrom den festgelegten Prüfwert überschreitet. Der Test kann im Fenster für den Varistor-Test gestartet werden. Vor dem Durchführen eines Tests können die folgenden Parameter bearbeitet werden.

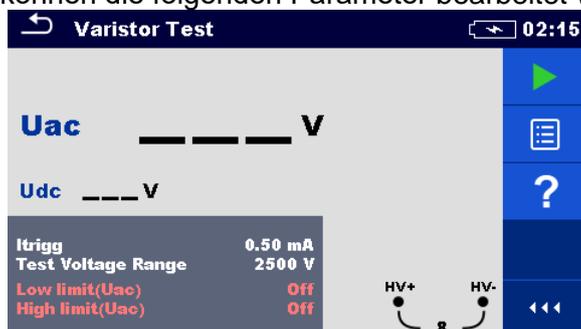


Abbildung 11.58: Menü für den Varistor-Test

Testparameter für den Varistor-Test:

Itrigg	Prüfstrompegel festlegen: [0,1 mA – 1,5 mA] Schritt 0,1 mA
Prüfspannungsbereich	Prüfspannungsbereich oder maximalen Udc-Wert festlegen: [1000 V, 1500 V, 2500 V]
Unterer (Uac) Grenzwert	Auswahl des Uac-Werts für den unteren Grenzwert: [AUS, 50 V – 620 V bei Udc = 1.000 V, 50 V – 930 V bei Udc = 1.500 V, 50 V – 1.550 V bei Udc = 2.500 V]
Oberer (Uac) Grenzwert	Auswahl des Uac-Werts für den oberen Grenzwert: [AUS, 50 V – 620 V bei Udc = 1.000 V, 50 V – 930 V bei Udc = 1.500 V, 50 V – 1.550 V bei Udc = 2.500 V]

Varistor-Testverfahren:

- Wählen Sie die Varistor-Testfunktion aus.
- Legen Sie die Testparameter fest (Itrigg, Prüfspannungsbereich und Grenzwerte).
- Schließen Sie die Prüflleitungen an das Messgerät und an den Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Warten Sie, bis sich der Prüfling entladen hat.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

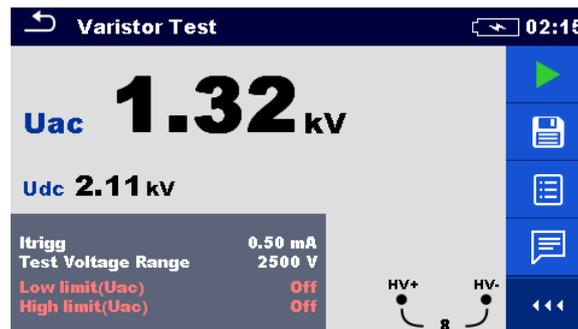


Abbildung 11.59: Beispiel für ein Varistor-Testergebnis

Hinweise:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!
- Während der Messung wird auf dem Display ein Hochspannungswarnsymbol angezeigt, um den Benutzer vor einer potenziell gefährlichen Prüfspannung zu warnen.

Bedeutung der Uac-Spannung

Schutzvorrichtungen für AC-Netze liegen in der Regel ca. 15 % über dem Spitzenwert der Nennspannung. Die Beziehung zwischen Udc und Uac lautet wie folgt:

$$U_{ac} \approx U_{dc} / (1.15 \times \sqrt{2})$$

Die Uac-Spannung kann direkt mit der auf dem zu testenden Schutzgerät angegebenen Spannung verglichen werden.

11.8 Strom [I]

Strom	Messung	Testmodus	Nenn-frequenz	Filter	Typ	Max. Messbereich
I	Strommesszange	Durchg.	16 Hz ... 420 Hz	RMS	A1227	3000 A
					A1281	1000 A
					A1609	3000 A

Tabelle 11.10: Mit dem MI 3288 durchführbare Strommessungen

AC-Stromzange A1281

Die Stromzangen A 1281 für mehrere Bereiche sind für das Messen von Wechselstrom in Anlagen

mit kleiner und mittlerer Leistung gedacht: (50 mA ... 1.000 A). Die Zangen verfügen über die vier Strombereiche 0,5 A,

5 A, 100 A und 1.000 A, die direkt am Hauptgerät ausgewählt werden. Das integrierte Elektronikmodul wird direkt über das angeschlossene Gerät versorgt und benötigt keine zusätzliche Stromversorgung.

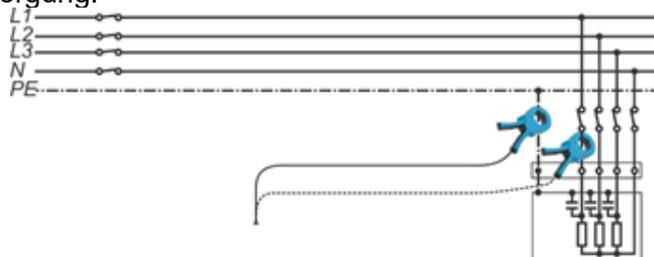
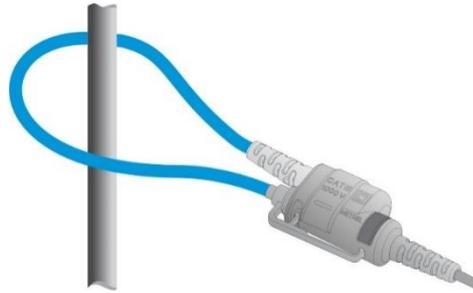


Abbildung 11.60: Beispiel für das Messen mit der A1281-Zange

Flexible Stromzangen A1227 und A1609

1. Wickeln Sie den flexiblen Messkopf um den zu prüfenden Leiter, und schließen Sie das Verbindungsstück.



- Es ist äußerst wichtig, dass sich der Leiter möglichst in der Mitte und senkrecht zum Stromsensor befindet, um Positionsmessfehler zu minimieren.
 - Minimieren Sie den Einfluss benachbarter stromführender Leiter, und messen Sie an der Stelle, an der sie möglichst weit voneinander entfernt sind.
 - Stellen Sie sicher, dass der Pfeil auf den Zangenverbindungsstellen in Richtung der jeweils richtigen Phase zeigt.
 - Halten Sie die Zangenverbindung mehr als 2,5 cm (1 Zoll) vom Leiter entfernt.
2. Schließen Sie die flexiblen Stromzangen am Zangeneingang des Geräts an.
 3. Wählen Sie den geeigneten Stromzangenbereich aus.
 4. Starten Sie die Messung.
 5. Verfolgen Sie den Stromwert auf dem Display des Hauptgeräts. Wählen Sie im Sinne einer höheren Genauigkeit ggf. den niedrigeren Stromzangenbereich aus.

11.8.1 Strommesszange

Die Messung kann über das Fenster für die Strommesszange gestartet werden. Vor dem Durchführen einer Messung können die folgenden Parameter (Zangentyp und Zangenbereich) bearbeitet werden.

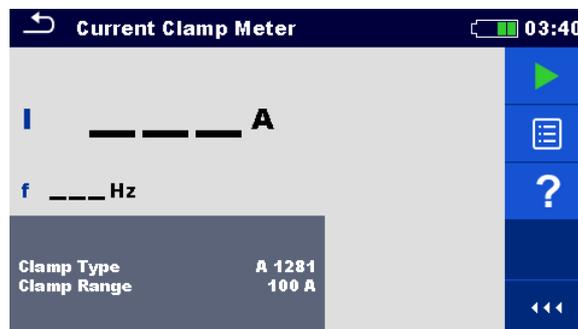


Abbildung 11.61: Menü „Strommesszange“

Testparameter für die Strommesszange:

Zangentyp Zangentyp festlegen: [A1227, A1281, A1609]

Zangenbereich Zangenbereich festlegen: [30 A, 300 A, 3000 A] für (A1227 und A1609),
[0.5 A, 5 A, 100 A, 1.000 A] für A1281

Strommesszangen-Verfahren

- Wählen Sie die Funktion „Strommesszange“ aus.
- Legen Sie den Testparameter (Zangentyp und Zangenbereich) fest.
- Schließen Sie die Zange am Gerät und am Prüfling an.
- Drücken Sie die Run-Taste, um die Messung zu starten.
- Warten Sie, bis die Testergebnisse auf dem Bildschirm angezeigt werden.
- Drücken Sie erneut auf die Taste „Run“, um die Messung zu starten.
- Speichern Sie die Ergebnisse (optional).

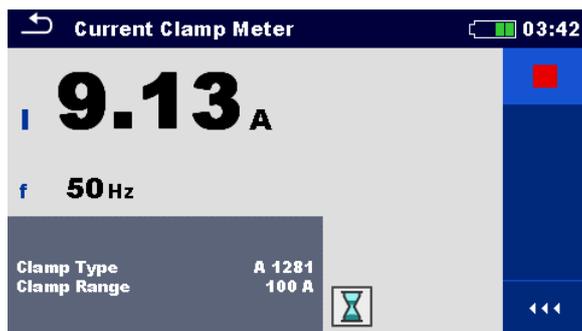


Abbildung 11.62: Beispiel für das Ergebnis der Strommesszange

Hinweis:

- Beachten Sie die angezeigten Warnungen, wenn Sie die Messung starten!

12 Auto Sequences®

Im Auto Sequence®-Menü können vorprogrammierte Messabläufe durchgeführt werden. Die Reihenfolge der Messungen, die Parameter und der Ablauf der Sequenz können programmiert werden. Die Auto Sequence®-Ergebnisse können gemeinsam mit allen zugehörigen Daten im Speicher gespeichert werden.

Auto Sequences® können auf dem Computer mit der Software Metrel ES Manager vorprogrammiert und auf das Gerät hochgeladen werden. Auf dem Gerät können die Parameter und Grenzwerte der Einzeltests in der Auto Sequence geändert/eingestellt werden.

12.1 Auswahl von Auto Sequences®

Wählen Sie zunächst die Liste „Auto Sequence®“ im Menü „Auto Sequence®-Gruppen“ aus. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **8.9 Auto Sequence®-Gruppen**.

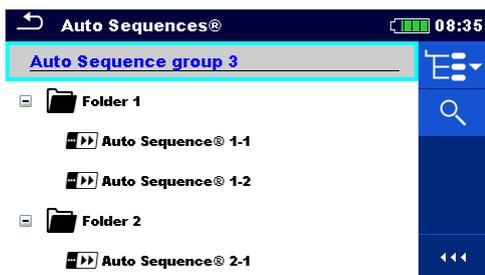
12.1.1 Auswahl einer aktiven Auto Sequence®-Gruppe im Auto Sequences®-Menü

Die Menüs „Auto Sequences®“ und „Auto Sequence®-Gruppen“ sind miteinander verknüpft, sodass eine aktive Auto Sequence®-Gruppe auch im Menü „Auto Sequences®“ ausgewählt werden kann.

Vorgehensweise

①		Tippen Sie im Auto Sequences®-Menü auf die Kopfzeile der aktiven Auto Sequence®-Gruppe.
②		Auf dem Bedienfeld wird eine Liste der Auto Sequence®-Gruppen geöffnet.
③		Wählt die gewünschte Auto Sequence®-Gruppe aus einer Liste von Gruppen aus.
④		Bestätigt die neue Auswahl.

⑤



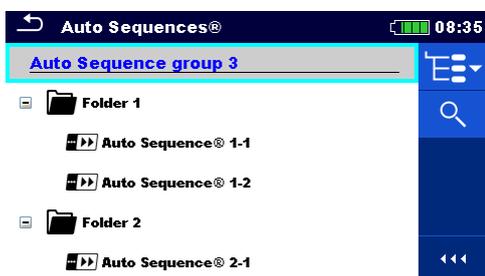
Die neue Auto Sequence®-Gruppe wurde ausgewählt, und alle Auto Sequences® in dieser Gruppe werden auf dem Bildschirm angezeigt.

12.1.2 Suchen im Auto Sequences®-Menü

Im Auto Sequences®-Menü können Auto Sequences® anhand ihres Namens oder des Kurzcodes gesucht werden.

Vorgehensweise

①



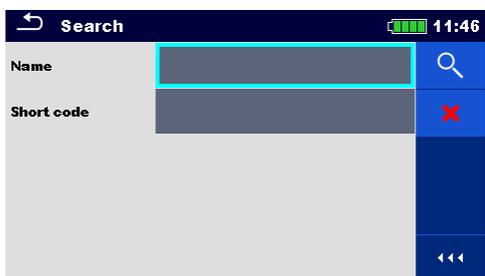
Die Suchfunktion ist in der Kopfzeile der aktiven Auto Sequence®-Gruppe verfügbar.

②



Wählen auf dem Bedienfeld „Suchen“ aus, um das Menü „Sucheinstellungen“ zu öffnen.

③



Im Menü „Sucheinstellungen“ werden die Parameter angezeigt, nach denen gesucht werden kann.

③ a



Im Menü „Sucheinstellungen“ werden die Parameter angezeigt, nach denen gesucht werden kann. Die Suche kann durch Eingabe eines Texts in die Felder „Name“ und „Kurzcode“ eingegrenzt werden. Die Zeichenfolgen können über die Bildschirmtastatur eingegeben werden.

③ b



Löscht alle Filter. Setzt die Filter auf die Standardwerte zurück.

④



Durchsucht die aktive Auto Sequence®-Gruppe anhand der ausgewählten Filter. Die Ergebnisse werden im Suchergebnisfenster angezeigt (siehe

Abbildung 12.1: Suchergebnisfenster (links) – Auto Sequence ausgewählt (rechts).



Abbildung 12.1: Suchergebnisfenster (links) – Auto Sequence ausgewählt (rechts)

Optionen



Nächste Seite.



Vorherige Seite.



Wechselt zur Position im Auto Sequences®-Menü.



Wechselt zum Menü der Auto Sequence®-Ansicht.



Startet die ausgewählte Auto Sequence®.

Hinweis:

- Auf der Suchergebnisseite werden bis zu 50 Ergebnisse angezeigt.

12.1.3 Organisieren der Auto Sequences® im Auto Sequences®-Menü

Die auszuführende Auto Sequence® kann über das Auto Sequences®-Hauptmenü ausgewählt werden. Dieses Menü kann mithilfe von Ordnern, Unterordnern und Auto Sequences® strukturiert werden. Bei der Auto Sequence® in der Struktur kann es sich um die ursprüngliche Auto Sequence® oder eine Verknüpfung mit der ursprünglichen Auto Sequence® handeln.

Die als Verknüpfungen markierten Auto Sequences® und die ursprünglichen Auto Sequences® sind verknüpft. Das Ändern von Parametern oder Grenzwerten für eine der verknüpften Auto Sequences® wirkt sich auf die ursprüngliche Auto Sequence® sowie all ihre Verknüpfungen aus.

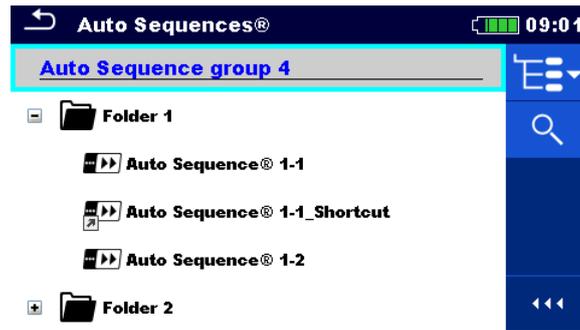


Abbildung 12.2: Beispiel für organisierte Auto Sequences® im Auto Sequences®-Hauptmenü

Optionen



Die ursprüngliche Auto Sequence®.



Ein Verknüpfung zur ursprünglichen Auto Sequence®.



Ruft das Menü für eine detailliertere Ansicht der ausgewählten Auto Sequence® auf.

Diese Option sollte zudem verwendet werden, wenn die Parameter/Grenzwerte der ausgewählten Auto Sequence® geändert werden müssen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **12.2.1 Menü der Auto Sequence®-Ansicht** .



Startet die ausgewählte Auto Sequence®.
Das Gerät startet die Auto Sequence® umgehend.



Suchen im Auto Sequences®-Menü Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **12.1.2 Suchen im Auto Sequences®-Menü**.

12.2 Organisieren einer Auto Sequence®

Eine Auto Sequence® ist in drei Phasen unterteilt:

- Vor dem Start des ersten Tests wird das Menü der Auto Sequence®-Ansicht angezeigt (es sei denn, sie wurde direkt im Auto Sequence®-Hauptmenü gestartet). In diesem Menü können die Parameter und Grenzwerte für die einzelnen Messungen festgelegt werden.
- Während der Ausführungsphase einer Auto Sequence® werden vorprogrammierte Einzeltests durchgeführt. Der Ablauf der einzelnen Tests wird durch vorprogrammierte Ablaufbefehle gesteuert.
- Nach Abschluss der Testsequenz wird das Auto Sequence®-Ergebnismenü angezeigt. Die Details der einzelnen Tests können angezeigt und die Ergebnisse in der Speicherverwaltung gespeichert werden.

12.2.1 Menü der Auto Sequence®-Ansicht

Im Menü der Auto Sequence®-Ansicht werden die Kopfzeile sowie die Einzeltests für die ausgewählte Auto Sequence® angezeigt. Die Kopfzeile enthält den Namen und die Beschreibung der Auto Sequence®. Vor dem Beginn einer Auto Sequence® können die Testparameter/Grenzwerte für einzelne Messungen geändert werden.

Menü der Auto Sequence®-Ansicht (Kopfzeile ist ausgewählt)

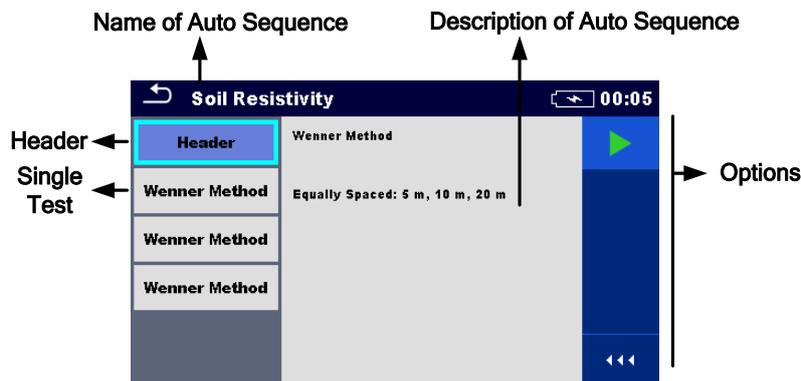


Abbildung 12.3: Menü der Auto Sequence®-Ansicht – Kopfzeile ist ausgewählt

Optionen



Startet die Auto Sequence®.

Menü der Auto Sequence®-Ansicht (Messung ist ausgewählt)

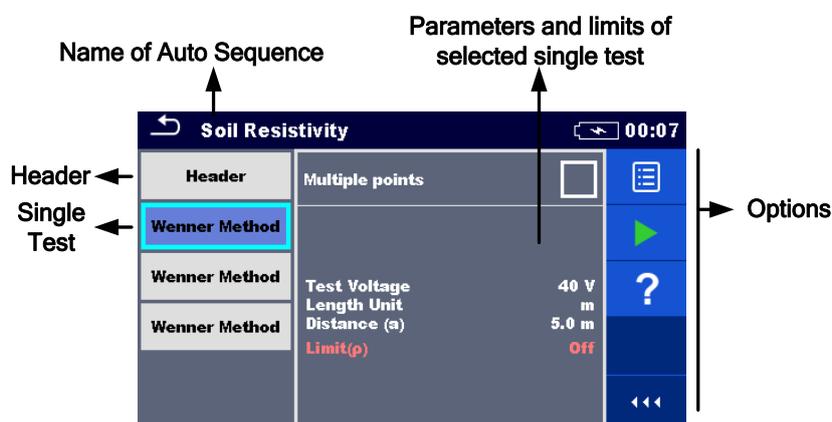


Abbildung 12.4: Menü der Auto Sequence®-Ansicht – Messung ist ausgewählt

Optionen



Wählt den Einzeltest aus.



auf

Test Voltage	40 V
Length Unit	m
Distance (a)	5.0 m
Limit(ρ)	Off

Öffnet das Menü zum Ändern der Parameter und Grenzwerte der ausgewählten Messungen.

In Kapitel **10.1.2 Einstellen von Parametern und Grenzwerten für Einzeltests** finden Sie weitere Informationen zum Ändern der Messparameter und Grenzwerte.



Startet die Auto Sequence®.

Anzeige von Schleifen

Wenner Met... x2

Das an das Ende des Einzeltestnamens angehängte „x2“ gibt an, dass eine Schleife von Einzeltests programmiert wurde. Der markierte Einzeltest wird also so oft durchgeführt, wie es die Zahl hinter dem „x“ angibt. Die Schleife kann zuvor am Ende jeder Einzelmessung beendet werden.

12.2.2 Schrittweises Ausführen von Auto Sequences®

Das Ausführen der Auto Sequence® wird durch vorprogrammierte Ablaufbefehle gesteuert. Beispiele für Aktionen, die durch Ablaufbefehle gesteuert werden:

- Pausen während der Testsequenz
- Summer
- Fortsetzen der Testsequenz in Bezug auf die Messergebnisse

Die aktuelle Liste der Ablaufbefehle finden Sie in **Anhang C.5 Beschreibung der Ablaufbefehle**.

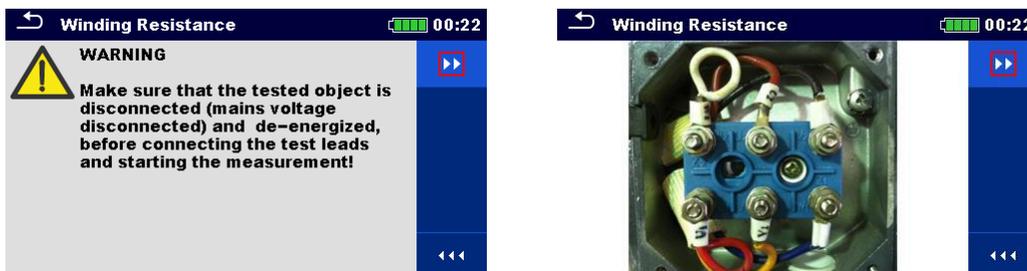


Abbildung 12.5: Auto Sequence® – Beispiel für eine Pause mit Meldung (Text oder Bild)

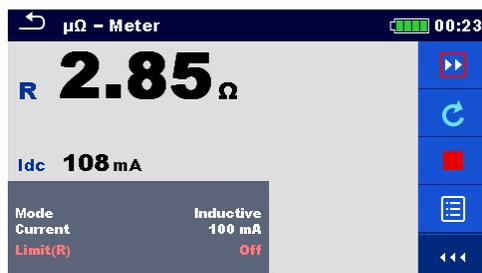


Abbildung 12.6: Auto Sequence® – Beispiel für eine abgeschlossenen Messung mit Optionen für die weitere Vorgehensweise

Optionen (während des Ausführens einer Auto Sequence®)



Fährt mit dem nächsten Schritt der Testsequenz fort.



Wiederholt die Messung.
Das angezeigte Ergebnis des Einzeltests wird nicht gespeichert.



Beendet die Auto Sequence® und wechselt zum Ergebnisfenster der Auto Sequence®.



Beendet die Schleife der Einzeltests und fährt mit dem nächsten Schritt im Testablauf fort.



auf

Zeigt die Parameter und Grenzwerte für die Messung an.



Fügt einen Kommentar hinzu.
Auf dem Gerät wird das Tastenfeld zur Eingabe eines Kommentars zur aktuellen Messung geöffnet.

Hinweis:

- Die auf dem Bedienfeld verfügbaren Optionen sind abhängig vom ausgewählten Einzeltest, von dessen Ergebnis und vom programmierten Testablauf.

12.2.3 Auto Sequence®-Ergebnisfenster

Nach Abschluss der Auto Sequence® wird das Auto Sequence®-Ergebnisfenster angezeigt. Auf der linken Seite des Displays werden die Einzeltests und deren Status in der Auto Sequence® angezeigt. In der Mitte des Displays wird die Kopfzeile der Auto Sequence® angezeigt. Oben wird der Gesamtstatus der Auto Sequence® angezeigt. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel 9.1.1 *Messzustände*.

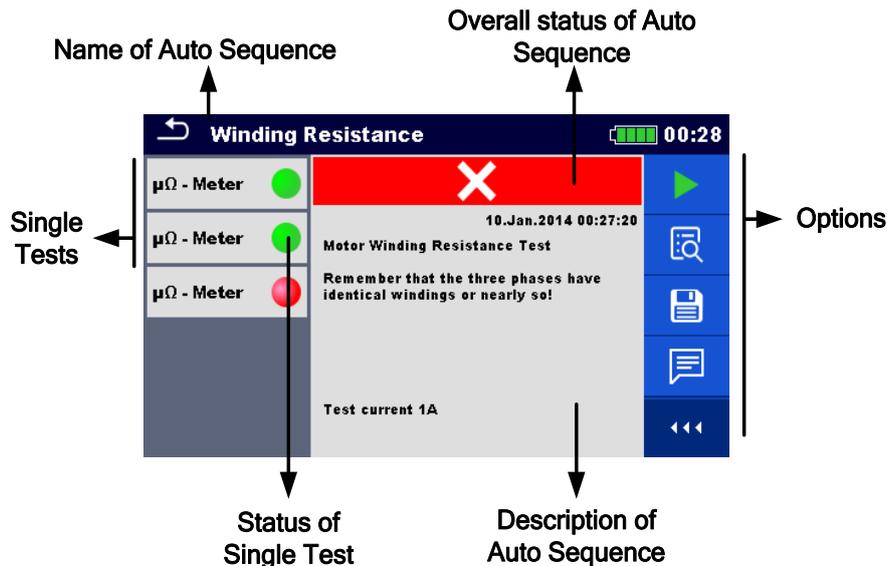


Abbildung 12.7: Auto Sequence®-Ergebnisfenster

Optionen



Test starten

Startet eine neue Auto Sequence®.



Zeigt die Ergebnisse der einzelnen Messungen an.

Das Gerät wechselt zum Menü für das Anzeigen der Auto Sequence®-Details.



Speichert die Auto Sequence®-Ergebnisse.

Eine neue Auto Sequence® wurde aus einem Strukturobjekt der Baumstruktur ausgewählt und begonnen:

- Die Auto Sequence® wird unter dem ausgewählten Strukturobjekt gespeichert.

Eine neue Auto Sequence® wurde im Auto Sequence®-Hauptmenü gestartet:

- In der Standardeinstellung wird sie unter dem zuletzt ausgewählten Strukturobjekt gespeichert. Der Benutzer kann ein anderes Strukturobjekt auswählen oder ein neues erstellen.

Wenn Sie im Speicherverwaltungsmenü auf  drücken, wird die Auto Sequence® am ausgewählten Speicherort gespeichert.

Eine leere Messung wurde in der Baumstruktur ausgewählt und begonnen:

- Die Ergebnisse werden der Auto Sequence® hinzugefügt. Der Gesamtstatus der Auto Sequence® wechselt von „leer“ zu „abgeschlossen“.

In der Baumstruktur wurde eine bereits durchgeführte Auto Sequence® ausgewählt, angezeigt und anschließend neu gestartet:

- Die neue Auto Sequence® wird unter dem ausgewählten Strukturobjekt gespeichert.



Fügt einen Kommentar hinzu.

Auf dem Gerät wird das Tastenfeld zur Eingabe eines Kommentars zur aktuellen Auto Sequence geöffnet.

Optionen im Menü für das Anzeigen der Auto Sequence®-Ergebnisdetails



Es werden die Details des ausgewählten Einzeltests in der Auto Sequence® angezeigt.



auf

Mode	Inductive
Current	100 mA
Limit(R)	5 Ω

Öffnet das Menü zum Anzeigen der Parameter und Grenzwerte der ausgewählten Messungen. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel **10.1.2 Einstellen von Parametern und Grenzwerten für Einzeltests**.



Fügt dem ausgewählten Einzeltestergebnis einen Kommentar hinzu. Der Kommentar zum ausgewählten Einzeltestergebnis kann angezeigt/bearbeitet werden, wenn er aus dem Speicher abgerufen wird.

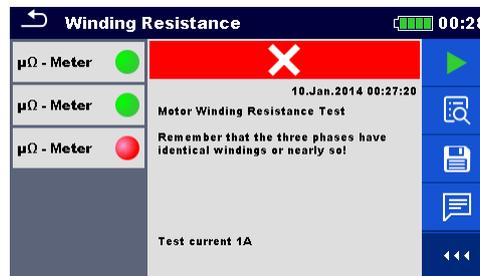


Abbildung 12.8: Details des Menüs für das Anzeigen von Auto Sequence®-Ergebnisdetails

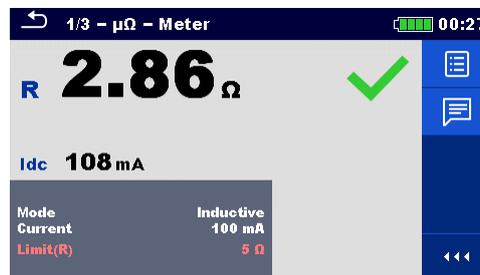


Abbildung 12.9: Einzeltestdetails im Auto Sequence®-Ergebnisfenster

12.2.4 Auto Sequence-Speicherfenster

Im Auto Sequence®-Speicherfenster können Auto Sequence®-Details angezeigt und eine neue Auto Sequence® gestartet werden.

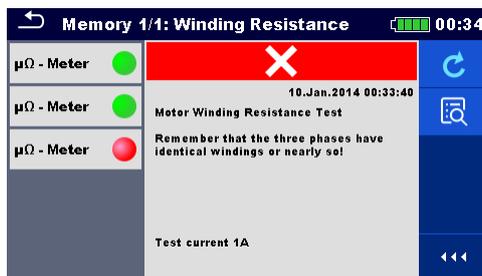


Abbildung 12.10: Auto Sequence®-Speicherfenster

Optionen



Erneutes Testen der Auto Sequence®.
Wechselt zum Menü für eine neue Auto Sequence®.



Wechselt zum Menü für das Anzeigen von gespeicherten Auto Sequence®-Details.

13 Kommunikation

Das Gerät kann mit der Computersoftware Metrel ES Manager kommunizieren. Folgende Aktion wird unterstützt:

- ❑ Die gespeicherten Ergebnisse sowie die Baumstruktur der Speicherverwaltung können heruntergeladen und auf einem Computer gespeichert werden.
- ❑ Die Baumstruktur und die Auto Sequences® der Computersoftware Metrel ES Manager können auf das Gerät hochgeladen werden.

Die Computersoftware Metrel ES Manager kann unter Windows 10, und Windows 11 ausgeführt werden. Am Gerät stehen drei Kommunikationsschnittstellen zur Verfügung: RS-232, USB und Bluetooth.

Abhängig von der erkannten Schnittstelle wählt das Gerät automatisch den Kommunikationsmodus aus. Die USB-Schnittstelle hat Vorrang.

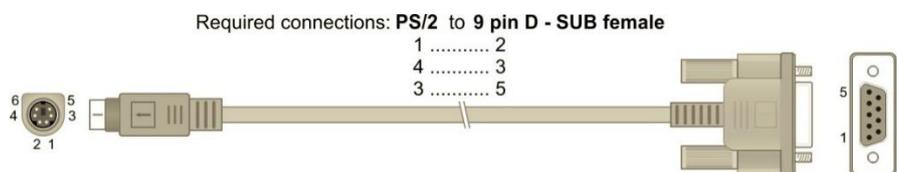


Abbildung 13.1: Schnittstellenanschluss für die Datenübertragung über den PC COM-Port

So stellen Sie eine USB- oder RS-232-Verbindung her:

- ❑ RS-232-Kommunikation: Verbinden Sie mit dem seriellen Kommunikationskabel PS/2 - RS232 einen PC COM-Port mit dem PS/2-Anschluss des Geräts;
- ❑ USB-Kommunikation: Verbinden Sie mit dem USB-Schnittstellenkabel einen USB-Anschluss des Computers mit dem USB-Anschluss des Geräts.
- ❑ Schalten Sie den Computer und das Gerät ein.
- ❑ Führen Sie die Software Metrel ES Manager aus.
- ❑ Wählen Sie den Kommunikationsanschluss aus (der COM-Port für die USB-Kommunikation ist als „Measurement Instrument USB VCom Port“ gekennzeichnet).
- ❑ Das Gerät ist für die USB-Kommunikation mit dem Computer eingerichtet.

Bluetooth-Kommunikation:

Das interne Bluetooth-Modul ermöglicht das einfache Kommunizieren über Bluetooth mit Computern und Android-Geräten.

So konfigurieren Sie eine Bluetooth-Verbindung zwischen dem Gerät und einem Computer:

- ❑ Schalten Sie das Gerät ein.
- ❑ Konfigurieren Sie auf dem Computer einen seriellen Standardanschluss, um die Kommunikation über eine Bluetooth-Verbindung zwischen dem Gerät und einem Computer zu ermöglichen. In der Regel wird für das Verbinden der Geräte kein Code benötigt.
- ❑ Führen Sie die Software Metrel ES Manager aus.
- ❑ Richten Sie den konfigurierten Kommunikationsport ein.
- ❑ Das Gerät ist für die Bluetooth-Kommunikation mit dem Computer eingerichtet.

Hinweise:

- ❑ Der Name des ordnungsgemäß konfigurierten Bluetooth-Geräts muss aus dem Gerätetyp und der Seriennummer bestehen, z. B. MI 3288-12345678I.
- ❑ Der Verbindungscode des Bluetooth-Kommunikationsgeräts lautet 1234.

14 Wartung

Unbefugten Personen ist es nicht gestattet, das MI 3288 zu öffnen. Mit Ausnahme der Akkus und Sicherungen unter der Abdeckung auf der Rückseite sind im Inneren des Geräts keine vom Benutzer auszutauschenden Komponenten vorhanden.



Abbildung 14.1: Position der Schrauben zum Öffnen des Batterie-/Sicherungsfachs

14.1 Ersetzen der Sicherung

Unter der rückseitigen Abdeckung des MI 3288 befindet sich eine Sicherung.

F2 FF 2 A/1.000 V, 32×6,3 mm (Schaltleistung: 50 kA)
H, C1-Anschlussschutzsicherung

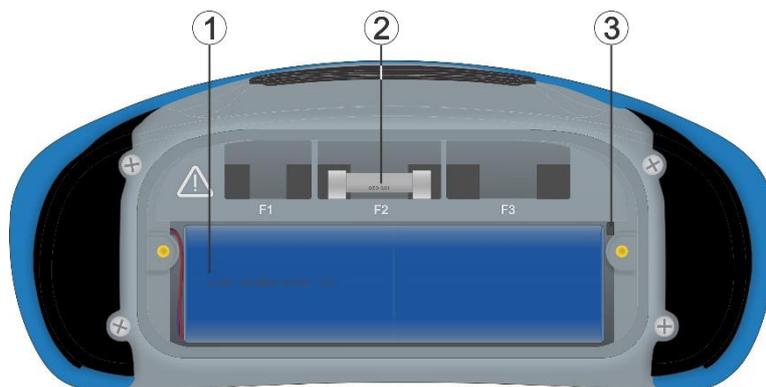


Abbildung 14.2: Sicherungen



Warnungen:

- ❑ Trennen Sie alle Messzubehöerteile und schalten Sie das Messgerät aus, bevor Sie das Batterie-/Sicherungsfach öffnen, da im Gerät gefährliche Spannungen anliegen!
- ❑ Ersetzen Sie durchgebrannte Sicherungen mit dem gleichen Typ, da das Gerät oder Zubehör andernfalls beschädigt und/oder die Sicherheit des Bedieners beeinträchtigt werden kann.

14.2 Einsetzen/Austauschen von Akkus

Vorgehensweise:

①	Entnehmen Sie den Akku aus dem Batteriefach.	
②	Entfernen Sie den Schaumstoff, falls dieser unter dem Akku eingelegt war.	
③	Drücken Sie auf den Stecker (1), um ihn zu entriegeln, und ziehen Sie an den Drähten (2), um den Akku vom Gerät zu trennen.	

①	Schließen Sie den neuen Akku am Gerät an.	
②	Verwenden Sie bei Akkus mit Standardkapazität Schaumstoff (2), um den freien Platz zu füllen.	
③	<p>Setzen Sie den Akku in das Batteriefach ein, und schließen Sie die Abdeckung des Batterie-/Sicherungsfachs.</p> <p>Hinweis:</p> <p>Achten Sie beim Einsetzen eines Akkus mit hoher Kapazität darauf, dass sich das Schutzmodul des Akkus an der oberen Innenseite des Fachs befindet.</p>	



Warnungen:

- ❑ Trennen Sie alle Messzubehöerteile und schalten Sie das Messgerät aus, bevor Sie das Batterie-/Sicherungsfach öffnen, da im Gerät gefährliche Spannungen anliegen!
- ❑ Ersetzen Sie Akkus ausschließlich mit dem gleichen Typ, da das Gerät andernfalls beschädigt und/oder die Sicherheit des Bedieners beeinträchtigt werden kann.
- ❑ Stellen Sie sicher, dass die Akkus gemäß den Richtlinien des Herstellers sowie der örtlichen und nationalen Behörden verwendet und entsorgt werden.

14.3 Reinigung

Für das Gehäuse ist keine besondere Pflege erforderlich. Verwenden Sie zum Reinigen der Oberfläche des Geräts oder Zubehörs einen weichen Lappen, der leicht mit Seifenwasser oder Alkohol befeuchtet wurde. Lassen Sie das Gerät vor der Benutzung vollständig abtrocknen.



Warnungen:

- ❑ Verwenden Sie keine auf Benzin oder Kohlenwasserstoff basierende Flüssigkeiten!
- ❑ Verschütten Sie keine Reinigungsflüssigkeit über dem Gerät!

14.4 Periodische Kalibrierung

Das Gerät muss regelmäßig kalibriert werden, damit die in diesem Handbuch angeführten technischen Spezifikationen gewährleistet sind. Wir empfehlen eine jährliche Kalibrierung. Die Kalibrierung darf nur von einem autorisierten Techniker durchgeführt werden. Weitere Informationen erhalten Sie von Ihrem Händler.

14.5 Wartung

Wenden Sie sich jederzeit und insbesondere bei Reparaturen, die unter die Garantie fallen, jederzeit an Ihren Händler.

14.6 Geräte-Upgrades

Ein Upgrade des Geräts kann von einem Computer aus über den USB-Kommunikationsanschluss durchgeführt werden. Dadurch ist das Gerät auch dann auf dem neuesten Stand, wenn sich Normen oder Vorschriften ändern. Die Firmware-Aktualisierung erfordert einen Internetzugang und kann in der **Software Metrel ES Manager** mithilfe der Aktualisierungssoftware FlashMe durchgeführt werden, die Sie durch das Upgrade leitet. Weitere Informationen finden Sie in der Metrel ES Manager-Hilfedatei.

<https://www.metrel.si/en/downloads/>

Hinweis:

- ❑ Weitere Informationen zu den Anschlüssen finden Sie in Kapitel **13 Kommunikation**.

15 Technische Daten

15.1 Spannungs und Frequenz [U/f]

15.1.1 Effektivspannungsmesser

Messprinzip: Spannungsmessung (Effektivwert)

Anzeigebereich Uac 0,000 V ... >750 V

Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Uac	0,000 V ... 9,999 V	0,001 V	Frequenzbereich: 15 Hz ... 99 Hz ±(0,5 % des Messwerts + 3 Digits)
	10,00 V ... 99,99 V	0,01 V	Frequenzbereich: 100 Hz ... 399 Hz
	100,0 V ... 749,9 V	0,1 V	±(1 % des Messwerts + 3 Digits) Frequenzbereich: 400 Hz ... 1200 Hz ±(5 % des Messwerts + 3 Digits)

Anzeigebereich Udc 0,000 V ... >1.100 V

Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Udc	0,000 V ... 9,999 V	0,001 V	±(0,5 % des Messwerts + 3 Digits)
	10,00 V ... 99,99 V	0,01 V	
	100,0 V ... 999,9 V	0,1 V	

Anzeigebereich U 0,000 V ... >1.100 V

Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
U	0,000 V ... 9,999 V	0,001 V	Berechneter Wert (Unsicherheit von Uac und Udc berücksichtigen)
	10,00 V ... 99,99 V	0,01 V	
	100,0 V ... 999,9 V	0,1 V	

Das angezeigte Spannungsergebnis U (AC + DC) wird folgendermaßen berechnet:

$$U = \sqrt{(Uac)^2 + (Udc)^2}$$

Testmodus..... fortlaufend

Ergebnisart..... AC, DC oder AC + DC

Nennfrequenzbereich DC, 15,00 Hz ... 1,200 kHz

Eingangswiderstand (HV+) – (HV-)..... 25 MΩ ± 5 %

Messwiederholrate typisch 1 s

Automatische Bereichsauswahl ja

15.1.2 Frequenz

Messprinzip: Messung mit Nulldurchgangserkennung

Anzeigebereich f 12 Hz ... >2.000 Hz

Frequenz	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
f	15,00 Hz ... 99,99 Hz	0,01 Hz	±(0,2 % des Messwerts + 1 Digit)
	100,0 Hz ... 999,9 Hz	0,1 Hz*	
	1,000 kHz ... 1,200 kHz	1 Hz	

Testmodus..... fortlaufend

Nennspannungsbereich 5 V 750 V (AC)

15.2 Strom [I]

15.2.1 Stromzange aus Eisen (A 1281) und flexibel (A 1227, A 1609)

Messprinzip: Strommessung (Effektivwert)

Strom	Typ	Bereich	Messbereich	Anzeigebereich	Auflösung	Gesamtunsicherheit (*siehe Hinweise)
I	A 1281	0,5 A	10 mA ... 749 mA	0 mA ... 749 mA	1 mA	±(2,5 % des Messwerts + 3 Digits)
		5 A	0,10 A ... 7,49 A	0,00 A ... 7,49 A	0,01 A	
		100 A	2 A ... 149 A	0,0 A ... 99,9 A	0,1 A	
				100 A ... 149 A	1 A	
		1000 A	20 A ... 999 A	0 A ... 999 A	1 A	
	A 1227 A 1609	30 A	0,6 A ... 59,9 A	0,0 A ... 59,9 A	0,1 A	±(3,5 % des Messwerts + 3 Digits)
		300 A	6 A ... 599 A	0 A ... 599 A	1 A	
3000 A		0,06 kA ... 5,99 kA	0,00 kA ... 5,99 kA	0,01 kA		

Eingangsanschluss..... galvanisch getrennt (Zangenanschluss)

Testmodus..... fortlaufend

Messfrequenzbereich 16 Hz ... 420 Hz

Eingangsimpedanz 100 kΩ (Zangenanschluss)

Gerätegenauigkeit (Zangenanschluss)..... 2 %

Messwiederholrate..... 3 s typisch

*Hinweise:

- Bei geringfügigen Überschreitungen des Zangenbereichs zeigt das Gerät > und den entsprechenden Bereich an (z. B. >599 A).
- Bei einer großen Überschreitung des Zangenbereichs oder einer falschen Zangenauswahl werden horizontale Striche (- - -) angezeigt.
- Die Frequenz wird nur angezeigt, wenn ($I_m \geq 1 \% I_{clamp_range}$), wobei I_m dem gemessenen Strom und I_{clamp_range} dem festgelegten Wert für den Zangenbereich entspricht. Andernfalls werden die horizontalen Striche (- - -) angezeigt.
- Die Gesamtunsicherheit (in Prozent vom Messwert) dient als Richtlinie. Den genauen Messbereich und die Messunsicherheit entnehmen Sie dem Benutzerhandbuch der entsprechenden Stromzangen. Die Gesamtunsicherheit wird berechnet als:

$$OverallAccuracy = 1.15 \cdot \sqrt{InstrumentAccuracy^2 + ClampAccuracy^2}$$

15.3 Erdung [Ze]

15.3.1 2-, 3-, 4-polig

Messprinzip..... Spannung-/Strommessung

Anzeigebereich Ze..... (0,000 Ω ... >19,99 k Ω)

Erdung	Testfrequenz	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (*siehe Hinweise)
Ze	55 Hz ... 164 Hz	0,010 Ω ... 1,999 Ω	0,001 Ω	$\pm(3\%$ des Messwerts + 3 Digits)
		2,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 k Ω ... 1,999 k Ω	0,001 k Ω	
		2,00 k Ω ... 19,99 k Ω	0,01 k Ω	

Testmodus..... einzeln

Prüfspannung bei offenem Anschluss 20 oder 40 V AC

Testfrequenz 55 Hz, 82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz

Kurzschlussprüfstrom >80 mA bei 164 Hz, 40 V AC

Grenzwertbereich (Ze) AUS, 0,1 Ω ... 5,00 k Ω , benutzerdefinierter Wert

Form der Prüfspannung Sinuswelle

Ze-Definition Impedanzwert Z(f).

Re-Definition Impedanz, ohne Blindwiderstand X(f).

Messdauer siehe Tabelle 15.1

Typische Akku-Laufzeit siehe Tabelle 15.3

Automatischer Test des Prüfspitzenwiderstands ja (3-, 4-polig)

Automatischer Anschlusstest..... ja [H, S, ES, E]

Automatische Bereichsauswahl ja

Automatischer Test der Störspannung ja

*Hinweise:

- Die Messunsicherheit hängt von der ordnungsgemäßen Kompensation der Prüfleitungen für 2-, 3-polig und dem Widerstand der Prüfspitzen und Hilfserdungselektroden ab (siehe 15.8 Einfluss der Hilfselektroden).

Das Ausschließen des Blindwiderstands X(f) für das Re-Ergebnis wird durch die Genauigkeit der Phasenwinkelmessung begrenzt.

Typische Messdauer	Messung				
	2-polig	3-polig	4-polig	Selektiv (Eisenzange)	2 Zangen (fortlaufend)
55 Hz	5 s	7 s	12 s	14 s	/
82 Hz	3 s	5 s	7 s	9 s	3 s
105 Hz	2 s	3 s	7 s	9 s	3 s
164 Hz	2 s	3 s	7 s	9 s	3 s

Tabelle 15.1: Typische Messdauer für unterschiedliche Messungen

15.3.2 Selektiv (Eisenzange)

Messprinzip: Spannung-/Strommessung (externe Eisenzange)

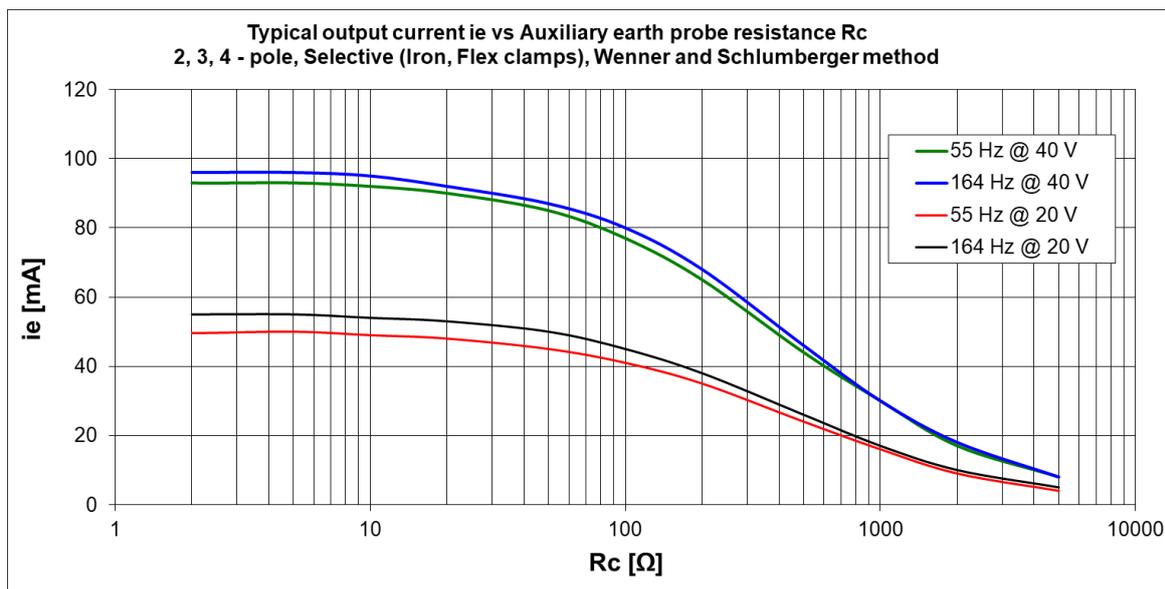
Anzeigebereich Zsel (0,000 Ω ... >19,99 kΩ)

Selektive Erdungsimpedanz	Testfrequenz	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (*siehe Hinweise)
Zsel	55 Hz ... 164 Hz	0,010 Ω ... 1,999 Ω	0,001 Ω	±(8 % des Messwerts + 3 Digits)
		2,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	
		20,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	
		200 Ω ... 999 Ω	1 Ω	
		1,000 kΩ ... 1,999 kΩ	0,001 kΩ	
		2,00 kΩ ... 19,99 kΩ	0,01 kΩ	

- Testmodus..... einzeln
- Prüfspannung bei offenem Anschluss 40 V AC
- Testfrequenz 55 Hz, 82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz
- Kurzschlussprüfstrom >80 mA bei 164 Hz, 40 V AC
- Grenzwertbereich (Zsel) AUS, 0,1 Ω ... 5 kΩ, benutzerdefinierter Wert
- Form der Prüfspannung Sinuswelle
- Zsel-Definition..... Impedanzwert Z(f).
- Messdauer siehe Tabelle 15.1
- Typische Akku-Laufzeit siehe Tabelle 15.3
- Messzangentyp A1281
- Automatischer Test des Prüfspitzenwiderstands ja
- Automatischer Anschlusstest..... ja [H, S, ES, E]
- Automatische Bereichsauswahl ja
- Automatischer Test der Störspannung ja
- Anzeige zu geringen Zangenstroms ja [Ic]

*Hinweise:

- Die Messunsicherheit hängt von der ordnungsgemäßen Kompensation der Prüflleitungen für 2-, 3-polig und dem Widerstand der Prüfspitzen und Hilfserdungselektroden ab (siehe 15.8 Einfluss der Hilfselektroden).



15.3.3 2 Zangen

Messprinzip: Widerstandsmessung in geschlossenen Schleifen mit zwei Eisenstromzangen

Anzeigebereich Z_e (0,000 Ω ... >100 Ω)

Schleifenimpedanz	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Z_e	0,000 Ω ... 1,999 Ω	0,001 Ω	$\pm(5\%$ des Messwerts + 5 Digits)
	2,00 Ω ... 9,99 Ω	0,01 Ω	$\pm(5\%$ des Messwerts + 2 Digits)
	10,0 Ω ... 49,9 Ω	0,1 Ω	$\pm(10\%$ des Messwerts + 2 Digits)
	50 Ω ... 100 Ω	1 Ω	$\pm 20\%$ des Messwerts

Testmodus fortlaufend

Mindestabstand zwischen Prüfzangen > 30 cm

Testfrequenz 82 Hz, 94 Hz, 105 Hz, 111 Hz, 128 Hz, 164 Hz

Grenzwertbereich (Z_e) AUS, 0,1 Ω ... 40 Ω , benutzerdefinierter Wert

Form der Prüfspannung Sinuswelle

Z_e -Definition Impedanzwert $Z(f)$.

Messwiederholrate typisch 2,5 s bei 164 Hz (abhängig von der Testfrequenz)

Typische Akku-Laufzeit siehe Tabelle 15.3

Messzangentyp A1281

Generatorzangentyp A1019

Automatische Bereichsauswahl ja

Automatischer Test der Störspannung ja

Anzeige zu geringen Zangenstroms ja [Ic]

Typischer Schleifen(prüf)strom	Schleifenimpedanzen				
	100 m Ω	500 m Ω	1 Ω	5 Ω	10 Ω
164 Hz	130 mA	32 mA	16 mA	3,5 mA	1,7 mA

Tabelle 15.2: Typischer Schleifen(prüf)strom für verschiedene Schleifenimpedanzen

15.4 Spezifische Erdungswiderstandsmessungen [ρ]

15.4.1 Wenner- und Schlumberger-Methode

Messprinzip..... Spannung-/Strommessung

Spezifischer Erdungs-	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
ρ	0,00 Ωm ... 19,99 Ωm	0,01 Ωm	berechneter Wert (Unsicherheit der 4-poligen Messung berücksichtigen)
	20,0 Ωm ... 199,9 Ωm	0,1 Ωm	
	200 Ωm ... 999 Ωm	1 Ωm	
	1,000 $\text{k}\Omega\text{m}$... 1,999 $\text{k}\Omega\text{m}$	0,001 $\text{k}\Omega\text{m}$	
	2,00 $\text{k}\Omega\text{m}$... 19,99 $\text{k}\Omega\text{m}$	0,01 $\text{k}\Omega\text{m}$	
	20,0 $\text{k}\Omega\text{m}$... 199,9 $\text{k}\Omega\text{m}$	0,1 $\text{k}\Omega\text{m}$	
	200 $\text{k}\Omega\text{m}$... 999 $\text{k}\Omega\text{m}$	1 $\text{k}\Omega\text{m}$	
	1,00 $\text{M}\Omega\text{m}$... 1,99 $\text{M}\Omega\text{m}$	10 $\text{k}\Omega\text{m}$	

Spezifischer Erdungs-	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
ρ	0,00 Ωft ... 19,99 Ωft	0,01 Ωft	berechneter Wert (Unsicherheit der 4-poligen Messung berücksichtigen)
	20,0 Ωft ... 199,9 Ωft	0,1 Ωft	
	200 Ωft ... 999 Ωft	1 Ωft	
	1,000 $\text{k}\Omega\text{ft}$... 1,999 $\text{k}\Omega\text{ft}$	0,001 $\text{k}\Omega\text{ft}$	
	2,00 $\text{k}\Omega\text{ft}$... 19,99 $\text{k}\Omega\text{ft}$	0,01 $\text{k}\Omega\text{ft}$	
	20,0 $\text{k}\Omega\text{ft}$... 199,9 $\text{k}\Omega\text{ft}$	0,1 $\text{k}\Omega\text{ft}$	
	200 $\text{k}\Omega\text{ft}$... 999 $\text{k}\Omega\text{ft}$	1 $\text{k}\Omega\text{ft}$	
	1,00 $\text{M}\Omega\text{ft}$... 1,99 $\text{M}\Omega\text{ft}$	10 $\text{k}\Omega\text{ft}$	

Testmodus..... einzeln
 Prüfspannung bei offenem Anschluss 40 V AC
 Testfrequenz 164 Hz
 Kurzschlussprüfstrom >80 mA bei 164 Hz, 40 V AC
 Grenzwertbereich (ρ) AUS, 0,1 Ωm ... 900 $\text{k}\Omega\text{m}$
 Grenzwertbereich (ρ) AUS, 0,1 Ωft ... 900 $\text{k}\Omega\text{ft}$
 Form der Prüfspannung Sinuswelle
 Messdauer siehe Tabelle 15.1
 Typische Akku-Laufzeit siehe Tabelle 15.3
 Automatischer Test des Prüfspitzenwiderstands ja
 Automatischer Anschlusstest..... ja [H, S, ES, E]
 Automatische Bereichsauswahl ja
 Automatischer Test der Störspannung ja

15.5 Erdungspotenzial [Us]

15.5.1 Schritt und Berührung

Messprinzip: Strom-/Spannungsmessung

Schritt und Berührung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Us	0,1 V ... 199,9 V	0,1 V	berechneter Wert (Unsicherheit der Um-Messung berücksichtigen)
	200 V ... 1999 V	1 V	

Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Um	0,00 mV ... 19,99 mV	0,01 mV	±(1 % des Messwerts + 3 Digits)
	20,0 mV ... 199,9 mV	0,1 mV	
	200 mV ... 1999 mV	1 mV	
	2,00 V ... 19,99 V	10 mV	
	20,0 V ... 49,9 V	0,1 V	0,1 V

Testmodus..... einzeln
 Prüfspannung bei offenem Anschluss 40 V AC
 Testfrequenz 55 Hz, 82 Hz
 Kurzschlussprüfstrom >120 mA bei 82 Hz
 Eingangswiderstand (S) 3,0 MΩ
 Fehlerstrombereich (I_{ft}) (auswählbar)..... 1 A ... 200 kA
 Messdauer siehe Tabelle 15.1 (4-polig)
 Automatischer Test des Prüfspitzenwiderstands ja
 Automatische Bereichsauswahl ja
 Automatischer Test der Störspannung ja

Die angezeigte Potenzialspannung (U_s) wird folgendermaßen berechnet:

$$U_s = U_m * (I_{fault} / I_{gen})$$

Hinweis:

- Eine Ganzkörper-Prüfspitze A 1597 mit einem Innenwiderstand von 1 kΩ ±1 %, 10 W.

15.6 DC-Widerstand [R]

15.6.1 $\mu\Omega$ - Messgerät (2A)

Messprinzip: Spannungs- (DC) / Strommessung (DC)

Anzeigebereich R 0,000 m Ω ... >199,9 Ω

DC Widerstand	Prüfstrom	Messbereich	Auflösung	Ungewissheit (* Siehe Hinweise)	
R	1 A	2 A	0,000 m Ω ... 1,999 m Ω	1 $\mu\Omega$	$\pm(0,25\% \text{ des Messwerts} + 4 \text{ Digits})$
			2,00 m Ω ... 19,99 m Ω	10 $\mu\Omega$	
		20,0 m Ω ... 199,9 m Ω	100 $\mu\Omega$		
		200 m Ω ... 499 m Ω	1 m Ω		
		0,500 m Ω ... 1,999 Ω	1 m Ω		
	100 mA		0,00 m Ω ... 19,99 m Ω	10 $\mu\Omega$	
			20,0 m Ω ... 199,9 m Ω	100 $\mu\Omega$	
			200 m Ω ... 1,999 Ω	1 m Ω	
			2,00 Ω ... 19,99 Ω	10 m Ω	
	10 mA		0,0 m Ω ... 199,9 m Ω	100 $\mu\Omega$	
			200 m Ω ... 1,999 Ω	1 m Ω	
			2,00 Ω ... 19,99 Ω	10 m Ω	
20,0 Ω ... 199,9 Ω			100 m Ω		

Prüfmodus..... einzeln, dauerhaft, induktiv

Prüfspannung bei offener Klemme..... $\sim 3 V_{dc}$

Prüfstromrichtung..... bidirektional

Prüfstromgenauigkeit $\pm 10\%$ (reibungsloser DC)

Max. Induktivität..... 2 H (induktiv)

Grenzwertbereich (R) AUS, 1 m Ω ... 100 Ω , benutzerdefinierter Wert

Messzeit üblicherweise 7 s (Einzelmodus)

Maximaler Leiterwiderstand..... 200 m Ω insgesamt (Rlead C1 + C2) und 100 Ω insgesamt (Rlead P1 + P2)

Prüfverfahren..... 4-adrig

Automatischer Anschlussstest ja [C1, P1, P2, C2]

Automatische Bereichsauswahl ja

Automatischer Test des Spannungsrauschen ja

Typische Batteriebetriebsdauer..... siehe Tabelle 15.3

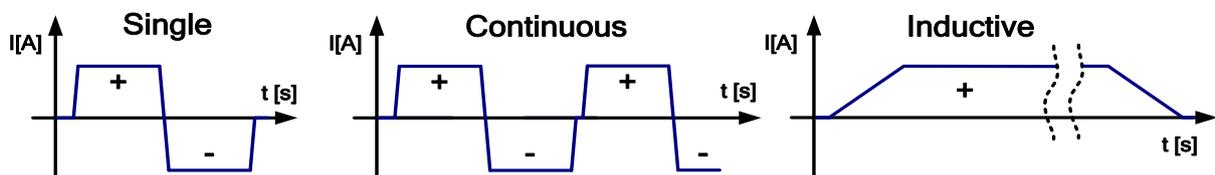


Abbildung 15.1: Stromwellenform $\mu\Omega$ -Meter (2A)

*Hinweise:

- Alle Daten hinsichtlich der Genauigkeit werden für die nominale (Referenz) Umgebungsbedingung, sowie für vordere und umgekehrte Messungen angegeben.
- Der induktive Modus führt einen nicht definierten Fehler ein, wenn ein EMF am Prüfling vorliegt.

Rauschunterdrückung (50/60 Hz) an Potentialleitungen P1 - P2:

	Max. Rauschpegel	Prüfstrom				Zusätzlicher Fehler
		2 A	1 A	100 mA	10 mA	
Widerstandsbereich	20 mV rms	20 mΩ	20 mΩ	200 mΩ	2 Ω	±10 Digits
	50 mV rms	200 mΩ	200 mΩ	2 Ω	20 Ω	
	250 mV rms	500 mΩ	2 Ω	20 Ω	200 Ω	

15.6.2 Ω-Messgerät (200mA)

Messprinzip: Spannungs- (DC) / Strom- (DC) Messung

Anzeigebereich R (0,000 Ω... >1,99 kΩ)

DC-Widerstand	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (* siehe Hinweis)
R	0,020 Ω ... 1,999 Ω	0,001 Ω	±(1 % des Messwerts + 2 Digits)
	2,00 Ω ... 19,99 Ω	0,01 Ω	
	20,0 Ω ... 999,9 Ω	0,1 Ω	
	1,000 kΩ ... 1,999 kΩ	1 Ω	

Testmodus..... einzeln

Prüfspannung bei offenem Anschluss ~5 V_{DC}

Kurzschluss-Prüfstrom min. 200 mA_{DC} in Lastwiderstand von 2 Ω

Prüfstromrichtung..... bidirektional

Max. Induktivität.....2 H

Grenzwertbereich (R) AUS, 0,1 Ω ... 40 Ω, benutzerdefinierter Wert

Messdauer typisch 2 s

Typische Akku-Laufzeit siehe Tabelle 15.3

Testmethode 2-Leiter oder 4-Leiter

Kompensation der Prüfleitung.....ka, bis zu 5 Ω

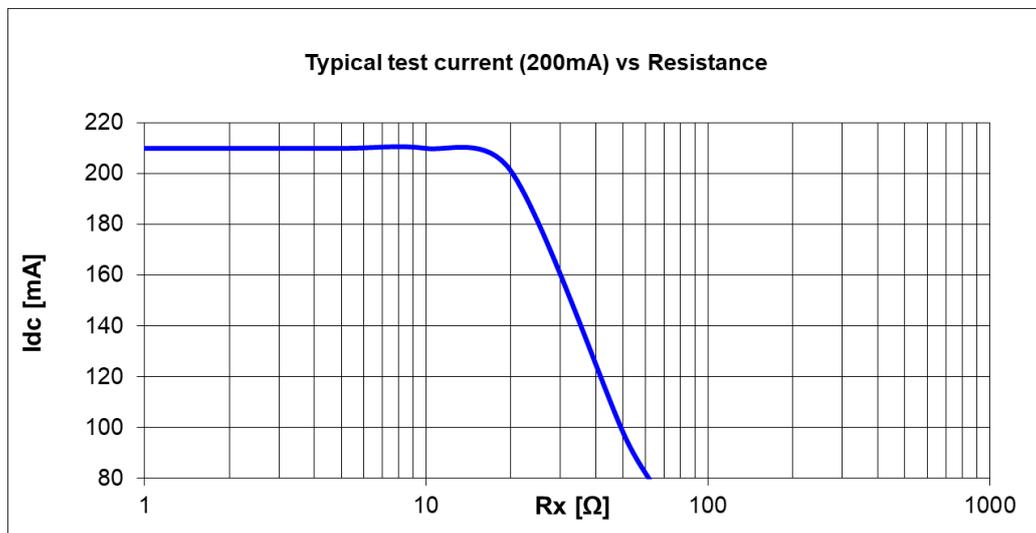
Maximaler Leitungswiderstand1 Ω gesamt (Rlead C1 + C2) und 500 Ω gesamt (Rlead P1 + P2)

Automatische Bereichsauswahl ja

Automatischer Test der Störspannung ja

**Hinweis:*

- Die Unsicherheit ist abhängig von der ordnungsgemäßen Kompensation der Prüfleitungen (2-Leiter-Testmethode).



15.6.3 Ω-Messgerät (7mA)

Messprinzip: Spannungs- (DC) / Strom- (DC) Messung

Anzeigebereich R (0,0 Ω... >999 kΩ)

DC-Widerstand	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (* siehe Hinweis)
R	0,0 Ω ... 199,9 Ω	0,1 Ω	±(0,5 % des Messwerts + 5 Digits)
	200 Ω ... 1999 Ω	1 Ω	
	2,00 kΩ ... 19,99 kΩ	10 Ω	
	20,0 kΩ ... 199,9 kΩ	100 Ω	
	200 kΩ ... 999 kΩ	1 kΩ	±(2 % des Messwerts + 5 Digits)

Testmodus..... fortlaufend

Prüfspannung bei offenem Anschluss ~14 V_{DC}

Kurzschlussprüfstrom ~6,8 mA_{DC}

Prüfstromrichtung..... unidirektional

Grenzwertbereich (R) AUS, 1 Ω ... 15,0 kΩ, benutzerdefinierter Wert

Messwiederholrate <0,5 s

Testmethode 2-Leiter

Kompensation der Prüfleitung..... ka, bis zu 5 Ω

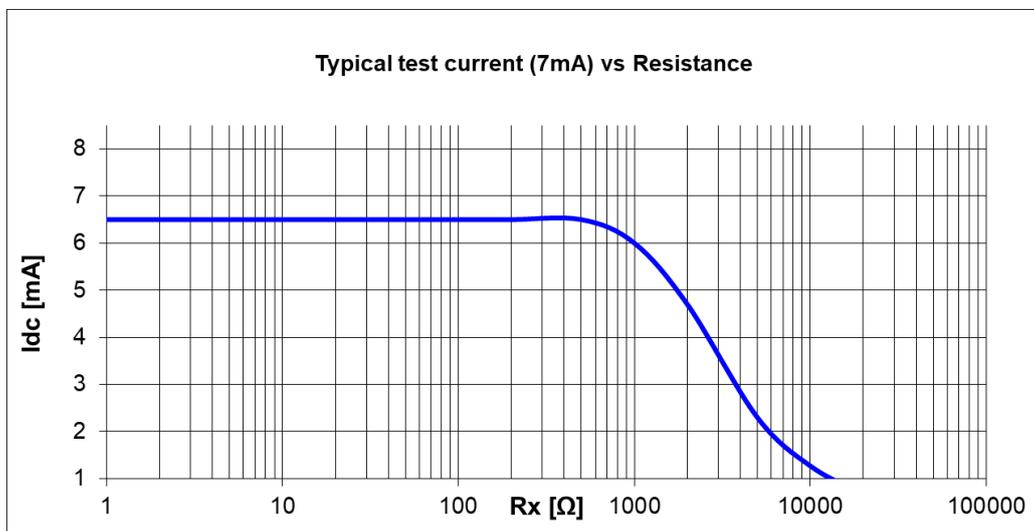
Automatische Bereichsauswahl ja

Automatischer Test der Störspannung ja

Typische Akku-Laufzeit siehe Tabelle 15.3

**Hinweis:*

- Die Unsicherheit ist abhängig von der ordnungsgemäßen Kompensation der Prüfleitungen.
- Dauerton - I_{dc}-Prüfstrom entspricht mindestens 5,0 mA.



15.7 Isolierungswiderstandsmessung [Riso]

15.7.1 Isolierungswiderstand (IR, DD, SV, WS - Prüfung)

Messprinzip: Spannungs- (DC) / Strom- (DC) Messung

Anzeigebereich Riso 0 kΩ ... >100 GΩ* (abhängig von Un und R_{FS})

Widerstand (Messbereiche und Genauigkeit für Un = 2,5 kV)

DC-Widerstand	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (*siehe Hinweise)
Riso	0 kΩ ... 999 kΩ	1 kΩ	±(3 % des Messwerts + 3 Digits)
	1,00 MΩ ... 9,99 MΩ	10 kΩ	
	10,0 MΩ ... 99,9 MΩ	100 kΩ	
	100 MΩ ... 999 MΩ	1 MΩ	±(5 % des Messwerts + 3 Digits)
	1,00 GΩ ... 9,99 GΩ	10 MΩ	
	10,0 GΩ ... 99,9 GΩ	100 MΩ	

*Hinweise:

- Der Skalenendwert des Widerstands (R_{FS}) hängt von der Nennprüfspannung (U_N) ab und wird gemäß folgender Gleichung definiert:

$$R_{FS} = 0.04 * 10^9 [\Omega/V] * U_N [V]$$

Un – Nennspannung	R _{FS} – Skalenendwert
50 V	2 GΩ
100 V	4 GΩ
500 V	20 GΩ
1,0 kV	40 GΩ
1,5 kV	60 GΩ
2,0 kV	80 GΩ
2,5 kV	100 GΩ

- In der folgenden Tabelle wird die Genauigkeit im Verhältnis zum Endwiderstand definiert:

Messbereich (Ω)	Unsicherheit
$R < \frac{R_{FS}}{100}$	±(3 % des Messwerts + 3 Digits)
$\frac{R_{FS}}{100} \leq R < \frac{R_{FS}}{10}$	±(5 % des Messwerts + 3 Digits)
$\frac{R_{FS}}{10} \leq R < R_{FS}$	±(15 % des Messwerts + 1 Digit)

Nennprüfspannungsbereiche 50 V ... 2,5 kV

Spannungsschritt 50 V bei Un (50 V ... 1 kV), 100 V bei Un (1 kV ... 2.5 kV)

Spannungsausgangsgenauigkeit ±(10 % + 10 V) bei 100 MΩ Last

Strombelastbarkeit des Testgenerators >1 mA für Un bei ≥ 350V

Kurzschluss-/Ladestrom >2 mA

Aufladungsrate für kapazitive Last <2 s/μF bei 2,5 kV

Automatische Entladung ja

Entladungsrate für kapazitive Last <0,8 s/μF bei 2,5 kV

Entladungswiderstand 212 kΩ ± 10 %

Balkendiagramm-Bereich 10 kΩ ... 1 GΩ (logarithmische Skala)

Schutzwiderstand..... ~1800 Ω

Zusätzliche Filteroptionen AUS, 5 s, 10 s, 30 s, 60 s (gleitender Durchschnitt)

Typische Akku-Laufzeit siehe Tabelle 15.3

DC-Strom

Anzeigebereich I..... 0,00 nA ... 5,0 mA

DC-Strom	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
I	2,0 mA ... 5,0 mA	0,1 mA	$\pm(1\% \text{ des Messwerts} + 3 \text{ Digits})$
	0,20 mA ... 1,99 mA	10 μ A	
	20 μ A ... 199 μ A	1 μ A	
	2,0 μ A ... 19,9 μ A	0,1 μ A	$\pm(5\% \text{ des Messwerts} + 3 \text{ Digits})$
	0,20 μ A ... 1,99 μ A	10 nA	
	20 nA ... 199 nA	1 nA	

DC-Spannung

DC-Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Um	0 V ... 999 V	1 V	$\pm(1\% \text{ des Messwerts} + 3 \text{ Digits})$
	1,00 kV ... 2,99 kV	10 V	

Kapazität

Kapazität	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
C	10 nF ... 999 nF	1 nF	$\pm(5\% \text{ des Messwerts} + 3 \text{ Digits})$
	1,00 μ F ... 9,99 μ F	10 nF	
	10,0 μ F ... 50,0 μ F	100 nF	

Dielektrisches Absorptionsverhältnis DAR

DC-Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (* siehe Hinweis)
DAR	0,01 ... 9,99	0,01	$\pm(5\% \text{ des Messwerts} + 3 \text{ Digits})$
	10,0 ... 100,0	0,1	

Polarisierungsindex PI

DC-Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (* siehe Hinweis)
PI	0,01 ... 9,99	0,01	$\pm(5\% \text{ des Messwerts} + 3 \text{ Digits})$
	10,0 ... 100,0	0,1	

Dielektrischer Entladungsindex DD

DC-Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit (* siehe Hinweis)
DD	0,01 ... 9,99	0,01	$\pm(5\% \text{ des Messwerts} + 3 \text{ Digits})$
	10,0 ... 100,0	0,1	

Stoßspannungsprüfung

Prüfspannungsabfall Schnell ist gleich 25 V / 150 ms (*Siehe Hinweise)

..... Normal ist gleich 25 V / 500 ms

..... Langsam ist gleich 25 V / 2,5 s

Spannungsschritt 25 V*

*Hinweise:

- Wenn die zusätzliche Mittelwertbildung (AVG) für den Ergebniswert aktiviert ist, werden PI und DAR nicht berechnet (---).
- Sofern aktiviert, misst das Gerät die dielektrische Entladung (DD), wenn die Kapazität im Bereich von 20 nF bis 50 μ F liegt.
- Die empfohlene Mindesteinstellung für Timer 1 lautet 5 s für IR, DD und SV – Test.
- Für kleinere Schritte (< 10) im WS-Test kann die Zeit "Schnell" um bis zu 25 V / 300 ms abweichen.

- Die angegebene Genauigkeit gilt bis 1 GΩ, wenn die relative Luftfeuchtigkeit >85 % beträgt.
- Falls das Gerät feucht wird, kann das Ergebnis beeinträchtigt werden. In diesem Fall wird empfohlen, das Gerät und sein Zubehör mindestens 24 Stunden lang zu trocknen.

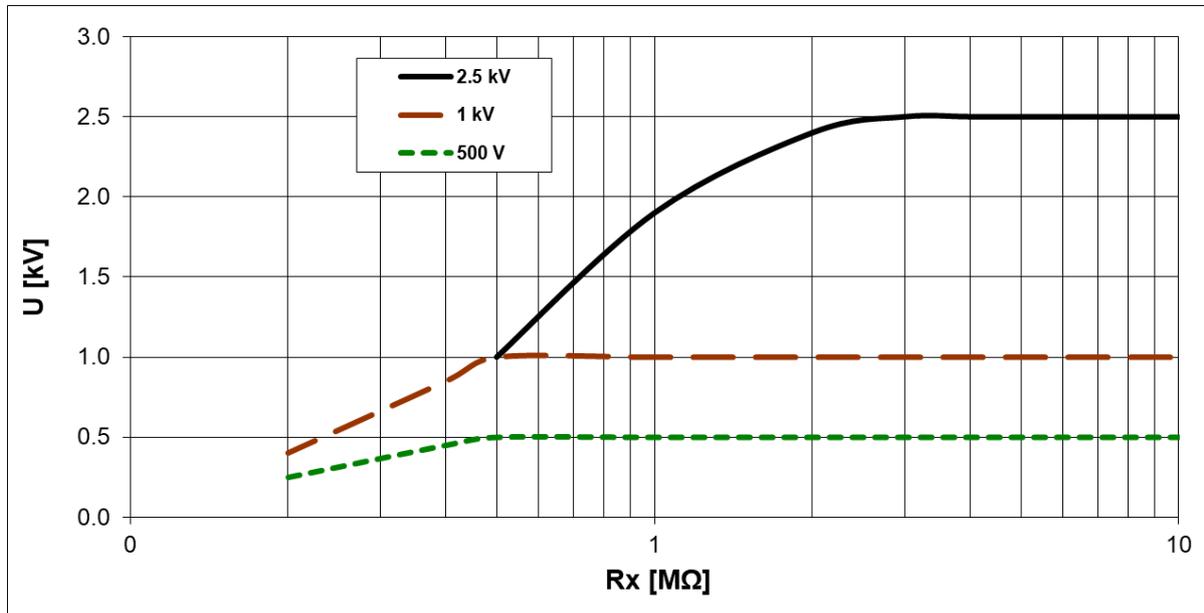


Abbildung 15.2: Generatorleistung vs. Widerstand

15.7.2 Varistor-Test

Messprinzip: Spannungs- (DC)/Strom- (DC) Messung; DC-Spannungsrampe.

Anzeigebereich Uac 0,0 V ... >1563 V

Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Uac	0,0 V ... 99,9 V	0,1 V	berechneter Wert (Unsicherheit der DC-Spannung berücksichtigen)
	100 V ... 999 V	1 V	
	1,00 kV ... 1,56 kV	10 V	

Anzeigebereich Udc 0,0 V ... >2.500 V

Spannung	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Udc	0,0 V ... 99,9 V	0,1 V	±(1 % des Messwerts + 3 Digits)
	100 V ... 999 V	1 V	
	1,00 kV ... 2,50 kV	10 V	

Testmethode DC-Spannungsrampe
 Prüfspannungsbereich 1.000 V, 1.500 V, 2.500 V
 Prüfspannungsabfall 80 V/s
 Grenzwert-Strom (Itrigg) 0,1 mA ÷ 1,5 mA
 Automatische Bereichsauswahl ja
 Automatischer Test der Störspannung ja

Die Beziehung zwischen Udc und Uac lautet wie folgt:

$$Uac \approx Udc / (1.15 \times \sqrt{2})$$

15.8 Einfluss der Hilfselektroden

Definition von Rc, Rp und Ra:

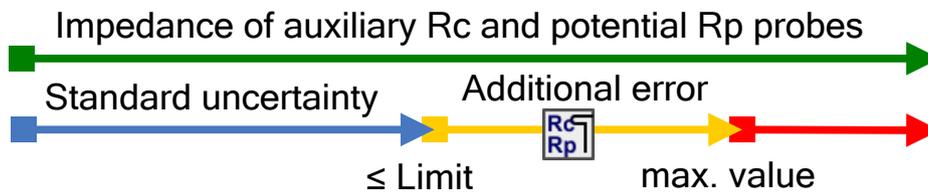
- Rc Impedanz der Hilfsstrom-Prüfspitzen (Rh + Re)
- Rp Impedanz der Hilfspotenzial-Prüfspitzen (Rs + Res)
- Ra Erdungswiderstand

**Messfunktion 3-, 4-polig, selektiv (Eisenzange),
Wenner- und Schlumberger-Methode,**

Zusätzliche Unsicherheit bei Überschreiten der Grenzwerte (Rh, Rs, Res, Re) oder des Maximalwerts (je nachdem, welcher Wert niedriger ist).

Testfrequenz	Grenzwert für Rh und Rs	Grenzwert für Res und Re	Maximalwert	Zusätzliche Unsicherheit
55 Hz ... 164 Hz	$> 4 \text{ k}\Omega + 100 \cdot Ra$	$> 4 \text{ k}\Omega + 100 \cdot Ra$	50 kΩ	±15 % des Messwerts

Wenn der Grenzwert der Hilfsprüfspitzen überschritten wird, gilt dies auch für den Messbereich des Geräts.



	Der Messbereich des Geräts wurde überschritten (- - -)!
--	---

Hinweise:

- Symbol für hohe Impedanz der Hilfsstrom- oder Potenzialprüfspitzen.

	Hohe Impedanz der Hilfsstrom- und Potenzialprüfspitzen.
	Hohe Impedanz der Hilfsstrom-Prüfspitze Rc.
	Hohe Impedanz der Hilfspotenzial-Prüfspitze Rp.

15.9 Einfluss eines geringen Prüfstroms durch die Zangen

In großen Systemen macht der gemessene Teilstrom nur einen geringen Teil des Prüfstroms durch die Stromzange aus. Es muss die Messunsicherheit für geringen Strom sowie die Störfestigkeit gegen Störströme berücksichtigt werden! Das Testgerät zeigt in diesem Fall die Warnmeldung „geringer Strom“ an.

	Niedriger Prüfstrom durch Eisenzangen. Die Messergebnisse sind möglicherweise beeinträchtigt. Grenzwert [Eisenzangen $< 1 \text{ mA}$].
--	--

Messfunktion Selektiv (Eisenzange), 2 Zangen,

Zangen	Zusätzliche Unsicherheit bei Überschreiten des Grenzwerts für niedrigen Strom		
	Index	Grenzwert	Zusätzliche Unsicherheit
Eisenzange (A1281)	Ic	<1 mA	$\pm(10\% \text{ des Messwerts} + 2 \text{ Digits})$

15.10 Einfluss von Rauschen

Definition von Rauschen:

Einspeisen von Serienstörungen (Spannung / Strom) mit Netzfrequenzen von: 16 2/3 Hz, 50 Hz, 60 Hz, 400 Hz oder DC (Frequenzen gemäß IEC 61557-5).

Messfunktion 2-, 3-, 4-polig, selektiv (Eisen),
Wenner- und Schlumberger-Methode,

Maximale Rauschstörspannung

an den Anschlüssen H, S, ES und E.....30 V effektiv

Maximaler Rauschstörstrom durch:

Eisenzange (A1281).....0,5 A effektiv

Max. externes Magnetfeld.....100 A/m (kein Einfluss)

Frequenz des eingespeisten Rauschens	Testfrequenz	Rauschunterdrückung (*siehe Hinweis)
400 Hz	55 Hz ... 164 Hz	>60 dB
60 Hz	55 Hz	>50 dB
	82 Hz ... 164 Hz	>60 dB
50 Hz	55 Hz	>50 dB
	82 Hz ... 164 Hz	>60 dB
16 2/3 Hz	55 Hz ... 164 Hz	>60 dB
DC	55 Hz ... 164 Hz	>60 dB

Messfunktion 2 Zangen

Maximaler Rauschstörstrom durch:

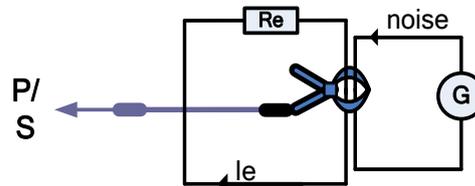
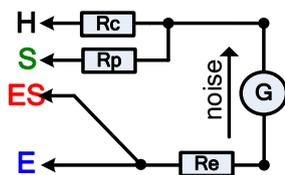
Eisenzange (A1281).....3 A effektiv (Re 20 Ω)

0,5 A effektiv (Re >20 Ω)

Max. externes Magnetfeld.....100 A/m (kein Einfluss)

Hinweise:

- Beispiele für Rauscheinspeisung (Spannung/Strom)



- Symbol für Rauschen

	Beim Messen wurde starkes elektrisches Rauschen festgestellt. Die Messergebnisse sind möglicherweise beeinträchtigt. <i>Grenzwert [die Rauschfrequenz liegt in der Nähe (±10 %) an der Testfrequenz].</i>
--	---

- Zu hohe Eingangsmesssignale an den Anschlüssen H, S, ES, E, Zange. Mögliche Ursachen: Die maximale Störspannung oder der maximale Störstrom wurden erreicht. Überprüfen Sie die Anzahl der Windungen der flexiblen Zangen.

	Der Messbereich des Geräts wurde überschritten. Die Messung kann weder gestartet noch angezeigt werden!
--	---

- Signal-Rausch-Verhältnis

$$SNR_{db} = 20 * \log_{10} \left(\frac{A_{SIGNAL}}{A_{NOISE}} \right)$$

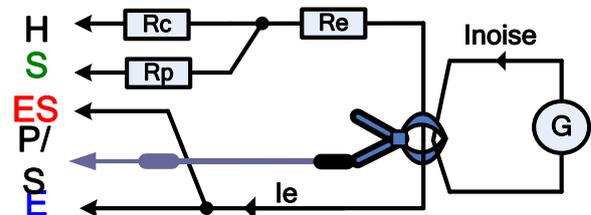
15.10.1 Digitale Filterungstechnik

Das MI 3288 verfügt über einen hochauflösenden 7K-SPS-Analog-Digital-Wandler (Samples pro Sekunde), um die verschiedenen analogen Signale wie z. B. Eingangsspannung (U_h), Strom (I_e) usw. in digitale Ergebnisse umzuwandeln.

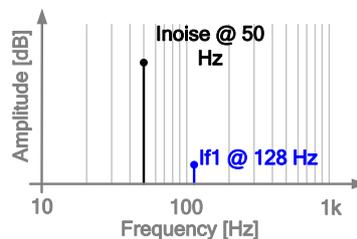
Beispiel

Beschreibung der Prüflinge und schematischer Anschlussplan:

Selektiv (flexible Zange)	
Re	10 Ω
Rc und Rp	2 k Ω
Testfrequenz	128 Hz
Ie	19,7 mA
Inoise	0,5 A effektiv bei 50 Hz
SNR	-28 dB



Verwenden des selektiven FFT-Filteralgorithmus.



Das MI 3288 misst nur das vom Gerät erzeugte analoge Signal (I_e) und filtert alle anderen Frequenzen (Rauschen) heraus. Daher haben von der Messfrequenz abweichende Frequenzen keinen Einfluss auf das Messergebnis.

15.11 Teilergebnisse der Messfunktionen

Teilergebnis	Messbereich	Auflösung	Unsicherheit
Rp, Rc	0 Ω ... 49.9 k Ω	1 Ω ... 0.1 k Ω	$\pm(8\%$ des Messwerts + 3 Digits)
Re	0,010 Ω ... 19.9 k Ω	0,001 Ω ... 0.1 k Ω	$\pm(8\%$ des Messwerts + 3 Digits)
Ie	0,01 mA ... 999 mA	0,01 mA ... 1 mA	$\pm(3\%$ des Messwerts + 3 Digits)
Ic	0,01 mA ... 9,99 A	0,01 mA ... 0,01 A	$\pm(5\%$ des Messwerts + 3 Digits)
Zsel	0,001 Ω ... 19.9 k Ω	0,001 Ω ... 0.1 k Ω	$\pm(8\%$ des Messwerts + 3 Digits)
f	16 Hz ... 499 Hz	1 Hz	$\pm(0,2\%$ des Messwerts + 1 Digit)
Igen	0,01 mA ... 999 mA	0,01 mA ... 1 mA	$\pm(2\%$ des Messwerts + 2 Digits)
Idc	0,01 mA ... 2,9 A	0,01 mA ... 0,1 A	$\pm(2\%$ des Messwerts + 2 Digits)
R+	0 Ω ... 1.99 k Ω	1 $\mu\Omega$... 10 Ω	Nur Anzeige
R-	0 Ω ... 1.99 k Ω	1 $\mu\Omega$... 10 Ω	Nur Anzeige

15.12 Allgemeine Daten

Akkuversorgung 7,2 V DC (4,4 Ah oder 8,8 Ah, Lithium-Ionen-Akku)
 Akku-Ladedauer typisch 3 h (4.400 mAh Lithium-Ionen-Akku, Typ:
 18650T22A2S2P)
 typisch 4,5 h (8.800 mAh Lithium-Ionen-Akku, Typ:
 18650T22A2S4P)
 Eingangsspannung der Ladebuchse 12 V \pm 10 %
 Eingangsstrom der Ladebuchse max. 3,0 A
 Akku-Ladestrom bis zu 2,2 A (4.400 mAh Lithium-Ionen-Akku)
 bis zu 3,0 A (8.800 mAh Lithium-Ionen-Akku)

Akku-Betriebsdauer:

Auto-Abschalttimer 10 min (Ruhezustand)

Messung	Lastbedingungen	Anzahl der möglichen Tests oder Dauer (fortlaufendes Testen) bei vollständig geladenem Akku.	
		4.400 mAh Lithium-Ionen-Akku	8.800 mAh Lithium-Ionen-Akku
Ruhezustand	Helligkeit = 100 %	>10 h	>20 h
2, 3 – pole		> 1000 Tests	> 2000 Tests
4-polig, Wenner, Schlumberger, Selektiv (Eisenzange)	Ze = 1 Ω , Rc = 200 Ω	>600 Tests	>1.200 Tests
2 Zangen	Ze = 10 Ω	5 h	10 h
Isolierungswiderstand	250 k Ω Last bei 250 V	7 h	14 h
	1,0 M Ω Last bei 1,0 kV	5 h	10 h
	2,5 M Ω Last bei 2,5 kV	2,2 h	4,4 h
	2,5 M Ω Last bei 2,5 kV (EN 61557-2)	>600 Tests	>1.200 Tests
Ω -Messgerät (7mA)	R= 10 Ω	7 h	14 h
Ω -Messgerät (200mA)	R= 1 Ω (EN 61557-4)	>1.000 Tests	>2.000 Tests
Ω - Meter (2A)	R= 100 m Ω @ 2 A	2 h	4 h
	R= 1 Ω @ 1 A	4 h	8 h

Tabelle 15.3: Typische Akku-Laufzeit

Schutzklassifizierung verstärkte Isolierung
 Messkategorie 300 V KAT IV
 Verschmutzungsgrad 2
 Schutzart IP 54 (mit Schutzabdeckungen an USB, Ladegerät und PS/2)
 Betrieb Einsatz im Außenbereich
 Abmessungen (B×H × T) 25 cm × 11 cm × 16 cm
 Gewicht 1,6 kg (mit 4.400-mAh-Lithium-Ionen-Akku)
 1,8 kg (mit 8.800-mAh-Lithium-Ionen-Akku)
 Akustische/optische Warnhinweise ja
 Anzeige 4.3" (10,9 cm) 480×272-Pixel-TFT-Farbdisplay mit
 Touchscreen

EMV:

Emission Klasse B
 Störfestigkeit Grundlegende EM-Umgebung

Referenzbedingungen:

Referenz-Temperaturbereich 25 °C \pm 5 °C
 Referenz-Feuchtebereich 40 % RF–60 % RF

Betriebsbedingungen:Betriebs-Temperaturbereich -10 °C – 50 °C .Maximale relative Luftfeuchtigkeit 90 % RF (0 °C – 40 °C), nicht kondensierend

Nominale Betriebshöhe bis 2000 m

bis zu 4.000 m (Herabstufung auf 600 V KAT II/300 V KAT III)

Lagerungsbedingungen:Temperaturbereich -10 °C – 70 °C .Maximale relative Luftfeuchtigkeit 90 % RF (-10 °C – 40 °C)80 % RF (40 °C – 60 °C)**USB-Kommunikation:**

USB USB 2.0-Hochgeschwindigkeitsschnittstelle

Stecker Standard-USB-Stecker– Typ B

Serielle RS232-Kommunikation:

RS232 Kommunikation galvanisch getrennt

Baudrate: 115.200 Bit/s

Stecker PS/2

Bluetooth-Kommunikation:

Geräteverbindungscode: 1234 (falls erforderlich)

Baudrate: 115.200 Bit/s

Bluetooth-Modul Klasse 2

Daten:

Datenspeicherkapazität 8-GB-SD-Speicherkarte

Computersoftware ja

Die technischen Daten werden mit einem Erweiterungsfaktor von $k = 2$ angegeben, was einer statistischen Sicherheit von etwa 95 % entspricht.

Die Genauigkeit gilt unter Referenzbedingungen für ein Jahr. Der Temperaturkoeffizient außerhalb dieser Grenzwerte beträgt 0,2 % des Messwerts pro $^{\circ}\text{C}$ und eine Stelle.

Anhang A – Strukturobjekte

Die in der Speicherverwaltung verwendeten Strukturelemente sind vom Geräteprofil abhängig.

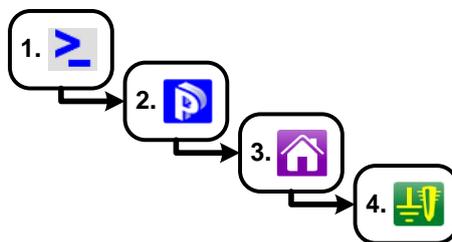


Abbildung A.3: Speicherverwaltungshierarchie

Symbol	Standardname	Parameter:
	Knoten	/
	Projekt	Name des Projekts, Beschreibung des Projekts;
	Gebäude	Name, Beschreibung, Standort, Typ, Nennleistung, Nennspannung, GPS;
	Umspannung	Name, Beschreibung, Standort, Typ, Nennleistung, Nennspannung, GPS;
	Kraftwerk	Name, Beschreibung, Standort, Typ, Nennleistung, GPS;
	Sendemast	Name, Beschreibung, Standort, Typ, Materialart, Nennleistung, Nennspannung, GPS;
	Öffentliche Beleuchtung	Name, Beschreibung, Standort, Materialart, Nennspannung, GPS;
	Objekt	Name, Beschreibung, Standort, GPS;
	Transformator	Name, Beschreibung, Standort, Nennleistung, Nennspannung, GPS;
	Blitzableiter	Name, Beschreibung, Standort, GPS;
	Erdungsstab	Name, Beschreibung, Standort, GPS;
	Gitter	Name, Beschreibung, Standort, GPS;
	Zaun	Name, Beschreibung, Standort, GPS;
	Rohrleitung	Name, Beschreibung, Standort, GPS;
	Testpunkt	Name, Beschreibung, Standort, GPS;

Anhang B – Funktionsweise und Platzierung der Prüfspitzen

Für einen Standard-Erdungswiderstand werden zwei Prüfspitzen (Spannung und Strom) verwendet. Aufgrund des Spannungstrichters müssen die Testelektroden richtig platziert werden. Weitere Informationen zu den in diesem Dokument beschriebenen Prinzipien finden Sie im Handbuch: *Erden, Verbinden und Abschirmen elektronischer Geräte und Anlagen*.

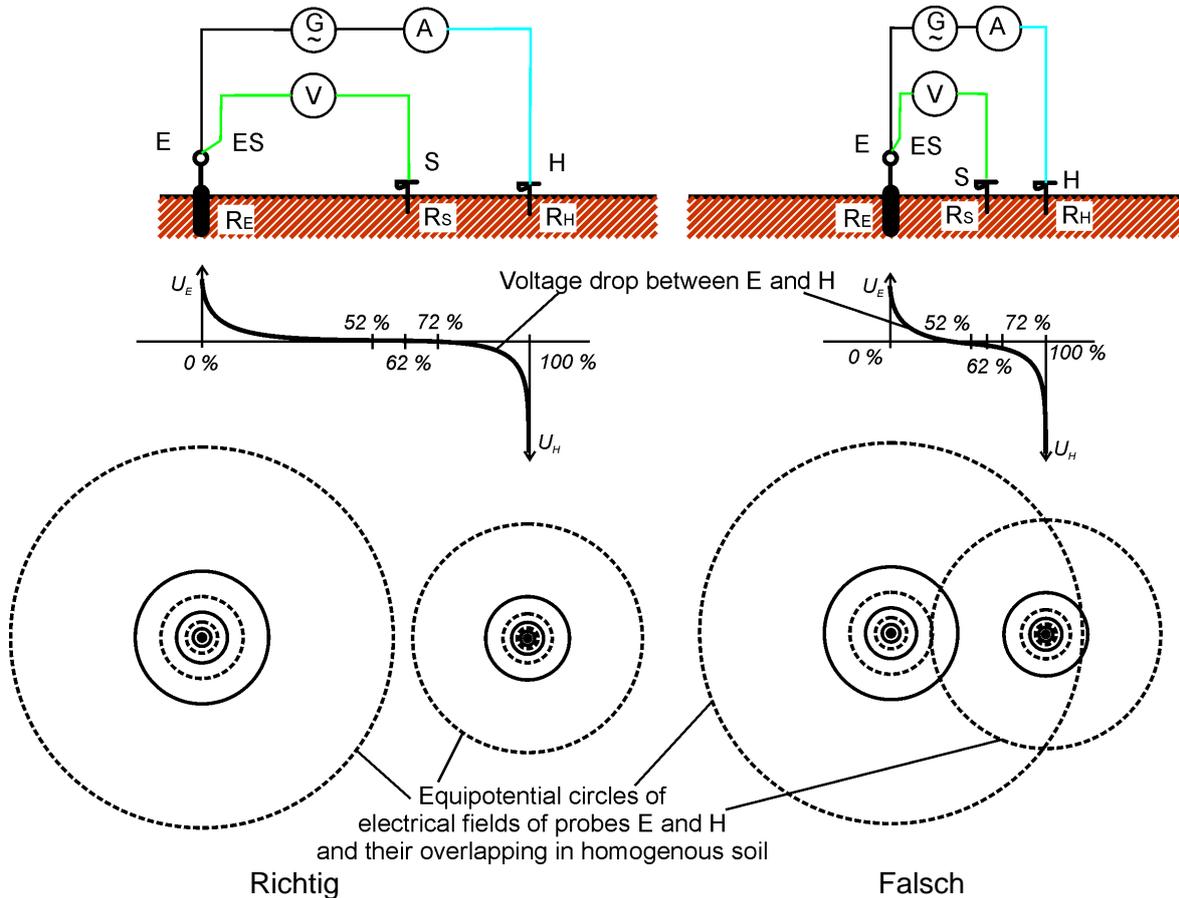


Abbildung B.1: Platzierung der Prüfspitzen

Prüfspitze E ist mit der Erdungselektrode (Stab) verbunden.

Die Prüfspitze H dient zum Schließen der Messschleife. Die Spannung zwischen den Prüfspitzen S und E entspricht dem Spannungsabfall des gemessenen Widerstands. Die richtige Platzierung der Prüfspitzen ist von entscheidender Bedeutung. Wenn die Prüfspitze S zu nahe an der Erdungsanlage platziert wird, wird ein zu kleiner Widerstand gemessen (es wird nur ein Teil des Spannungstrichters erkannt).

Wenn die Prüfspitze S zu nahe an der Prüfspitze H platziert wird, verfälscht der Erdungswiderstand des Spannungstrichters der Prüfspitze H das Ergebnis.

Die Größe des Erdungssystems muss bekannt sein, damit die Prüfspitze richtig platziert werden kann. Der Parameter a entspricht der maximalen Abmessung der Erdungselektrode (oder eines Elektrodensystems) und kann gemäß Abbildung B.2 definiert werden.

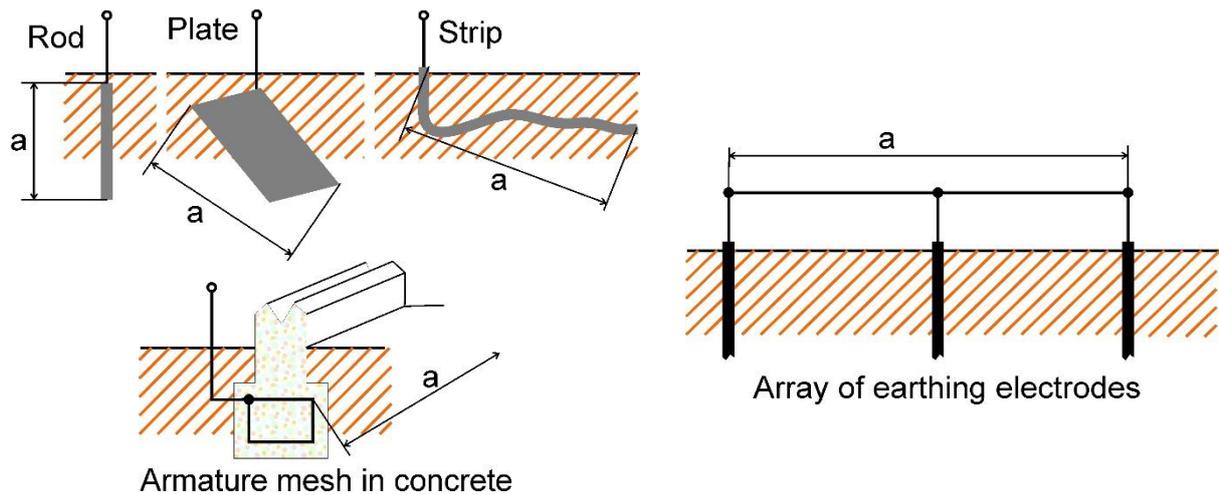


Abbildung B.2: Definition von Parameter a

Platzierung in Reihe

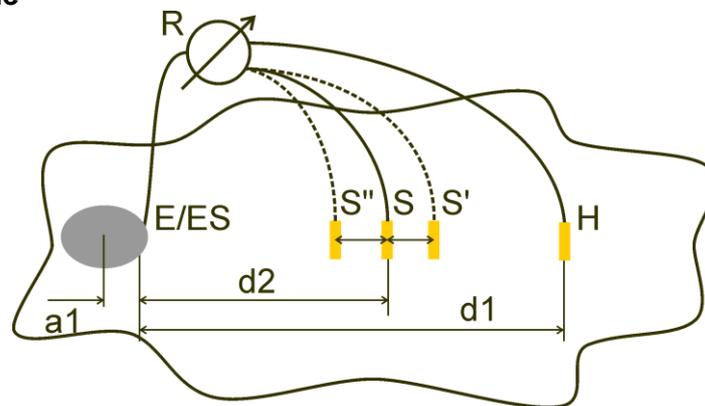


Abbildung B.3: Platzierung in Reihe

Wenn die maximale Größe a des Erdungssystems festgelegt wurde, können Messungen mit einer ordnungsgemäßen Platzierung der Prüfspitzen durchgeführt werden. Eine Messung mit drei Anordnungen der Prüfspitze S (S'' , S , S') soll sicherstellen, dass der ausgewählte Abstand d_1 groß genug ist.

- Der Abstand des zu testenden Erdungselektrodensystems E/ES zur Stromprüfspitze H muss lauten:

$$d_1 \geq 5a$$

- Der Abstand des zu testenden Erdungselektrodensystems E/ES zur Potenzialprüfspitze S muss lauten:

$$d_2 = 0,62d_1 - 0,38a_1 [\Omega]$$

a_1 Abstand zwischen dem Anschlusspunkt des Erdungssystem und dem Mittelpunkt.

Messung 1

- Der Abstand der Erdungselektrode E/ES zur Spannungsprüfspitze S muss lauten:

$$d_2$$

Messung 2

- Der Abstand der Erdungselektrode E/ES zur Spannungsprüfspitze S muss lauten:

$$d_2 = 0,52d_1 - 0,38a_1(S'')$$

Messung 3

- Der Abstand der Erdungselektrode E/ES zur Spannungsprüfspitze S muss lauten:

$$d_2 = 0,72d_1 - 0,38a_1(S')$$

Wenn d_1 ordnungsgemäß ausgewählt wurde, liegen die Ergebnisse der Messungen 2 und 3 symmetrisch um das Ergebnis von Messung 1. Die Differenzen (Messung 2 - Messung 1, Messung 3 - Messung 2) müssen kleiner als 10 % sein. Höhere Differenzen oder unsymmetrische Ergebnisse bedeuten, dass die Spannungstrichter die Messung beeinflussen und der d_1 -Wert erhöht werden sollte.

Hinweise:

- Die anfängliche Unsicherheit des gemessenen Erdungswiderstands hängt vom Abstand zwischen den Elektroden d_1 und der Größe der Erdungselektrode a ab (siehe Tabelle B.4: Einfluss des d_1/a -Verhältnisses auf die anfängliche Unsicherheit).

d_1/a	Unsicherheit [%]
5	10
10	5
50	1

Tabelle B.4: Einfluss des d_1/a -Verhältnisses auf die anfängliche Unsicherheit

- Es wird empfohlen, die Messung mit verschiedenen Prüfspitzenanordnungen zu wiederholen.
- Die Prüfspitzen müssen zudem in der entgegengesetzten Richtung zur zu testenden Elektrode (180° oder mindestens 90°) angeordnet werden. Beim Endergebnis handelt es sich um einen Mittelwert aus mindestens zwei Teilergebnissen.
- Gemäß IEC 60364-6 müssen die Abstände S' -S (Messung 2) und S'' -S (Messung 3) 6 m betragen.

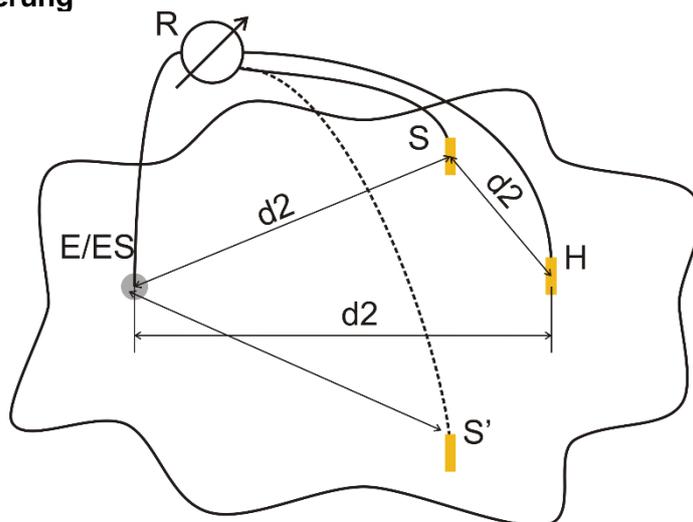
Gleichseitige Platzierung

Abbildung B.4: Gleichseitige Platzierung

Messung 1

Der Abstand der zu testenden Erdungselektrode zur Stromprüfspitze H sowie zur Spannungsprüfspitze S sollte mindestens lauten: $d_2 = 5 \cdot a$

Messung 2

Der Abstand der Erdungselektrode zur Spannungsprüfspitze S (S') muss lauten: d_2 , gegenüberliegende Seite von H

Die erste Messung wird an den Prüfspitzen S und H mit dem Abstand d_2 durchgeführt. Die Anschlüsse E und die Prüfspitzen H und S sollten ein gleichseitiges Dreieck bilden.

Für die zweite Messung ist die Prüfspitze S im selben Abstand d_2 auf der gegenüberliegenden Seite der Prüfspitze H zu platzieren. Die Anschlüsse E und die Prüfspitzen H und S sollten erneut ein gleichseitiges Dreieck bilden. Die Differenz zwischen den beiden Messungen darf 10 % nicht überschreiten. Wenn eine Differenz von mehr als 10 % auftritt, sollte der Abstand d_2 proportional vergrößert und beide Messungen wiederholt werden. Eine einfache Lösung besteht darin, die Prüfspitzen S und H auszutauschen (dies kann auf der Seite des Geräts erfolgen). Beim Endergebnis handelt es sich um einen Mittelwert aus mindestens zwei Teilergebnissen.

Es wird empfohlen, die Messung mit verschiedenen Prüfspitzenanordnungen zu wiederholen. Die Prüfspitzen müssen in der entgegengesetzten Richtung zur zu testenden Elektrode (180° oder mindestens 90°) angeordnet werden.

Prüfspitzenwiderstände

Im Allgemeinen sollten die Prüfspitzen einen geringen Erdungswiderstand aufweisen. Wenn der Widerstand hoch ist (in der Regel aufgrund von trockenem Boden), können die Prüfspitzen H und S das Messergebnis erheblich beeinflussen. Ein hoher Widerstand der Prüfspitze H bedeutet, dass sich der größte Teil des Spannungsabfalls an der Stromprüfspitze konzentriert, und dass der gemessene Spannungsabfall an der zu testenden Erdung gering ist. Ein hoher Widerstand der Prüfspitze S kann einen Spannungsteiler mit der internen Impedanz des Testgeräts bilden, was zu einem niedrigeren Testergebnis führt. Der Widerstand der Prüfspitze kann reduziert werden durch:

- Bewässerung in der Nähe der Prüfspitzen mit normalem oder salzhaltigem Wasser.
- Vermindern der Elektroden unter der getrockneten Oberfläche.
- Erhöhen der Prüfspitzen oder Parallelschalten der Prüfspitzen.

Auf den Testgeräten von METREL werden in diesem Fall Warnhinweise gemäß IEC 61557-5 angezeigt. Alle METREL-Erdungstestgeräte messen auch bei Prüfspitzenwiderständen, die weit über den Grenzwerten von IEC 61557-5 liegen, mit hoher Genauigkeit.

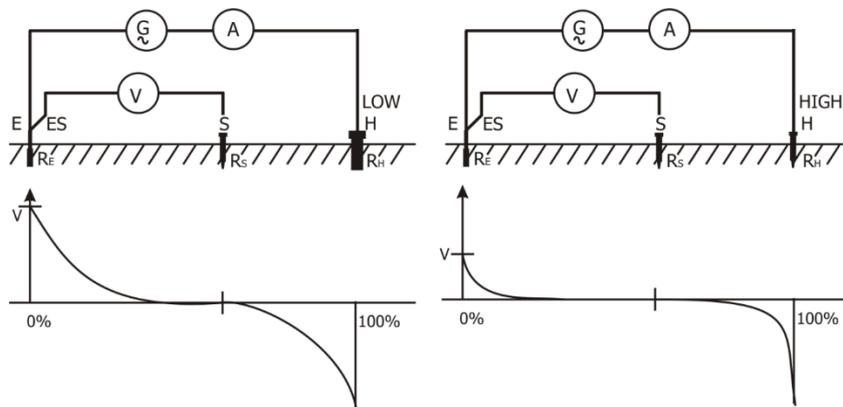


Abbildung B.5: Unterschiedliche gemessene Spannungsabfälle bei niedrigem und hohem Prüfspitzenwiderstand

Anhang C – Programmieren von Auto Sequences® in Metrel ES Manager

Der Auto Sequence® Editor ist ein Teil der Metrel ES Manager-Software. Im Auto Sequence® Editor können Auto Sequences® vorprogrammiert und in Gruppen organisiert werden, bevor sie auf dem Gerät geladen werden.

C.1 Arbeitsbereich des Auto Sequence® Editor

Um den Arbeitsbereich von Auto Sequence® Editor zu öffnen, wählen Sie auf der Registerkarte

„Startseite“ der Computersoftware Metrel ES Manager  aus. Der Arbeitsbereich

von Auto Sequence® Editor ist in vier Hauptbereiche unterteilt. Auf der linken Seite **1** wird die Struktur der ausgewählten Auto Sequence®-Gruppe angezeigt. Im mittleren Teil des Arbeitsbereichs **2** werden die Elemente der ausgewählten Auto Sequence® angezeigt. Auf der rechten Seite werden die Listen mit den verfügbaren Einzeltests **3** sowie mit den Ablaufbefehlen **4** angezeigt.

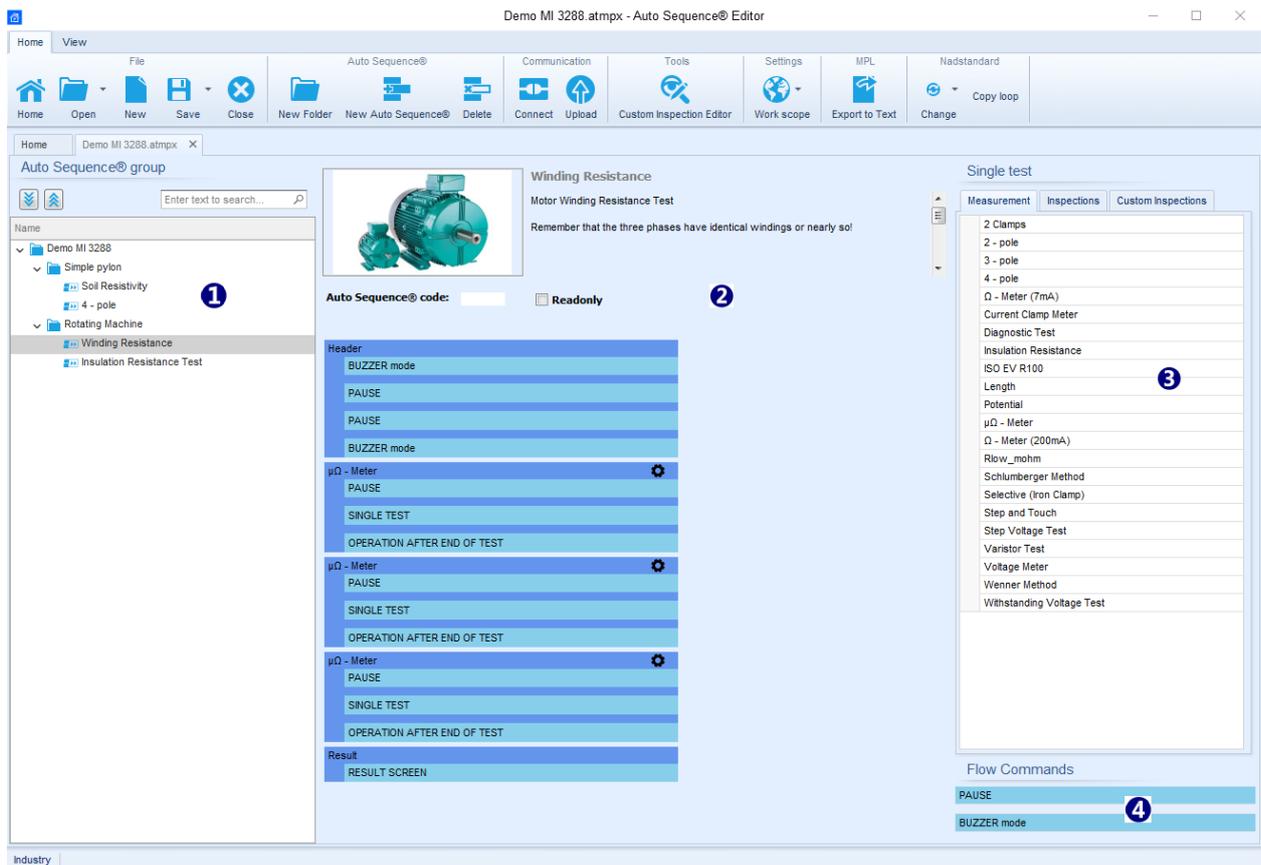


Abbildung C.1: Arbeitsbereich des Auto Sequence® Editor

Eine Auto Sequence® **2** beginnt mit Name, Beschreibung und Bild, gefolgt vom ersten Schritt (Kopfzeile), einem oder mehreren Messschritten und endet mit dem letzten Schritt (Ergebnis).

Durch Einfügen geeigneter Einzeltests **3** (Messungen, Prüfungen und benutzerdefinierte Prüfungen) und Ablaufbefehle **4** sowie dem Festlegen der Parameter können beliebige Auto Sequences® erstellt werden.

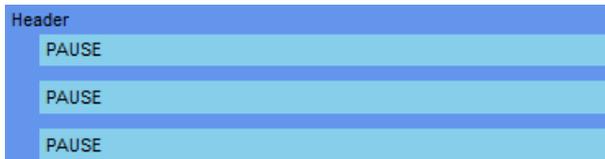


Abbildung C.2: Beispiel für eine Auto Sequence®-Kopfzeile

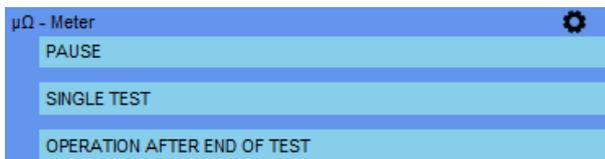


Abbildung C.3: Beispiel für einen Messschritt



Abbildung C.4: Beispiel für einen Auto Sequence®-Ergebnisteil

C.2 Verwalten von Auto Sequences®-Gruppen

Die Auto Sequences® können in verschiedene benutzerdefinierte Auto Sequences®-Gruppen unterteilt werden. Die einzelnen Auto Sequence®-Gruppen werden in einer Datei gespeichert. Im Auto Sequence® Editor können mehrere Dateien gleichzeitig geöffnet werden.

Innerhalb der Auto Sequence®-Gruppe kann eine Baumstruktur mit Ordnern/Unterordnern organisiert werden, die Auto Sequences® enthalten. Die Baumstruktur der jeweils aktiven Auto Sequence®-Gruppe wird auf der linken Seite des Arbeitsbereichs von Auto Sequence® Editor angezeigt (siehe *Abbildung C.5*).

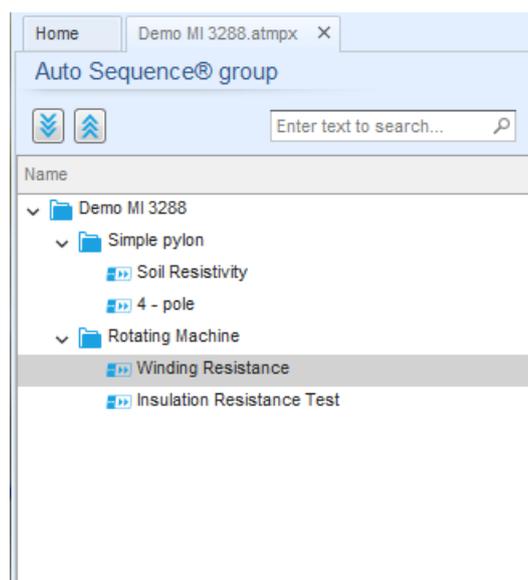


Abbildung C.5: Baumstruktur der Auto Sequence®-Gruppen

Die Bedienungsoptionen für Auto Sequence®-Gruppen sind in der Menüleiste oben im Arbeitsbereich von Auto Sequence®-Editor verfügbar.

Optionen für Dateivorgänge;



Öffnet das Auto Sequence Editor-Startfenster.



Öffnet eine Datei (Auto Sequence®-Gruppe).



Erstellt eine neue Datei (Auto Sequence®-Gruppe).



Speichert die geöffnete Auto Sequence®-Gruppe in einer Datei.



Schließt die Datei (Auto Sequence®-Gruppe).

Ansichtsoptionen für die Auto Sequence®-Gruppe:



Erweitert alle Ordner/Unterordner/Auto Sequences®.



Minimiert alle Ordner/Unterordner/Auto Sequences®.



Sucht in der Auto Sequence®-Gruppe nach Namen. In *Anhang C.2.2 Suchen in der ausgewählten Auto Sequence®-Gruppe* finden Sie weitere Informationen.

Optionen für Auto Sequence®-Gruppenvorgänge (auch mit einem Rechtsklick auf einen Ordner oder eine Auto Sequence® verfügbar)



Fügt der Gruppe einen neuen Ordner/Unterordner hinzu.



Fügt der Gruppe eine neue Auto Sequence® hinzu.



Löscht:

- die ausgewählte Auto Sequence®.
- den ausgewählten Ordner mit allen Unterordnern und Auto Sequences®.

Wenn Sie mit der rechten Maustaste auf die ausgewählte Auto Sequence® oder den Ordner klicken, wird ein Menü mit weiteren Optionen angezeigt:



Auto Sequence®: Bearbeiten von Name, Beschreibung und Bild (siehe Abbildung C.6).

Ordner: Bearbeiten des Ordernamens



Auto Sequence®: Kopieren in die Zwischenablage

Ordner: Kopiert in die Zwischenablage einschließlich der Unterordner und Auto Sequences®



Auto Sequence®: Einfügen an der ausgewählten Stelle

Ordner: Einfügen an der ausgewählten Stelle



Auto Sequence®: Erstellt eine Verknüpfung zur ausgewählten Auto Sequence®

Wenn Sie auf den Objektnamen doppelklicken, können Sie den Namen bearbeiten.

DOPPELKLICK
K

Auto Sequence®-Name: Bearbeiten des Auto Sequence®-Namens

 **Insulation Resistance Test**

Ordnername: Bearbeiten des Ordnernamens  **Rotating Machine**

Verschieben Sie die ausgewählte Auto Sequence® oder den Ordner/Unterordner per Drag&Drop an einen neuen Speicherort.

Die „Drag&Drop“-Funktion entspricht „Ausschneiden“ und „Einfügen“ in einem einzigen Schritt.

DRAG&DROP



in Ordner verschieben



einfügen

C.2.1 Bearbeiten von Auto Sequence®-Name, -Beschreibung und -Bild

Wenn die Funktion BEARBEITEN für eine Auto Sequence® ausgewählt wurde, wird das in *Abbildung C.6* abgebildete Menü für das Bearbeiten angezeigt. Die Bearbeitungsoptionen lauten:

Name: Bearbeitet oder ändert den Auto Sequence®-Namen.

Beschreibung: Es kann ein beliebiger Text als zusätzliche Beschreibung der Auto Sequence® eingegeben werden.

Bild: Das Bild für die Auto Sequence®-Messanordnung kann eingegeben oder gelöscht werden.



Ruft das Suchmenü für den Bildspeicherort auf.



Löscht das Bild aus der Auto Sequence®.

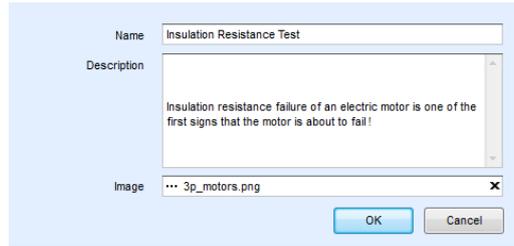


Abbildung C.6: Bearbeiten der Auto Sequence®-Kopfzeile

C.2.2 Suchen in der ausgewählten Auto Sequence®-Gruppe

Wenn Sie in das Suchfeld Text eingeben und auf das Suchsymbol  klicken, werden die gefundenen Ergebnisse automatisch mit einem orangefarbenen Hintergrund hervorgehoben, und das erste gefundene Ergebnis (Ordner oder Auto Sequence®) wird fett hervorgehoben. Klicken Sie erneut auf das Suchsymbol , um das nächste Suchergebnis hervorzuheben. Die Suchfunktion ist für die Ordner, Unterordner und Auto Sequences® der ausgewählten Auto Sequence®-Gruppe verfügbar. Der Suchtext kann gelöscht werden, indem Sie die Schaltfläche „Löschen“  auswählen.

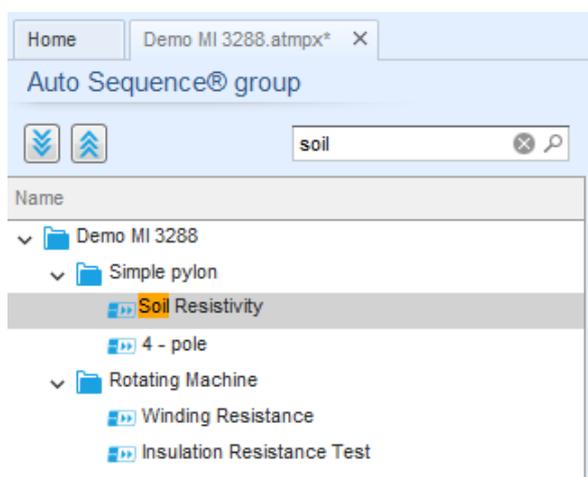


Abbildung C.7: Beispiel für ein Suchergebnis in einer Auto Sequence®-Gruppe

C.3 Auto Sequence®-Elemente

C.3.1 Auto Sequence®-Schritte

Es gibt drei Arten von Auto Sequence®-Schritten.

Kopfzeile

Der Kopfzeilen-Schritt ist in der Standardeinstellung leer.

Dem Kopfzeilen-Schritt können Ablaufbefehle hinzugefügt werden.

Messungsschritt

Der Messungsschritt umfasst in der Standardeinstellung die Befehle „Einzeltest“ und „Betrieb nach Ende des Testablaufs“. Dem Messungsschritt können weitere Ablaufbefehle hinzugefügt werden.

Ergebnis

Der Ergebnisschritt umfasst in der Standardeinstellung den Ablaufbefehl „Ergebnisfenster“. Dem Ergebnisschritt können weitere Ablaufbefehle hinzugefügt werden.

C.3.2 Einzeltests

Die Einzeltests entsprechen denen im Messungsmenü von Metrel ES Manager.

Für die Messungen können Grenzwerte und Parameter eingestellt werden. Es können keine Ergebnisse und Teilergebnisse eingestellt werden.

C.3.3 Ablaufbefehle

Ablaufbefehle werden zum Steuern des Messablaufs verwendet. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel C.5 *Beschreibung der Ablaufbefehle*.

C.3.4 Anzahl der Messschritte

Häufig muss derselbe Messschritt an mehreren Punkten des zu prüfenden Geräts durchgeführt werden. Sie können einstellen, wie oft ein Messschritt wiederholt werden soll. Alle Ergebnisse der ausgeführten Einzeltests werden im Auto Sequence®-Ergebnis so gespeichert, als seien sie als separate Messschritte programmiert worden.

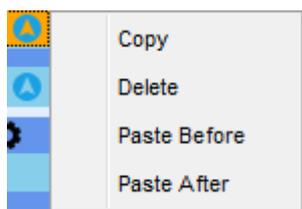
C.4 Erstellen/Bearbeiten einer Auto Sequence®

Wenn Sie eine Auto Sequence® von Grund auf neu erstellen, sind in der Standardeinstellung der erste (Kopfzeile) und der letzte Schritt (Ergebnis) verfügbar. Die Messschritte werden vom Benutzer eingefügt.

Optionen:

Hinzufügen eines Messschritts	Wenn Sie auf einen Einzeltest doppelklicken, wird als letzter Messschritt ein neuer Messschritt angezeigt. Dieser kann zudem per Drag&Drop an die entsprechende Stelle der Auto Sequence® verschoben werden.
Hinzufügen von Ablaufbefehlen	Der ausgewählte Ablaufbefehl kann aus der Liste der Ablaufbefehle per Drag&Drop an die entsprechende Stelle eines beliebigen Auto Sequence® -Schritts verschoben werden.
Ändern der Position des Ablaufbefehls innerhalb eines Schritts	Klicken Sie auf ein Element, und verwenden Sie die Tasten  .
Anzeigen/Ändern der Parameter von Ablaufbefehlen oder Einzeltests.	Doppelklicken Sie auf das Element.
Festlegen der Anzahl der Messschritte	Geben Sie eine Zahl in das Feld  ein.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den ausgewählten Messschritt/Ablaufbefehl.



Kopieren – davor Einfügen

Ein Messschritt/Ablaufbefehl kann kopiert und über der ausgewählten Stelle in derselben oder einer anderen Auto Sequence® eingefügt werden.

Kopieren – danach Einfügen

Ein Messschritt/Ablaufbefehl kann kopiert und unter der ausgewählten Stelle in derselben oder einer anderen Auto Sequence® eingefügt werden.

Löschen

Löscht den ausgewählten Messschritt/Ablaufbefehl.

C.5 Beschreibung der Ablaufbefehle

Doppelklicken Sie auf den hinzugefügten Ablaufbefehl, um ein Menüfenster zu öffnen, in dem Texte oder Bilder eingegeben werden können. Zudem können Sie hier externe Befehle aktivieren sowie Parameter einstellen.

Die Ablaufbefehl-Fenster „Betrieb nach Abschluss des Tests“ und „Ergebnisse“ werden automatisch befüllt, während andere vom Benutzer im Ablaufbefehl-Menü ausgewählt werden können.

Pause

Pausenbefehle mit Textnachrichten oder Bildern können an beliebiger Stelle in die Messschritte eingefügt werden. Ein Warnsymbol kann eigenständig festgelegt oder einer Textnachricht hinzugefügt werden. In das Feld „Text“ im Menüfenster kann eine beliebige Textnachricht eingegeben werden.

Parameter:

Art der Pause	Text und/oder Warnung anzeigen (<input checked="" type="checkbox"/> aktivieren, um Warnsymbol anzuzeigen)
	Bild anzeigen ("" zum Bildspeicherort navigieren)
Dauer	Anzahl in Sekunden, unendlich (keine Eingabe)

Summer-Modus

Auf bestandene oder fehlgeschlagene Messungen wird mit Pieptönen hingewiesen.

- Bestanden – zweifacher Piepton nach dem Test
- Fehlgeschlagen – langer Piepton nach dem Test

Der Piepton ertönt direkt nach der Einzeltestmessung.

Parameter:

Zustand	Ein – aktiviert den Summer-Modus
	Aus – deaktiviert den Summer-Modus

Betrieb nach Abschluss des Tests

Dieser Ablaufbefehl steuert den Ablauf der Auto Sequence® in Bezug auf die Messergebnisse.

Parameter:

Betrieb nach Abschluss des Tests	Der Betrieb kann abhängig davon, ob die Messung als bestanden, fehlgeschlagen oder ohne Status beendet wurde, individuell eingestellt werden.
– Bestanden	
– Fehlgeschlagen	
– Kein Status	
	Manuell – Die Testsequenz wird angehalten und wartet auf einen entsprechenden externen Befehl (Taste TEST, externer Befehl...), um fortzufahren.
	Auto – Die Testsequenz wird automatisch fortgesetzt.

Ergebnisfenster

Dieser Ablaufbefehl steuert den Ablauf nach dem Abschluss der Auto Sequence®.

Parameter:

<input checked="" type="checkbox"/> Automatisches Speichern	Die Auto Sequence®-Ergebnisse werden im temporären Arbeitsbereich gespeichert.
	Es wird ein neuer Knoten mit Datum und Uhrzeit erstellt. Unter dem Knoten werden die Auto Sequence®-Ergebnisse oder (wenn der Ablaufbefehl „Geräte-Info“ aktiviert wurde) ein neues Gerät sowie die Auto Sequence®-Ergebnisse gespeichert.
	Unter einem Knoten können bis zu 100 Auto Sequence®-Ergebnisse oder Geräte automatisch gespeichert werden. Wenn mehr Ergebnisse/Geräte verfügbar sind, werden diese auf mehrere Knoten verteilt. Die Einstellung „Lokal speichern“ ist in der Standardeinstellung deaktiviert.
	Hinweis <ul style="list-style-type: none">› Dieser Ablaufbefehl ist nur dann aktiv, wenn die Auto Sequence® im Auto Sequence®-Hauptmenü (und nicht in der Speicherverwaltung) gestartet wird.

C.6 Programmieren benutzerdefinierter Prüfungen

Mit dem Tool Custom Inspection Editor können beliebige Aufgaben für benutzerdefinierte Prüfungen programmiert werden, das Sie im Arbeitsbereich von Auto Sequence® Editor aufrufen können. Benutzerdefinierte Prüfungen werden in einer eigenen INDF-Datei mit benutzerdefiniertem Namen gespeichert. Um benutzerdefinierte Prüfungen als Einzeltest innerhalb der Auto Sequence®-Gruppe durchzuführen, sollte zunächst die entsprechende Datei mit den jeweiligen benutzerdefinierten Prüfungen geöffnet werden.

C.6.1 Erstellen und Bearbeiten von benutzerdefinierten Prüfungen

Der Arbeitsbereich des Custom Inspection Editor wird durch Auswählen des Symbols  im Auto Sequences®-Hauptmenü aufgerufen. Er ist in zwei Hauptbereiche unterteilt, siehe:

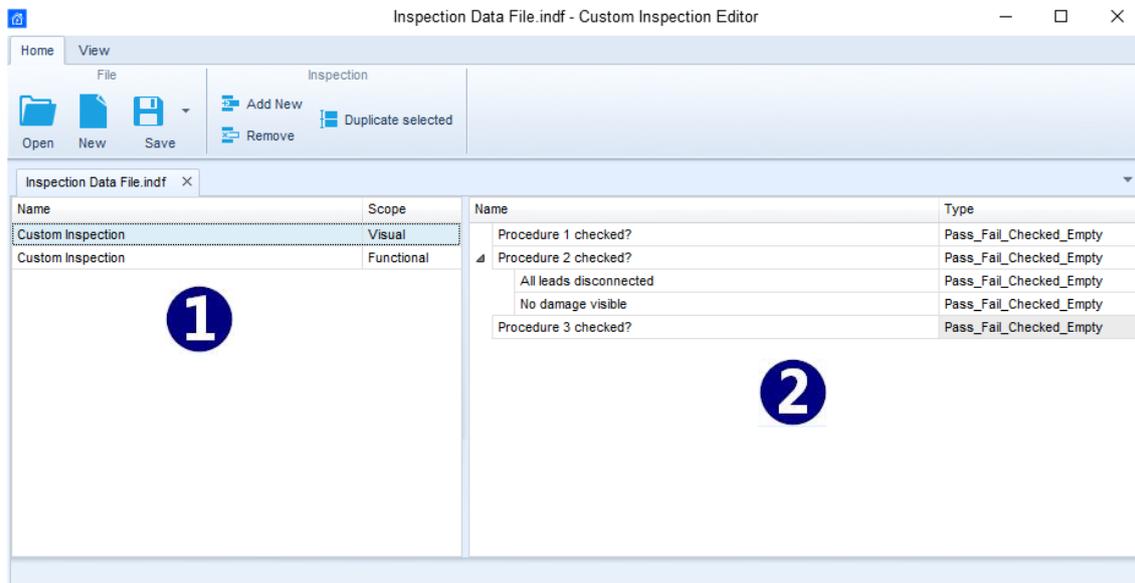


Abbildung C.8: Custom Inspection Editor-Arbeitsbereich

Optionen im Custom Inspection Editor-Hauptmenü:



Öffnet eine vorhandene Datendatei für die benutzerdefinierte Prüfung. Wenn Sie diese Option auswählen, wird ein Suchmenü zum Suchen nach dem Speicherort der INDF-Datei mit Daten für mindestens eine benutzerdefinierte Prüfung angezeigt. Die ausgewählte Datei wird auf einer eigenen Registerkarte geöffnet, die mit dem Dateinamen versehen ist.



Erstellt eine neue Datei mit Daten für eine benutzerdefinierte Prüfung. Die neue Registerkarte mit einem leerem Arbeitsbereich wird geöffnet. Der Standardname der neuen Registerkarte lautet *Prüfdatendatei*; sie kann beim Speichern umbenannt werden.



Speichert die auf der aktiven Registerkarte geöffnete Datendatei für die benutzerdefinierte Prüfung. Das Menü zum Navigieren zum Speicherort des Ordners sowie zum Bearbeiten des Dateinamens wird geöffnet. Navigieren Sie zum Speicherort, bestätigen Sie das Überschreiben, wenn die Datei bereits vorhanden ist, oder bearbeiten Sie den Dateinamen, um die Datei als neue Datendatei für die benutzerdefinierte Prüfung zu speichern.



Fügt eine neue benutzerdefinierte Prüfung hinzu. Eine neue Prüfung mit dem Standardnamen *Benutzerdefinierte Prüfung* und dem Standardumfang *Sicht* wird im Arbeitsbereich des Editors angezeigt. Sie umfasst eine Elementaufgabe mit dem Standardnamen „Benutzerdefinierte Prüfung“ und dem Standardtyp *Pass_Fail_Checked_Empty*. Der Standardname und -typ können bearbeitet und geändert werden.



Entfernt die ausgewählte benutzerdefinierte Prüfung. Um eine Prüfung auszuwählen, klicken Sie in das Feld „Prüfungsname“. Um sie

zu entfernen, wählen Sie das Symbol im Hauptmenü des Editors aus. Vor dem Entfernen wird der Benutzer aufgefordert, den Löschvorgang zu bestätigen.

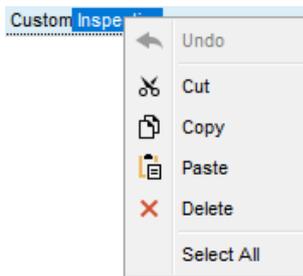
Dupliziert die ausgewählte benutzerdefinierte Prüfung.



Die ausgewählte benutzerdefinierte Prüfung kann einschließlich des Umfangs und aller benutzerdefinierter Prüfungselemente und Unterelemente oder nur der ausgewählten Elemente oder Unterelemente der benutzerdefinierten Prüfung einschließlich des Typs dupliziert werden.

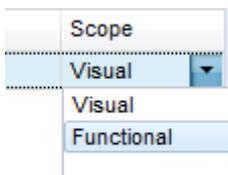
Bearbeiten des Namens und des Umfangs der Prüfung

Bearbeiten des Prüfungsnamens



Klicken Sie auf das Feld „Prüfungsname“, um diesen zu bearbeiten. Ziehen Sie den Mauszeiger bei gedrückter linker Maustaste, um Buchstaben und Wörter auszuwählen. Positionieren Sie die Maustaste, und doppelklicken Sie, um ein Wort des Namens auszuwählen. Die Schritte können auch mit der Tastatur ausgeführt werden.

Drücken Sie die rechte Maustaste, um das Menü „Bearbeiten“ zu aktivieren, und wählen Sie die entsprechende Aktion aus (siehe Abbildung links). Im Menü wird zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden; derzeit nicht verfügbare Optionen sind ausgegraut.

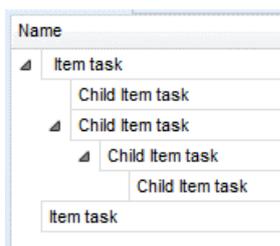


Bearbeiten des Prüfungsumfangs

Klicken Sie auf das Feld „Prüfungsumfang“, um das links abgebildete Auswahlmenü zu öffnen. Optionen:

Sicht ist für eine Sichtprüfung des Testobjekts vorgesehen
Funktion ermöglicht einen Funktionstest des Objekts

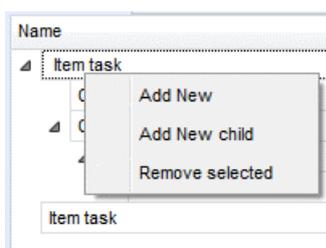
Bearbeiten der Elementaufgabenstruktur der Prüfung



Die Elementaufgaben der ausgewählten Prüfung werden in der Spalte „Name“ auf der rechten Seite des Editor-Arbeitsbereichs aufgelistet.

Alle Elementaufgaben können über untergeordnete Elementaufgaben verfügen, und die untergeordneten Elemente können über eigene untergeordnete Elementaufgaben verfügen usw.

Es kann eine beliebige Baumstruktur mit Elementaufgaben und -unteraufgaben erstellt werden (siehe Abbildung links).



Hinzufügen eines neuen Elementaufgabenverfahrens:

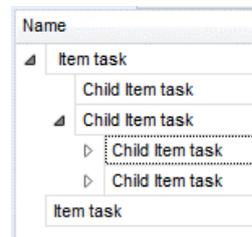
Positionieren Sie den Mauszeiger über dem Namen der Elementaufgabe, und klicken Sie mit der rechten Maustaste, um die Elementaufgabe auszuwählen und ein Menü mit Optionen zu öffnen:

Neu hinzufügen: eine neue Elementaufgabe wird auf der obersten Strukturebene hinzugefügt

Neues untergeordnetes Element hinzufügen: eine neue untergeordnete Elementaufgabe wird unter dem ausgewählten Element hinzugefügt

Ausgewählte entfernen: die ausgewählte Elementaufgabe wird mit allen Unteraufgaben gelöscht

Der Standardname der neuen Elementaufgabe lautet *Benutzerdefinierte Prüfung*, und der Standardtyp ist *Pass_Fail_Checked_Empty*. Beide können bearbeitet/geändert werden.



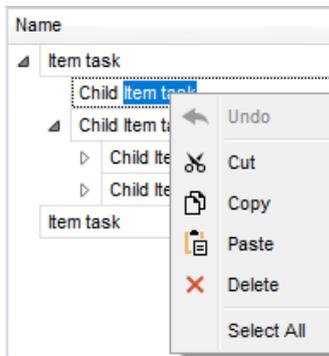
Elementaufgaben, die untergeordnete Elementaufgaben enthalten, sind mit einem Dreieck vor dem Namen gekennzeichnet.

Klicken Sie auf das Dreiecksymbol:

- ▲ Baumstruktur der Elementaufgaben minimieren
- ▶ Baumstruktur der Elementaufgaben erweitern

Bearbeiten des Namens und Typs der Elementaufgabe

Bearbeiten des Namens der Elementaufgabe:

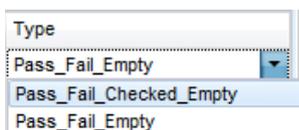


Klicken Sie auf das Feld „Name der Elementaufgabe“, um diesen zu bearbeiten.

Ziehen Sie den Mauszeiger bei gedrückter linker Maustaste, um Buchstaben und Wörter auszuwählen. Positionieren Sie die Maustaste, und doppelklicken Sie, um ein Wort des Namens auszuwählen. Die Schritte können auch mit der Tastatur ausgeführt werden.

Drücken Sie die rechte Maustaste, um das Menü „Bearbeiten“ zu aktivieren, und wählen Sie die entsprechende Aktion aus (siehe Abbildung links). Im Menü wird zwischen Groß- und Kleinschreibung unterschieden; derzeit nicht verfügbare Optionen sind ausgegraut.

Bearbeiten des Typs der Elementaufgabe:



Klicken Sie auf das Feld „Elementtyp“, um das links abgebildete Auswahlmengü zu öffnen. Folgende Kontrollkästchen-Statuszuordnungsoptionen sind verfügbar:

Pass_Fail_Checked_Empty: Bestanden, Fehlgeschlagen, Geprüft, Leer (Standard)

Pass_Fail_Empty: Bestanden, Fehlgeschlagen-Auswahl, Leer (Standard) Wert

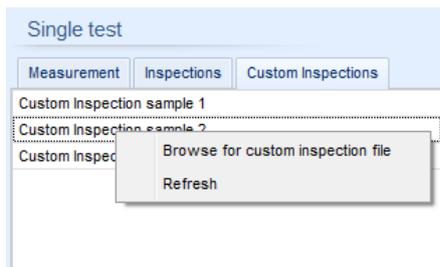
C.6.2 Übernehmen von benutzerdefinierten Prüfungen

Benutzerdefinierte Prüfungen können in Auto Sequences® übernommen werden. Eine direkte Zuordnung der benutzerdefinierten Prüfung zu den Strukturelementen von Metrel ES Manager ist nicht möglich.

Nach dem Öffnen der Datendatei für die benutzerdefinierte Prüfung werden die verfügbaren Prüfungen auf der Registerkarte „Benutzerdefinierte Prüfungen“ im Bereich „Einzeltest“ von Auto Sequence® Editor aufgelistet. Weitere Informationen finden Sie im Kapitel *C.1 Arbeitsbereich des Auto Sequence® Editor*.

Die benutzerdefinierte Prüfung wird der Auto Sequence als Einzeltest hinzugefügt. Weitere Informationen finden Sie in Kapitel *C.4 Erstellen/Bearbeiten einer Auto Sequence®*.

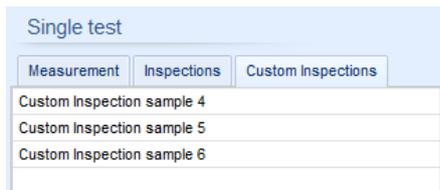
Öffnen/Ändern der Datendatei für die Prüfung



Positionieren Sie den Mauszeiger im Bereich der Liste der benutzerdefinierten Prüfungen, und klicken Sie mit der rechten Maustaste, um das Optionsmenü zu öffnen:

Aktualisieren: Der Inhalt einer bereits geöffneten Datendatei für die Prüfung wird aktualisiert.

Suchen nach Datei für benutzerdefinierte Prüfung: Das Menü zum Durchsuchen des Ordners, in dem sich die neue Datendatei für die Prüfung befindet, wird geöffnet.



Nach dem Bestätigen der Auswahl wird eine neue Datendatei für die Prüfung geöffnet und die Liste der verfügbaren benutzerdefinierten Prüfungen geändert.

Hinweis:

- › Wenn der Arbeitsbereich von Metrel ES Manager geändert wird, bleibt die geöffnete Datendatei für die Prüfung aktiv, und die verfügbaren benutzerdefinierten Prüfungen ändern sich nicht.