



VLF Sinus 45 kV

Portables Prüf- und Diagnosesystem

Bedienungsanleitung

Ausgabe: B (10/2023) - DE
Artikelnummer: 88726



Dieses Dokument ist geistiges Eigentum der Megger Germany GmbH.

Die Informationen in diesem Dokument können ohne Vorankündigung geändert werden und sollten nicht als Verpflichtung seitens Megger Germany GmbH ausgelegt werden. Megger Germany GmbH übernimmt keine Verantwortung oder Haftung für Fehler, die in diesem Dokument auftreten könnten.

Inhaltsverzeichnis

1	Wichtige Hinweise	6
2	Symbol- und Abkürzungsverzeichnis	7
3	Sicherheitshinweise	9
4	Technische Beschreibung	11
4.1	Systembeschreibung	11
4.2	Technische Daten	12
4.3	Lastdiagramme	15
4.4	Lieferumfang und Zubehör	17
4.5	Anzeige- und Bedienelemente	19
4.6	Anschlusselemente	20
5	Inbetriebnahme	22
5.1	Elektrischer Anschluss	23
5.1.1	Standard-Anschlussvariante	24
5.1.2	Anschluss über optionales Boost-Modul	26
5.1.3	Anschluss in Kombination mit einem Teilentladungs-Messsystem	28
5.1.4	Anschluss der externen Sicherheitseinrichtung (optional)	29
5.2	Einschalten	29
6	Grundlegende Bedienung der Prüfanlage	30
6.1	Startbildschirm und Statuszeile	30
6.2	Grundlagen der Drehgebersteuerung	31
6.3	Hochspannungssteuerung	33
7	Prüfung und Diagnose durchführen	36
7.1	Stehspannungsprüfung	37
7.1.1	Prüfung vorbereiten und starten	37
7.1.2	Verlauf und Abschluss der Prüfung	42
7.2	TanDelta-Verlustfaktormessung	45
7.2.1	TanDelta-Messung vorbereiten und starten	45
7.2.2	Verlauf und Abschluss der TanDelta-Messung	52
7.2.3	Analyse und Bewertung der Stufentest-Messergebnisse	55
7.3	Mantelprüfung / Mantelfehlerortung	57
7.3.1	Mantelprüfung	57
7.3.1.1	Mantelprüfung vorbereiten und starten	57
7.3.1.2	Verlauf und Abschluss der Mantelprüfung	59

7.3.2 Mantelfehlerortung	62
7.4 Teilentladungsdiagnose (TE-Messsystem erforderlich)	66
8 Messdaten verwalten und weiterverarbeiten	67
8.1 Messdaten verwalten und exportieren	67
8.2 Messdaten archivieren und Bericht erstellen	69
9 Einstellungen anpassen	70
9.1 Softwareeinstellungen anpassen	70
9.2 Messeinstellungen anpassen	71
9.3 Erweiterte Einstellungen anpassen	72
9.3.1 Option "TanDelta-Messung" freischalten	73
9.3.2 Firmware aktualisieren	73
9.3.3 TanDelta-Einstellungen anpassen	74
9.3.4 TanDelta-Bewertungsstandards verwalten	74
10 Prüfanlage ausschalten und vom Prüfling trennen	77
11 Wartung, Lagerung und Transport	78

1 Wichtige Hinweise

Sicherheitsvorkehrungen

Dieses Handbuch enthält elementare Hinweise zur Inbetriebnahme und Betrieb des Gerätes / Systems. Daher muss sichergestellt sein, dass dieses Handbuch dem autorisierten und geschulten Bedienpersonal jederzeit zugänglich ist. Das Bedienpersonal hat das Handbuch genau zu lesen. Der Hersteller haftet in keinem Fall für Schäden an Personen und Material, welche durch die Nichtbeachtung der in diesem Handbuch enthaltenen Sicherheitshinweise entsteht.

Es sind die landesspezifischen Normen und Vorschriften zu beachten!

Bestimmungsgemäße Verwendung

Die Betriebssicherheit des gelieferten Systems ist nur bei bestimmungsgemäßer Verwendung gewährleistet. Bei nicht bestimmungsgemäßem Gebrauch können Gefahren für den Bedienenden, für das System und für die damit verbundenen Anlagen entstehen.

Die in den technischen Daten angegebenen Grenzwerte dürfen auf keinen Fall überschritten werden.

Arbeiten mit Produkten von Megger

Zu beachten sind die allgemein gültigen elektrischen Vorschriften des Landes, in dem das Gerät errichtet und betrieben wird sowie die bestehenden nationalen Vorschriften zur Unfallverhütung und eventuell intern existierende Vorschriften (Arbeits-, Betriebs- und Sicherheitsvorschriften) des Betreibers.

Nach dem Arbeiten am System, ist dieses spannungsfrei zu schalten und gegen Wiedereinschalten zu sichern, sowie zu entladen, zu erden und kurzzuschließen.

Originalzubehör dient der Systemsicherheit und Funktionssicherheit. Die Verwendung anderer Teile ist unzulässig und führt zum Verlust der Gewährleistung.

Bedienpersonal

Die Inbetriebnahme und Bedienung des Systems darf nur durch autorisierte elektrotechnische Fachkräfte vorgenommen werden. Laut DIN VDE 0104 (EN 50191) und DIN VDE 0105 (EN 50110) sowie der Unfallverhütungsvorschrift (UVV) versteht man unter einer Elektrofachkraft, Personen welche aufgrund ihres Wissens, ihrer Erfahrung und durch Kenntnis der geltenden Bestimmungen Gefahren erkennen können.

Andere Personen sind fernzuhalten!

Konformitätserklärung (CE)

Das Produkt stimmt mit den Vorschriften folgender Europäischer Richtlinien überein:

- EMV-Richtlinie
- Niederspannungsrichtlinie

Eine digitale Kopie der CE-Konformitätserklärung wird auf Anfrage bereitgestellt.

2 Symbol- und Abkürzungsverzeichnis

Verwendete Signalworte und Symbole

Die folgenden Signalworte und Symbole können in dieser Bedienungsanleitung und auch auf dem Produkt selbst verwendet werden:

Signalwort / Symbol	Beschreibung
WARNUNG	Weist auf eine potenzielle Gefahr hin, welche zum Tod oder zu schweren Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
VORSICHT	Weist auf eine potenzielle Gefahr hin, welche zu mittelschweren oder leichten Verletzungen führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
HINWEIS	Weist auf eine potenzielle Gefahr hin, welche zu Sachschäden führen kann, wenn sie nicht gemieden wird.
	Dient zur Hervorhebung von Warn- und Sicherheitshinweisen in der Bedienungsanleitung. Als Aufkleber auf dem Produkt dient es der Kennzeichnung von Gefahrenquellen, zu deren sicherer Handhabung die Bedienungsanleitung gelesen werden muss.
	Dient zur Hervorhebung von Warn- und Sicherheitshinweisen, welche explizit auf Gefahr durch elektrischen Schlag hinweisen.
	Dient zur Hervorhebung von wichtigen Informationen und nützlichen Tipps zur Bedienung des Produktes. Nichtbeachtung kann zu unbrauchbaren Messergebnissen führen.
	Dient als Hinweis auf weiterführende Informationen in anderen Bedienungsanleitungen.

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
CR	Cosine Rectangular (Cosinus Rechteck)
DAC	Damped AC (Gedämpfte Wechselspannung)
PDS	Partial Discharge Measuring System (Teilentladungsmesssystem)
TD	TanDelta (Verlustfaktormessung)
TD STEP	TanDelta - Step Test
TD MWT	TanDelta – Monitored Withstand Test

Abkürzung	Bedeutung
TE	Teilentladung
VLf	Very Low Frequency (0,1 Hz Wechselspannung)

3 Sicherheitshinweise

Vorrichtungen zum Heben und Tragen

Das Gerät darf nur an den dafür vorgesehenen, seitlich angebrachten Tragegriffen gehoben und getragen werden. Andere Geräteteile, wie z.B. die Verbindungskabel, halten den beim Anheben des Gerätes auftretenden Kräften nicht stand und könnten demzufolge abbrechen bzw. abreißen.

Verhalten bei Störungen der normalen Gerätefunktion

Das System darf nur im technisch einwandfreien Zustand betrieben werden. Bei Schäden, Unregelmäßigkeiten oder Störungen, die mit Hilfe der Hinweise in der Bedienungsanleitung nicht zu beheben sind, ist die Anlage sofort außer Betrieb zu setzen und entsprechend zu kennzeichnen. In diesem Fall ist die zuständige Leitung zu unterrichten. Setzen Sie sich bitte umgehend mit dem Megger-Service in Verbindung, um die Störung zu beseitigen. Das System darf erst nach Beseitigung der Störung wieder in Betrieb genommen werden.

Fünf Sicherheitsregeln

Bei jeglichen Arbeiten an der elektrischen Verbindung zwischen Messsystem und Prüfling müssen die fünf Sicherheitsregeln konsequent angewandt werden!

1. Freischalten
2. Gegen Wiedereinschalten sichern
3. Spannungsfreiheit feststellen
4. Erden und kurzschließen
5. Benachbarte, unter Spannung stehende Teile abdecken oder abschränken



Brandbekämpfung im Bereich elektrischer Anlagen

- Vorschriftsmäßig zu verwendendes Löschmittel: **Kohlendioxid (CO₂)**.
- Kohlendioxid ist elektrisch nichtleitend und hinterlässt keine Rückstände. Die Anwendung ist bei unter Spannung stehenden Anlagen unbedenklich, die Sicherheitsabstände sind zu berücksichtigen. Ein CO₂-Feuerlöscher sollte demzufolge immer im Bereich der elektrischen Anlage verfügbar sein.
- Die nicht vorschriftsmäßige Anwendung anderer Löschmittel kann zu Schäden an der elektrischen Anlage führen, für welche Megger keine Haftung übernimmt. Darüber hinaus besteht bei Einsatz eines Pulverlöschers im Bereich von Hochspannungsanlagen die Gefahr eines Spannungsüberschlages auf den Bediener des Feuerlöschers (bedingt durch den auftretenden Pulvernebel).
- Bitte unbedingt Gefahrenhinweise auf den Löschergeräten beachten.
- Es gilt die DIN VDE 0132.



Träger von Herzschrittmachern / Defibrillatoren

Personen mit Herzschrittmacher / Defibrillator können infolge der physikalischen Vorgänge in der Hochspannungsanlage bei Aufenthalt in ihrer Nähe gefährdet sein.



WARNUNG

Gefahr durch elektrischen Schlag

Der Umgang mit Hochspannungseinrichtungen und -anlagen erfordert, insbesondere bei nichtstationärem Betrieb, besondere Aufmerksamkeit sowie ein sicherheitsbewusstes Verhalten des Messpersonals. Hier sind die VDE-Bestimmung 0104 "Einrichtung und Betrieb elektrischer Prüfanlagen" bzw. die entsprechende EN 50191 sowie länderspezifische Normen und Vorschriften streng zu beachten.

- Das Hochspannungsgerät/-system erzeugt eine gefährliche Spannung von bis zu 45 kV_{SPITZE}.
 - Das Hochspannungsgerät/-system darf nicht unbeaufsichtigt betrieben werden.
 - Bei Betrieb des Hochspannungsgerätes/-systems muss eine zweite Person in Sicht- und Rufweite sein, die eventuelle Gefahren erkennen und die Not-Aus-Schalter betätigen kann.
 - Sicherheitseinrichtungen dürfen weder umgangen noch außer Betrieb gesetzt werden.
-

4 Technische Beschreibung

4.1 Systembeschreibung

Verwendungszweck

Die Prüfanlage ermöglicht die normgerechte Prüfung von Mittelspannungskabeln und anderen Betriebsmitteln mit einer echten 0,1 Hz-Sinus-Prüfspannung von bis zu $45 \text{ kV}_{\text{spitze}}$ bzw. $32 \text{ kV}_{\text{eff}}$.

Mit Hilfe einer solchen Kabelprüfung können betriebsgefährdende Montagefehler sowie Isolationsfehler (wie z.B. Watertree-Schädigungen in PE/VPE-Kabeln oder lokale Schädigungen in Papier-Masse-Kabeln) sicher zum Durchschlag gebracht werden. Dieser Prüfprozess erfolgt dank der integrierten Durchschlagserkennung ohne eine Schädigung der fehlerfreien Kabelisolation.

Weiterhin eignet sich das System auch für Prüfungen mit...

- positiver und negativer Gleichspannung von bis zu 45 kV,
- 0,1 Hz-VLF-Cosinus-Rechteck-Spannung von bis zu 40 kV (Boost-Modul erforderlich),
- trapezförmiger Wechselfspannung (Rechteck-Spannung) von bis zu $45 \text{ kV}_{\text{spitze}}$ mit lastabhängiger Anstiegsgeschwindigkeit.

Darüber hinaus bietet die optionale interne TanDelta-Messung die Möglichkeit, während eines Stufentests mit sinusförmiger Prüfspannung den dielektrischen Verlustfaktor $\tan\delta$ (TanDelta) und damit ein Maß für den Alterungsgrad des Kabels zu ermitteln.

In Kombination mit einem geeigneten Teilentladungs-Messsystem und einem Notebook zur softwareseitigen Steuerung, lässt sich die Prüfanlage auch zur normgerechten Messung von Teilentladungen (TE) einsetzen.

Leistungsmerkmale

Die Prüfanlage vereint folgende Leistungsmerkmale und Funktionen in einem System:

- Wechselspannungsprüfung mit zwei verschiedenen Spannungsformen
- Gleichspannungsprüfung mit positiver und negativer Polarität
- Vollwertiger TanDelta-Stufentest
- Aussagekräftige Spannungsfestigkeitsdiagnose (VLF-Prüfung mit begleitender TanDelta-Diagnose)
- Ableitstrommessung bei DC-, Rechteck- und Cosinus-Rechteck-Spannung
- Mantelprüfung und Mantelfehlernachortung mit bis zu 20 kV negativer Gleichspannung
- Manuelle und automatische Frequenzanpassung
- Durchschlagserkennung mit automatischer Abschaltung der Prüfspannung und Entladung des Prüflings im Falle eines zu hohen Ladestroms
- Zuschaltbare Brennfunktion zur Fehlerwandlung nach Spannungsdurchschlag (maximal eine Minute)
- Automatische Bewertung der TanDelta-Messwerte anhand offizieller und eigener Standards
- Bequemer Messdatenexport via USB (vorbereitet für drahtlose Datenübertragung) zur Berichterstellung und Archivierung in der Protokollsoftware MeggerBook Lite oder MeggerBook

4.2 Technische Daten

Die Prüfanlage ist durch die folgenden technischen Parameter spezifiziert:

Parameter	Wert
Ausgangsspannung	
Sinus	1,4 ... 32 kV _{eff} / 45 kV _{spitze}
DC	±2 ... ±45 kV
Rechteck	±2 ... ±45 kV
Cosinus-Rechteck	3 ... 40 kV (Boost-Modul erforderlich)
gedämpfte Wechselspannung (DAC)	3 ... 40 kV (Boost-Modul und Teilentladungs-Messsystem erforderlich)
Max. Ausgangsstrom Quelle	12 mA _{eff}
Ableitstrommessung	(Rechteck-, VLF-CR und DC-Betrieb)
Anzeigebereich	0 ... 40 mA
Auflösung	10 µA
Prüfspannungsfrequenz	0,01 Hz ... 0,1 Hz (Sinus- und Rechteckspannung) 0,1 Hz (Cosinus-Rechteck-Spannung)

Parameter	Wert
Prüfbare Lastkapazität	(siehe auch nachfolgende Diagramme)
Sinus-Spannung	0,6 µF bei 45 kV / 0,1 Hz
Rechteck-Spannung	0,6 µF bei 45 kV / 0,1 Hz
Gleichspannung	5 µF bei 45 kV
Cosinus-Rechteck-Spannung	5 µF bei 40 kV
Max. Lastkapazität	10 µF bei reduzierten Spannungen und Frequenzen
TanDelta-Messung (optional)	
Lastbereich	2 nF ... 10 µF
Messbereich	10 ⁻³ ... 10 ⁰
Genauigkeit (bei einer Lastkapazität >20 nF)	1 x 10 ⁻³ bzw. 1%
Auflösung	1 x 10 ⁻⁴
Mantelprüfung und Mantel- fehlernachortung	
Spannung	0 ... -20 kV
Taktung bei Mantelfehlernachortung (in Sekunden)	0,5:1 / 1:2 / 1:3 / 1:4 / 1,5:0,5
Eingangsspannungsbereich	110 V ... 230 V, 50/60 Hz
Leistungsaufnahme	600 VA
Display	Transflekter 7"-Touchscreen mit einer Auflösung von 800 x 480 Pixel
Speicher	8 GB Messdatenspeicher
Datenschnittstellen	USB 3.0
Gewicht	50 kg
Dimensionen (B x H x T)	544 x 416 x 520 mm
Betriebstemperatur	-20 °C ... 55 °C
Lagertemperatur	-20 °C ... 70°C
Relative Luftfeuchte	93% bei 30 °C (nicht kondensierend)
Schutzklasse (entsprechend IEC 61140 (DIN VDE 0140-1))	I
IP-Schutzart (entsprechend IEC 60529 (DIN VDE 0470 1))	IP21

Das optionale Boost-Modul ist durch die folgenden Parameter spezifiziert:

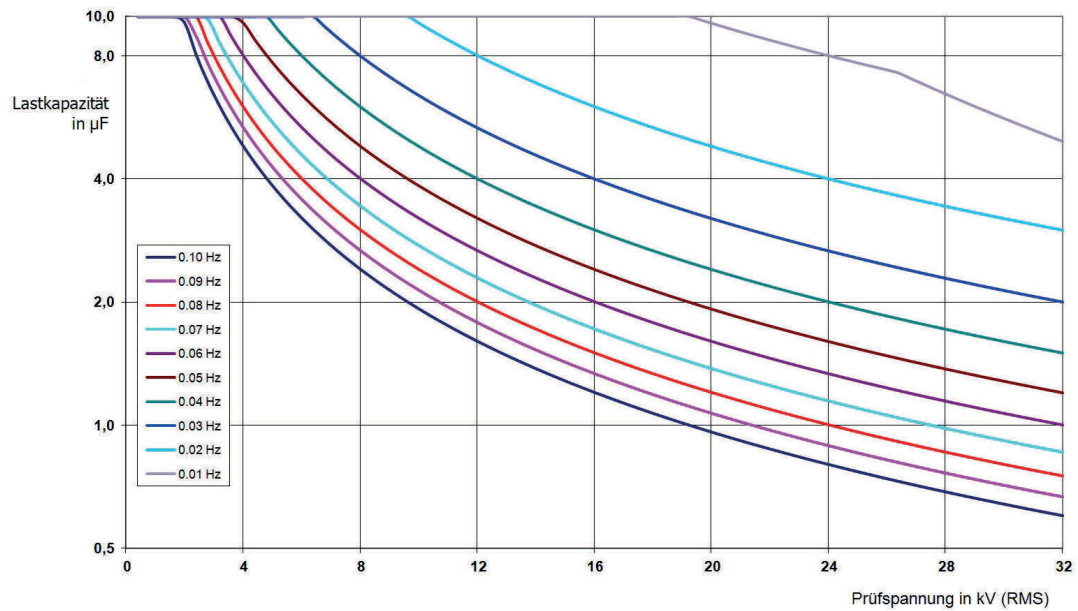
Parameter	Wert
Gewicht	42 kg
Dimensionen (B x H x T)	544 x 416 x 400 mm
Betriebstemperatur	-20 °C ... 55 °C
Lagertemperatur	-20 °C ... 70°C
Relative Luftfeuchte	93% bei 30 °C (nicht kondensierend)
Schutzklasse (entsprechend IEC 61140 (DIN VDE 0140-1))	I
IP-Schutzart (entsprechend IEC 60529 (DIN VDE 0470 1))	IP21

Der optionale Stützkondensator ist durch die folgenden Parameter spezifiziert:

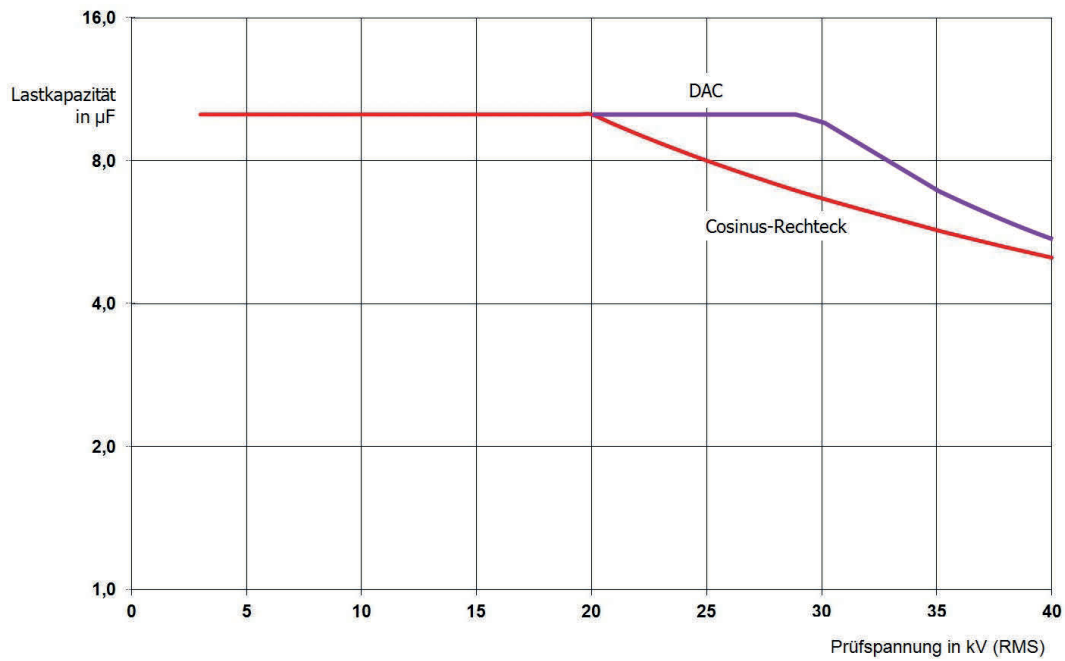
Parameter	Wert
Kapazität	150 nF
Spannungsbereich	60 kV (Scheitelwert)
Gewicht	14 kg
Dimensionen (B x H x T)	400 x 400 x 850 mm
Betriebstemperatur	-25 °C ... 55 °C
Lagertemperatur	-25 °C ... 70°C

4.3 Lastdiagramme

Das folgende Diagramm gilt für Prüfungen mit Sinus-Spannung und veranschaulicht die Abhängigkeit der Prüffrequenz von der Kapazität der angeschlossenen Last und der eingestellten Prüfspannung. Sollte eine Prüffrequenz aufgrund der hier angegebenen Kapazitätsgrenzen nicht angewandt werden können, wird eine automatische Anpassung vorgenommen und der Anwender über diesen Umstand informiert.



Für **Cosinus-Rechteck-Spannung und gedämpfte Wechselspannung (DAC)** (Boost-Modul erforderlich) gilt analog dazu das folgende Lastdiagramm¹:



¹Gilt nur zwischen -25 und 45 °C. Im Temperaturbereich von 45 °C bis 55 °C reduziert sich die Leistung bei 40 kV auf 80%.

4.4 Lieferumfang und Zubehör

Lieferumfang

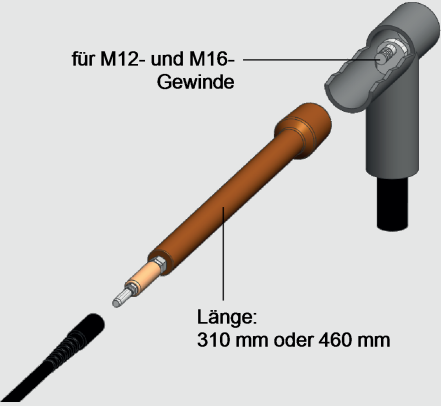
Prüfen Sie den Lieferumfang unmittelbar nach Erhalt auf Vollständigkeit und äußerlich sichtbare Beschädigungen. Geräte und Zubehörteile mit erkennbaren Schäden dürfen unter keinen Umständen in Betrieb genommen werden. Sollte etwas fehlen oder beschädigt sein, setzen Sie sich bitte umgehend mit Ihrem Vertriebspartner in Verbindung.

Komponente	Artikelnummer
Grundgerät	1015415
Zubehörtasche	892480883
HV-Anschlusskabel	Variiert je nach Region und Länge
Anschlusszange für den Anschluss an den Prüfling	810001055
Anschlussklemme für den Anschluss an eine Erdschiene	890022408
Erdungsleitung, 5 m	899007263
Netzanschlusskabel	Variiert je nach Region
USB Stick mit Protokollsoftware MeggerBook Lite	2015942
Bedienungsanleitung	88726

Optionales Zubehör

Das folgende optionale Zubehör kann über Ihren Vertriebspartner bestellt werden:

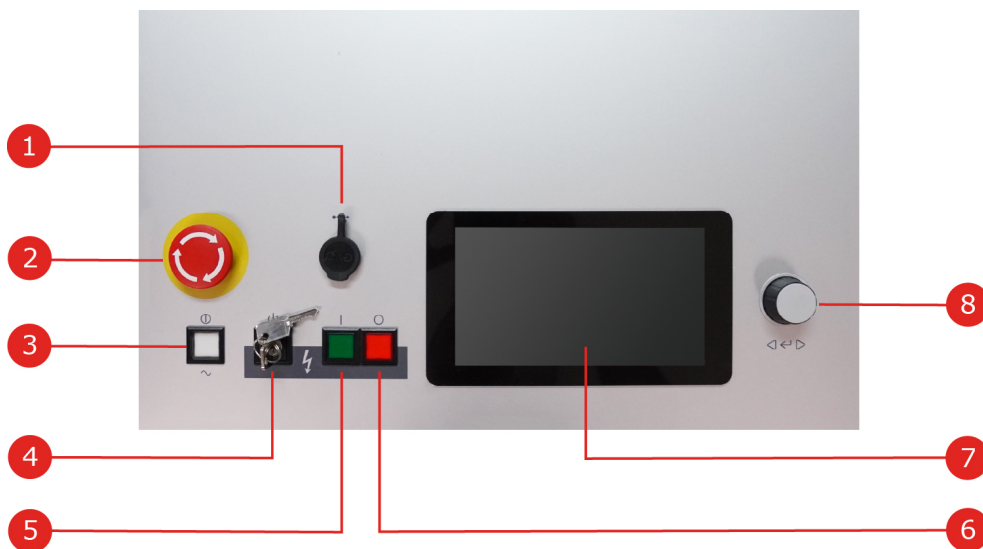
Zubehörteil	Beschreibung	Artikelnummer
Boost-Modul	Erweitert das System um die Möglichkeit zur Prüfung mit 0,1 Hz-Cosinus-Rechteck-Spannung	128311042
Option „TanDelta-Messung“	Lizenz zur Freischaltung der optionalen Funktion „TanDelta-Messung“ ("Option "TanDelta-Messung" freischalten" auf Seite 73)	138316309
Externe Sicherheitseinrichtung mit HV-Steuerung	Externe Box mit Signalleuchten, Hochspannungssteuerung, Not-Aus-Schalter und Schlüsselschalter	108300322
Externe Sicherheitseinrichtung ohne HV-Steuerung	Externe Box mit Signalleuchten, Not-Aus-Schalter und Schlüsselschalter	2010001

Zubehörteil	Beschreibung	Artikelnummer
MeggerBook Vollversion	Windows-Software zur Analyse, Protokollierung und Archivierung der Messdaten	2015875
Transportbox mit Rollen	Für einen möglichst bequemen und sicheren Transport der Prüfanlage	für Prüfanlage: 90021849 für Boost-Modul: 90021850
TE PA-MC-UNI	TE-freier Anschlussadapter 	Einzeln: 1013564 (460 mm) 1013563 (310 mm) Als Set für 3-phasigen Anschluss; inkl. Gabeladapter und sonstigem Zubehör: 1013586 (460 mm) 1013587 (310 mm)
VLF CS-BB	Adapterset für 3-phasige Kabelprüfung; geeignet für den Anschluss an Sammelschienen	128311801
HV-Anschlusskabel	Steckbare HV-Anschlusskabel in verschiedenen Längen	Standard-Ausführung: 2004420 (10 m) 2004421 (15 m) NAFTA-Region: 2008032 (10 m) 2008033 (15 m)
PDS 62-SIN Teilentladungs-Koppler	TE-Koppler zur Teilentladungdiagnose mit Sinus-Spannung (inkl. Notebook, Software, Kalibrator und Zubehör)	Siehe Datenblatt PDS 62-SIN
PDS 60 Teilentladungs-Koppler	TE-Koppler zur Teilentladungdiagnose mit Sinus-, CR- und DAC-Spannung (inkl. Notebook, Software, Kalibrator und Zubehör)	Siehe Datenblatt PDS 60

Zubehörteil	Beschreibung	Artikelnummer
Diagnose-Anschlussset	Zubehör-Set für einen TE-freien Anschluss an den Prüfling	890017909
Stützkondensator	Notwendig für die TE-Diagnose mit VLF CR- und DAC-Spannung bei besonders geringer Lastkapazität (<120 nF inkl. Anschlussleitung)	Standard-Ausführung: 2009309 NAFTA-Region: 2014971

4.5 Anzeige- und Bedienelemente

Die folgenden Anzeige- und Bedienelemente befinden sich auf der Frontplatte der Prüfanlage:



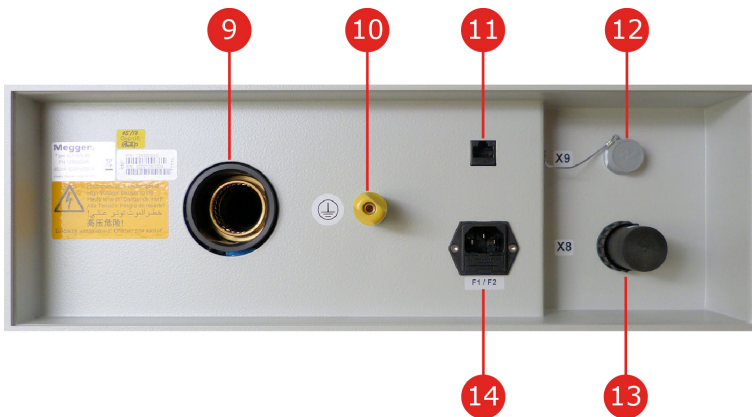
Nummer	Beschreibung
1	USB-Port
2	Not-Aus-Schalter
3	Ein-/Aus-Taster
4	Sicherheitsschlüsselschalter zur Verriegelung der Hochspannungsaufbereitung
5	„HV ON“-Taster
6	„HV OFF“-Taster
7	Touch-Display
8	Drehgeber

Weiterführende Informationen:

- "Hochspannungssteuerung" auf Seite 33

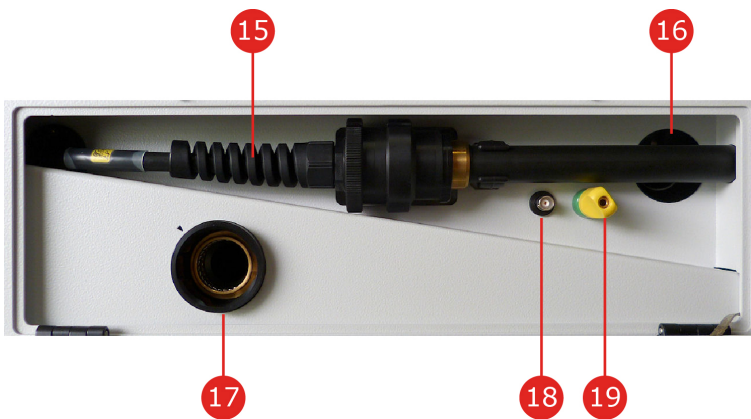
4.6 Anschlüsselemente

Die folgenden Anschlüsselemente befinden sich in der Anschlusswanne an der Rückseite der Prüfanlage:



Nummer	Beschreibung
9	HV-Ausgang
10	Schutzerdungsanschluss
11	Netzwerkbuchse zur Kommunikation mit dem Steuerungs-Notebook ("Anschluss in Kombination mit einem Teilentladungs-Messsystem" auf Seite 28)
12	Buchse zum Anschluss der Steuerleitung vom Boost-Modul
13	Netzanschlussbuchse mit Sicherungen (2 x T6,3A)
14	Buchse zum Anschluss der externen Sicherheitseinrichtung

Die folgenden Anschlüsselemente befinden sich an der Rückseite des optionalen Boost-Moduls:



Nummer	Beschreibung
15	HV-Kabel zum Anschluss an die Prüfanlage
16	Steuerleitung zum Anschluss an die Prüfanlage
17	HV-Ausgang
18	Trigger-Ausgang zur Triggerung eines angeschlossenen TE-Messsystems
19	Schutzerdungsanschluss

5 Inbetriebnahme



WARNUNG

Gefahr durch unsachgemäße Aufstellung

- Die Richtlinien zur Umsetzung der Arbeitssicherheit beim Betrieb einer nichtstationären Prüfanlage unterscheiden sich oft von Netzbetreiber zu Netzbetreiber und werden nicht selten von nationalen Vorschriften (wie z.B. der deutschen BGI 5191) begleitet. Erkundigen Sie sich schon im Vorfeld des Messeinsatzes über die am Einsatzort geltenden Richtlinien und befolgen Sie die darin festgelegten Regeln zur Arbeitsorganisation und zur Inbetriebnahme der nichtstationären Prüfanlage genau.
 - Wählen Sie für das System einen Aufstellungsort, der den durch das Gewicht und die Abmessungen gegebenen Anforderungen genügt und einen sicheren Stand gewährleistet.
 - Achten Sie darauf, dass bei der Aufstellung oder beim Anschluss des Gerätes keine anderen Systeme / Anlagenteile in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt werden. Müssen Veränderungen an anderen Systemen / Anlagenteilen vorgenommen werden, ist sicherzustellen, dass diese Maßnahmen nach Beendigung der Arbeiten rückgängig gemacht werden. Beachten Sie unbedingt die speziellen Erfordernisse dieser Systeme / Anlagen, und führen Sie alle damit im Zusammenhang stehenden Arbeiten erst nach vorheriger Rücksprache / Genehmigung mit dem zuständigen Arbeitsverantwortlichen durch.
 - Bei großen Temperaturunterschieden zwischen Lager- und Aufstellungsort (kalt zu warm) kann sich Kondenswasser auf den hochspannungsführenden Bauteilen bilden (Betaungseffekt). Um personen- und gerätegefährdende Spannungsüberschläge zu vermeiden, darf die Anlage in diesem Zustand nicht betrieben werden. Stattdessen sollte sie zur Akklimatisierung etwa eine Stunde in der neuen Umgebung verbleiben, bevor sie in Betrieb genommen wird.
-

5.1 Elektrischer Anschluss



WARNUNG

Gefahr durch elektrischen Schlag

- Die Anlage darf ausschließlich an spannungsfreie Betriebsmittel angeschlossen werden. Die allgemeinen Sicherheitshinweise und insbesondere die fünf Sicherheitsregeln müssen vor dem Anschluss an das Prüfobjekt befolgt werden ("Sicherheitshinweise" auf Seite 9).
 - Befolgen Sie die vorgegebene Anschlussreihenfolge.
 - Alle Kabel an der Messstelle, die außer Betrieb sind und an denen nicht gemessen wird, sind grundsätzlich kurzzuschließen und zu erden.
 - Da die auf den Prüfling beaufschlagte Spannung berührungs-gefährliche Werte annehmen kann, muss die in DIN EN 50191 (VDE 0104) definierte Verbotzone um die unter Spannung stehenden Teile, so abgesperrt werden, dass sie nicht erreicht werden kann.
 - Die Kabelenden müssen abgesperrt werden, um Berührungen zu vermeiden. Es ist darauf zu achten, dass dabei alle Verzweigungen berücksichtigt werden.
 - Zur Vermeidung von gefährlichen Aufladungen sind sämtliche Metallteile im Umfeld des Hochspannungsgerätes zu erden.
-

5.1.1 Standard-Anschlussvariante

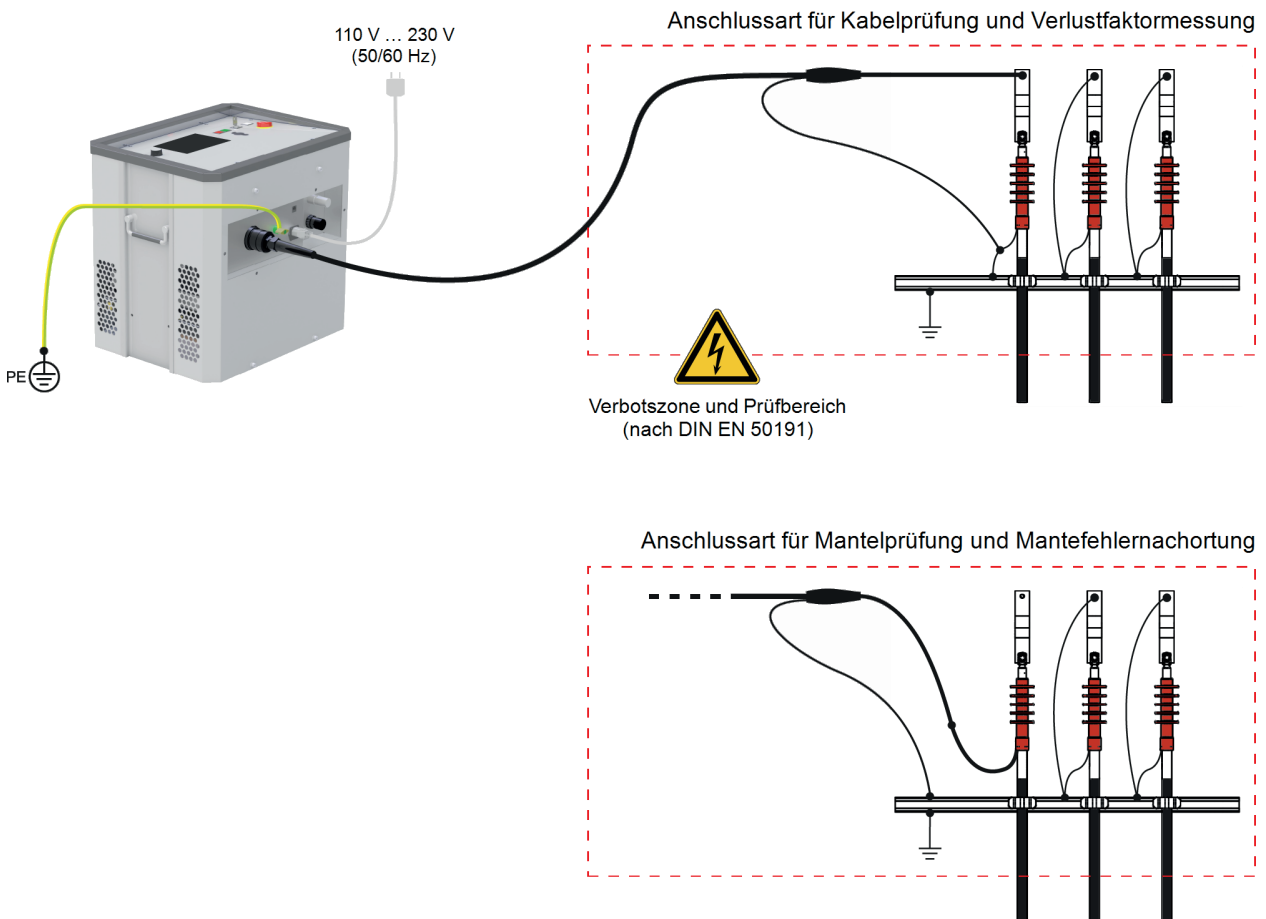
Anwendungsfälle

Die in diesem Abschnitt beschriebene Anschlussvariante ist für folgende Betriebsarten zu wählen:

- Stehspannungsprüfung mit Sinus-, Rechteck- oder Gleichspannung
- Mantelprüfung und Mantelfehlernachortung
- TanDelta-Verlustfaktormessung
- Teilentladungsdiagnose mit Sinusspannung (siehe auch "Anschluss in Kombination mit einem Teilentladungs-Messsystem" auf Seite 28)

Vorgehensweise

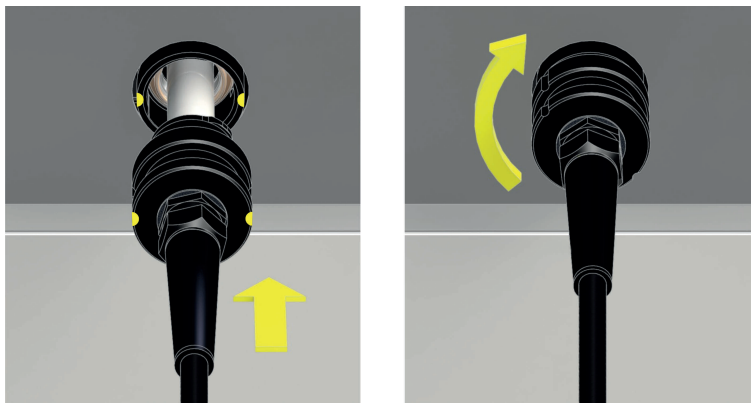
Das folgende Bild zeigt das vereinfachte Anschlussdiagramm:



Gehen Sie wie folgt vor, um die Prüfanlage mit dem Prüfling zu verbinden:

1. Stellen Sie mit Hilfe des grün/gelben Erdungskabels eine Verbindung zwischen dem Schutzerdungsanschluss **10** des Gerätes und einem geeigneten Punkt des Schutzerdensystems (Stationserde) her. Stellen Sie sicher, dass die Anschlussstellen des Erdungskabels nicht verschmutzt oder verrostet sind und guten metallischen Kontakt bieten.
2. Stecken Sie den Stecker des HV-Anschlusskabels in der dargestellten Ausrichtung in den HV-Ausgang des Systems.

Die Steckverbindung ist als Bajonettverschluss ausgeführt. Der Stecker muss mit etwas Kraft bündig an den HV-Ausgang herangedrückt werden und dabei fühlbar einrasten! Drehen Sie den Stecker anschließend im Uhrzeigersinn fest.



3. Verbinden Sie das andere Ende des HV-Anschlusskabels mit dem Prüfling.
4. Verbinden Sie das im Lieferumfang enthaltene Netzanschlusskabel mit der Netzanschlussbuchse des Systems **14** und einer Netzsteckdose.

5.1.2 Anschluss über optionales Boost-Modul

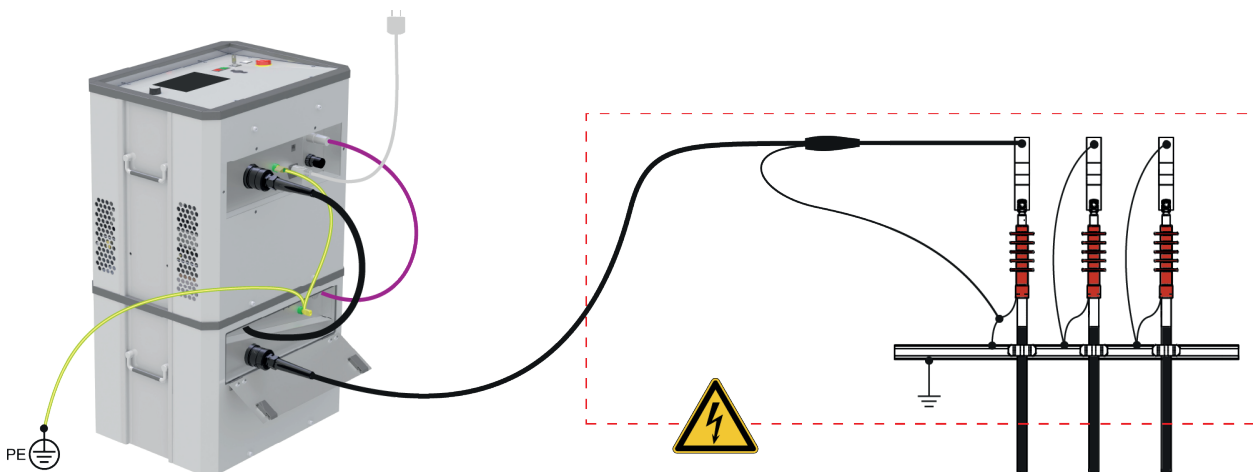
Anwendungsfälle

Die in diesem Abschnitt beschriebene Anschlussvariante ist für folgende Betriebsarten zu wählen:

- Stehspannungsprüfung mit Cosinus-Rechteck-Spannung
- Teilentladungdiagnose mit Cosinus-Rechteck- oder DAC-Spannung (siehe auch "Anschluss in Kombination mit einem Teilentladungs-Messsystem" auf Seite 28)

Vorgehensweise

Das folgende Bild zeigt das vereinfachte Anschlussdiagramm:



Gehen Sie wie folgt vor, um die Prüfanlage mit dem Prüfling zu verbinden:

1. Stellen Sie die Prüfanlage wie im Bild dargestellt auf das Boost-Modul.
2. Stellen Sie mit Hilfe des grün/gelben Erdungskabels eine Verbindung zwischen den beiden Schutzerdungsanschlüssen (10 und 19) und einem geeigneten Punkt des Schutzerdensystems (Stationserde) her.

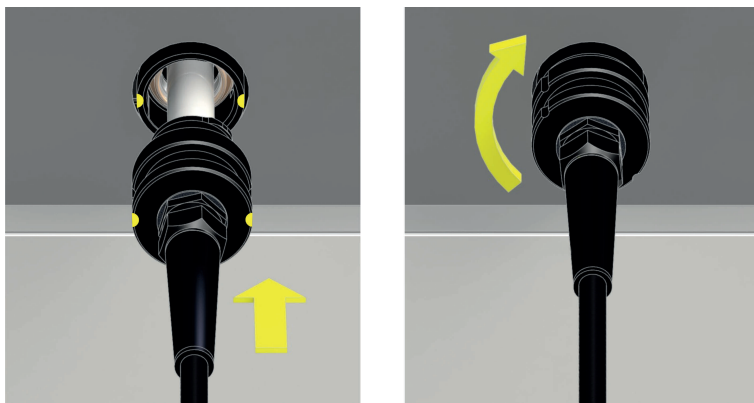
Stellen Sie sicher, dass die Anschlussstellen des Erdungskabels nicht verschmutzt sind und guten metallischen Kontakt bieten.

3. Verbinden Sie die vom Boost-Modul kommende Steuerleitung (16) mit der entsprechenden Buchse (12) der Prüfanlage.

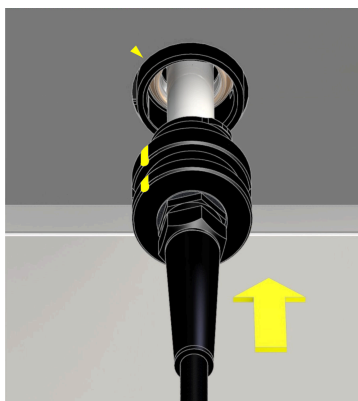
4. Verbinden Sie das vom Boost-Modul kommende HV-Anschlusskabel **15** mit der Prüfanlage.

Stecken Sie dazu den Stecker des HV-Anschlusskabels in der dargestellten Ausrichtung in den HV-Ausgang **9** des Systems.

Die Steckverbindung ist als Bajonettverschluss ausgeführt. Der Stecker muss mit etwas Kraft bündig an den HV-Ausgang herangedrückt werden und dabei fühlbar einrasten! Drehen Sie den Stecker anschließend im Uhrzeigersinn fest.



5. Befestigen Sie den Stecker des mitgelieferten HV-Anschlusskabels im HV-Ausgang **17** des Boost-Moduls. Auch hier ist auf die richtige Ausrichtung beim Einstecken zu achten.



6. Verbinden Sie das andere Ende des HV-Anschlusskabels mit dem Prüfling.
7. Verbinden Sie das im Lieferumfang enthaltene Netzanschlusskabel mit der Netzanschlussbuchse des Systems **14** und einer Netzsteckdose.

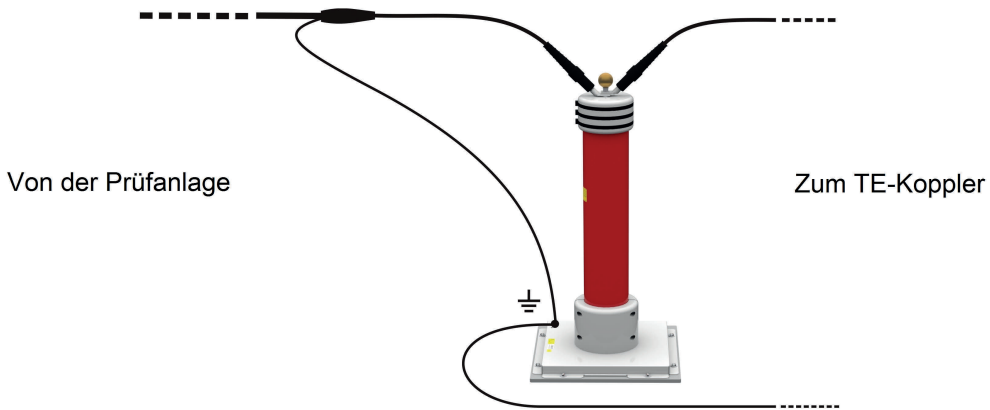
5.1.3 Anschluss in Kombination mit einem Teilentladungs-Messsystem

In Kombination mit einem optional erhältlichen Teilentladungs-Messsystem ("Lieferumfang und Zubehör" auf Seite 17) kann die Prüfanlage zu einem vollwertigen Diagnosesystem ausgebaut werden. Dazu muss die Prüfanlage nicht nur mit dem TE-Messsystem selbst, sondern auch mit dem für die Durchführung der Teilentladungdiagnose erforderlichen Notebook verbunden werden. Dieses ist Teil des Lieferumfangs des Teilentladungs-Messsystems.



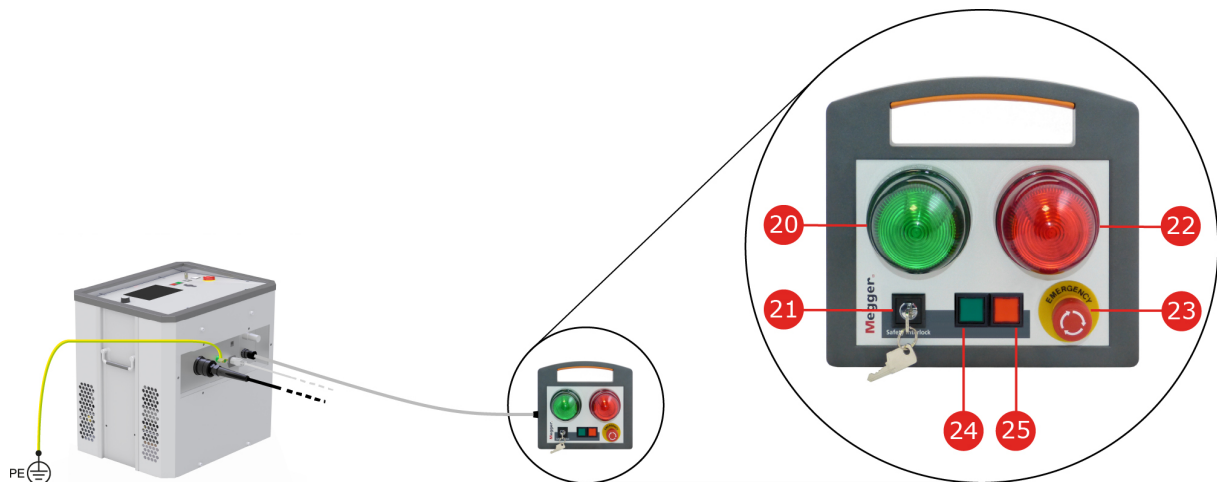
Detaillierte Hinweise zum elektrischen Anschluss des Teilentladungs-Messsystems entnehmen Sie bitte dem jeweiligen Bedienhandbuch.

Sollte die Messsoftware gleich zu Beginn einer Diagnose mit VLF-CR oder DAC-Spannung eine zu geringe Lastkapazität melden ($<120\text{ nF}$), kann diesem Umstand mit einem optional erhältlichen Stützkondensator entgegengewirkt werden ("Lieferumfang und Zubehör" auf Seite 17). Dieser ist wie folgt in den HV-Pfad zwischen Prüfanlage und TE-Koppler zu integrieren:



5.1.4 Anschluss der externen Sicherheitseinrichtung (optional)

Mit Hilfe der optionalen externen Sicherheitseinrichtung ("Lieferumfang und Zubehör" auf Seite 17) kann der aktuelle Status des Systems über farbige Signalleuchten deutlich sichtbar gemacht und die HV-Aufbereitung freigegeben bzw. unterbrochen werden. Der Anschluss erfolgt an die dafür vorgesehene Buchse der Prüfanlage. Für den Fall, dass die Anlage ohne angeschlossene externe Sicherheitseinrichtung betrieben werden soll, muss zwingend der Blindstecker auf die Buchse **13** aufgeschraubt werden.



Nummer	Beschreibung
20	Die grüne Signalleuchte leuchtet, wenn das System eingeschaltet aber nicht im Hochspannungsbetrieb ist.
21	Sicherheitsschlüsselschalter zur Verriegelung der Hochspannungsaufbereitung.
22	Die rote Signalleuchte leuchtet, sobald Hochspannung erzeugt werden könnte. Alle Entlade- und Erdungseinrichtungen sind offen und der Prüfling ist als „unter Spannung stehend“ zu betrachten.
23	Not-Aus-Schalter
24	„HV ON“-Taster
25	„HV OFF“-Taster

Weiterführende Informationen:

- "Hochspannungssteuerung" auf Seite 33

5.2 Einschalten

Nach dem ordnungsgemäßen Anschluss wird die Prüfanlage durch Drücken des leuchtenden Ein-/Aus-Tasters **3** eingeschaltet. Die Software startet innerhalb weniger Sekunden und verweilt anschließend im Startbildschirm ("Startbildschirm und Statuszeile" auf der nächsten Seite).

6 Grundlegende Bedienung der Prüfanlage

6.1 Startbildschirm und Statuszeile

Startbildschirm

Der Startbildschirm ist der zentrale Ausgangspunkt zum Aufruf aller Betriebsarten und Einstellungsmenüs und wird direkt nach dem Start der Software angezeigt. Auch während der Bedienung des Gerätes gelangt man aus tieferen Menüebenen letztlich immer wieder zurück zu diesem Bildschirm.



Aus dem Startbildschirm können die folgenden Betriebsarten und Funktionen aufgerufen werden:




Menüpunkt	Beschreibung
	Kabelprüfung mit verschiedenen Spannungsformen ("Stehspannungsprüfung" auf Seite 37)
	[Nur bei aktivierter Option "TanDelta-Messung" verfügbar] TanDelta-Stufentest ("TanDelta-Verlustfaktormessung" auf Seite 45)
	[Nur bei aktivierter Option "TanDelta-Messung" verfügbar] Überwachte Stehspannungsprüfung mit und ohne vorangestellten TanDelta-Stufentest ("TanDelta-Verlustfaktormessung" auf Seite 45)
	Mantelprüfung und Mantelfehlernachortung gemäß IEC 60229 ("Mantelprüfung / Mantelfehlerortung" auf Seite 57)
	Verwaltung und Weiterverarbeitung der bisherigen Messaktivitäten ("Messdaten verwalten und exportieren" auf Seite 67)
	Systemeinstellungen ("Einstellungen anpassen" auf Seite 70)

Statuszeile


Die Statuszeile wird permanent am oberen Rand des Bildschirms angezeigt.

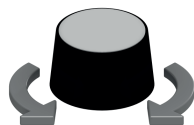


Am linken Rand der Statuszeile wird je nach Position innerhalb der Menüstruktur entweder der Systemtyp, die aktuell gewählte Betriebsart oder das aktuell geöffnete Untermenü angezeigt. Am rechten Rand werden neben der Uhrzeit gegebenenfalls auch folgende Statussymbole angezeigt, die bestimmte Funktionen oder Systemzustände signalisieren:

Symbol	Beschreibung
	Die Option "TanDelta-Messung" ist freigeschaltet und es können mit der Prüfanlage TanDelta-Messungen durchgeführt werden. Eine nachträgliche Bestellung der Option ist jederzeit möglich ("Lieferumfang und Zubehör" auf Seite 17). Die Freischaltung kann anschließend über das Systeminstellungen selbstständig vorgenommen werden ("Option "TanDelta-Messung" freischalten" auf Seite 73).
	Es wurde ein eingesteckter USB-Stick erkannt. Jegliche Messdaten werden automatisch auf diesem USB-Stick gespeichert.
	Die Prüfanlage ist über das Boost-Modul mit dem Prüfling verbunden und kann aktuell nur zur Prüfung / Diagnose mit Cosinus-Rechteck bzw. DAC-Spannung genutzt werden.

6.2 Grundlagen der Drehgebersteuerung

Die Software kann wie in diesem Abschnitt und im weiteren Verlauf des Handbuchs beschrieben vollumfänglich per Drehgeber  bedient werden. Ergänzend ist auch eine Bedienung über das Touchscreen-Display möglich.




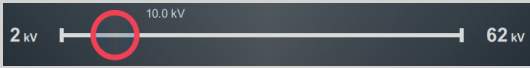
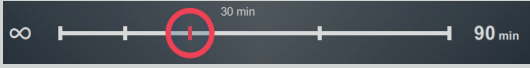




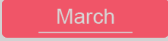
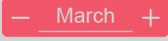


- gewünschten Menüpunkt anwählen
- Wert eines veränderlichen Parameters erhöhen / verringern
- Option innerhalb einer Auswahlliste anwählen



- angewählten Menüpunkt aufrufen
- vorgenommene Einstellung / Auswahl bestätigen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Steuerelemente der Benutzeroberfläche:

Steuerelement	Beschreibung
Menüpunkt	Menüpunkte dienen im Messverlauf zum Aufruf einer Funktion oder zur Anpassung eines Parameters. Unter dem Menüpunkt wird entweder die diesem hinterlegte Funktion oder der aktuelle Wert des Parameters angezeigt.
	 Nicht ausgewählter Menüpunkt.
	 Aktuell ausgewählter Menüpunkt, der durch Drücken des Drehgebers aktiviert werden kann.
	 Im aktuellen Systemzustand nicht auswählbarer Menüpunkt.
Slider	Ein Slider erscheint immer dann, wenn ein veränderlicher Parameter aufgerufen wurde.
	 <p>Am linken und rechten Rand des Sliders werden die Unter- und Obergrenzen des Wertebereichs angezeigt. Der rote Kreis markiert den aktuell eingestellten Wert, der direkt darüber auch numerisch angezeigt wird.</p> <p>Der Wert kann durch Drehen des Drehgebers angepasst und durch Drücken des Drehgebers bestätigt werden.</p> <p>In manchen Fällen werden sinnvolle Einstellungen auf dem Slider durch zusätzliche Querstriche markiert, an denen der Markierungskreis spürbar "einrastet", was die Auswahl dieser Werte vereinfacht und beschleunigt.</p>  <p>Für die Slider zur Spannungseinstellung können diese Positionen frei definiert werden ("Messeinstellungen anpassen" auf Seite 71).</p>
Checkbox	Eine Checkbox wird zur Aktivierung / Deaktivierung einer Funktion oder eines Parameters genutzt. Eine angewählte Checkbox kann durch Drücken des Drehgebers aktiviert / deaktiviert werden.
	 Funktion / Parameter ist aktiv
	 Funktion / Parameter ist nicht aktiv

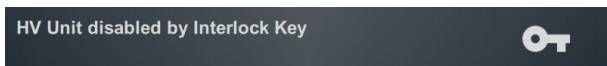
Steuerelement	Beschreibung
Auswahlbox	<p>Mit Hilfe einer Auswahlbox kann eine Auswahl aus einer definierten Wertemenge vorgenommen werden. Gehen Sie dazu wie folgt vor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Wählen Sie durch Drehen des Drehgebers die gewünschte Auswahlbox an.  2. Drücken Sie den Drehgeber, um die Auswahlbox zu aktivieren.  3. Drehen Sie den Drehgeber, um die Auswahl anzupassen.  4. Drücken Sie den Drehgeber, um die neue Auswahl zu bestätigen. 

6.3 Hochspannungssteuerung

Voraussetzungen für den Hochspannungsbetrieb

Direkt nach Betreten einer Betriebsart werden permanent die Bedingungen des Sicherheitskreises überprüft. Für den Fall, dass wenigstens eine Bedingung des Sicherheitskreises nicht erfüllt ist, verweigert die Prüfanlage die HV-Einschaltbereitschaft. Befindet sich das System bei Auslösung des Sicherheitskreises bereits im HV-Betrieb, wird dieser umgehend unterbrochen. Dies zieht eine automatische Entladung des Prüfobjektes nach sich.

Der Bediener wird per Systemmeldung über die bestehende Abweichung informiert:



Um den HV-Betrieb (wieder) aktivieren zu können, muss mit Hilfe der Hinweise in der folgenden Tabelle zuerst die Ursache des Problems beseitigt werden:

Fehlermeldung	Ursache / Entstörung
F-Ohm	Der Widerstand zwischen Betriebs- und Schutzterde ist zu hoch ($>9 \pm 3 \Omega$). Es ist zu prüfen, ob sowohl das Erdungskabel als auch der Kabelschirm des HV Anschlusskabels korrekt angeschlossen sind und die jeweiligen Anschlussstellen guten metallischen Kontakt bieten ("Elektrischer Anschluss" auf Seite 23).
Not-Aus-Schalter	Es wurde eine Not-Aus-Abschaltung vorgenommen und der Schalter muss nach Beseitigung der Notfall-Ursache manuell wieder entriegelt werden. Die Not-Aus-Schalter befinden sich auf der Frontplatte 2 und auf der externen Sicherheitseinrichtung.

Fehlermeldung	Ursache / Entstörung
HV-Einheit durch Schlüsselschalter deaktiviert	Um die Prüfanlage vor unbefugtem Zugriff zu schützen, wurde jeglicher Hochspannungsbetrieb durch Verriegelung des Schlüsselschalters unterbunden. Der Schlüsselschalter muss manuell wieder entriegelt werden (siehe unten).
Übertemperatur in VLF Sinus	Die interne Temperaturüberwachung meldet eine erhöhte Temperatur der HV-Komponenten. Die Anlage kann erst nach einer ausreichend langen Abkühlphase wieder in Betrieb genommen werden.
HV-Kabel nicht korrekt angeschlossen	Das HV-Anschlusskabel wurde nicht richtig im HV-Ausgang arretiert.
Boost-Modul ist nicht bereit.	Das Boost-Modul meldet einen nicht näher definierten Fehler oder ist nicht richtig angeschlossen.

Hochspannung freigeben

Direkt nachdem durch den Bediener eine Messung vorbereitet und gestartet wurde, wird durch den grün leuchtenden „HV ON“-Taster auf der Frontplatte **5** und der externen Sicherheitseinrichtung die Bereitschaft zur Hochspannungsfreigabe signalisiert. Durch Betätigung des Tasters wird die Erdung am HV-Ausgang aufgehoben. Dieser Schaltzustand bedeutet: **Hochspannung!**

Hochspannung abschalten

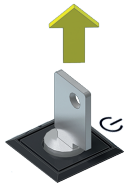
Bei Eintreten bestimmter Ereignisse (z.B. Spannungsdurchschlag im Prüfling, Ablauf der definierten Prüfdauer) wird die Hochspannung automatisch durch das System deaktiviert. Dies geschieht auch dann, wenn ein Problem im Sicherheitskreis festgestellt wurde.

Durch Betätigung des rot leuchtenden „HV OFF“-Tasters auf der Frontplatte **6** und der externen Sicherheitseinrichtung kann der HV-Betrieb außerdem jederzeit manuell unterbrochen werden.

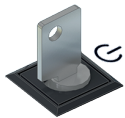
Sowohl bei der automatischen als auch bei der manuellen Abschaltung wird der Messkreis verlässlich entladen.

Verriegelung der Hochspannung

Aus Gründen der Haftung muss sichergestellt sein, dass Messsysteme, die eine berührungsgefährliche Spannung abgeben, gegen unautorisierten Zugriff gesichert werden können. Dies wird durch die beiden Sicherheitsschlüsselschalter auf der Frontplatte **4** und auf der externen Sicherheitseinrichtung ermöglicht.



Der Schlüsselschalter ist verriegelt und eine Hochspannungsaufbereitung ist nicht möglich. Im verriegelten Zustand kann der Schlüssel abgezogen und das System dadurch gegen unbefugten Hochspannungsbetrieb gesichert werden.



Der Schlüsselschalter ist entriegelt und eine Hochspannungsaufbereitung ist unter der Voraussetzung, dass auch alle anderen Sicherheitsbedingungen erfüllt sind, möglich.

7 Prüfung und Diagnose durchführen

Je nach Ausstattung der Prüfanlage können aus dem Hauptbildschirm folgende Prüf- und Diagnosebetriebsarten aufgerufen werden:

- "Stehspannungsprüfung" auf der gegenüberliegenden Seite
- "TanDelta-Verlustfaktormessung" auf Seite 45
- "Mantelprüfung" auf Seite 57
- "Mantelfehlerortung" auf Seite 62
- "Teilentladungdiagnose (TE-Messsystem erforderlich)" auf Seite 66


7.1 Stehspannungsprüfung

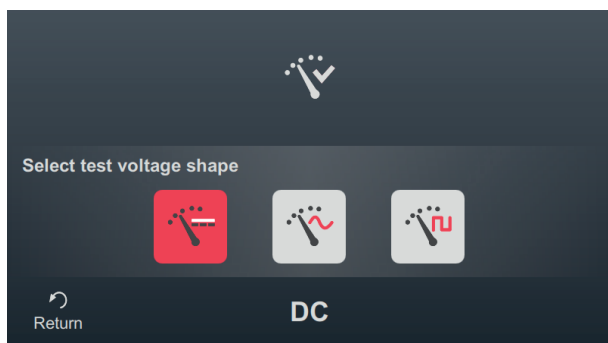
Eine Stehspannungsprüfung dient zum Nachweis der Spannungsfestigkeit von neu verlegten und reparierten Kabeln, kann aber durchaus auch im Rahmen einer Zustandsbewertung zyklisch wiederholt werden.

Sinnvolle Prüfzeiten und Prüfspannungspegel variieren je nach Art und Alter des Kabels und sind in diversen Normen spezifiziert. Während für neu verlegte Kabel meist eine Prüfspannung von $3U_0$ empfohlen wird, liegen die Werte bei gealterten Kabeln zwischen $1,7$ und $3U_0$.





7.1.1 Prüfung vorbereiten und starten

Betriebsart auswählen und Kabelnummer eingeben

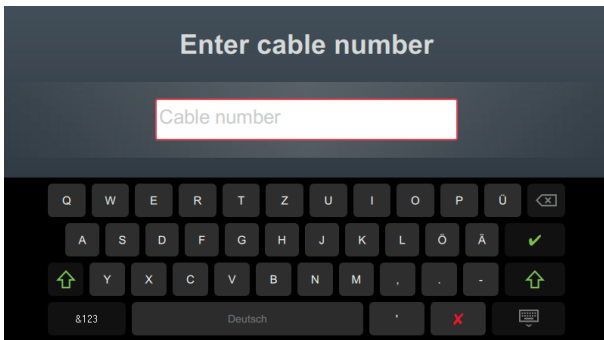
Nachdem im ersten Schritt der Menüpunkt  im Startbildschirm aufgerufen wurde, öffnet sich folgendes Untermenü zur Auswahl der gewünschten Spannungsform:



Aus diesem Menü heraus können die folgenden Betriebsarten aufgerufen werden:

Menüpunkt	Beschreibung
	Kabelprüfung mit Gleichspannung
	Kabelprüfung mit VLF-Sinus-Spannung
	Kabelprüfung mit trapezförmiger Wechselfspannung (Rechteckspannung)
	[Nur bei Anschluss über das optionale Boost-Modul verfügbar] Kabelprüfung mit VLF-Cosinus-Rechteck-Spannung

Direkt im Anschluss an die Auswahl der Spannungsform erfolgt die Eingabe der Kabelnummer mittels Bildschirmtastatur.



Eine möglichst exakte Eingabe der Kabelnummer erleichtert später bei der Berichterstellung und Archivierung des Messdatensatzes in der Protokollsoftware die Zuordnung zum Kabel. Ist eine solche Weiterverarbeitung nicht vorgesehen, kann auf die Eingabe der Kabelnummer verzichtet werden.

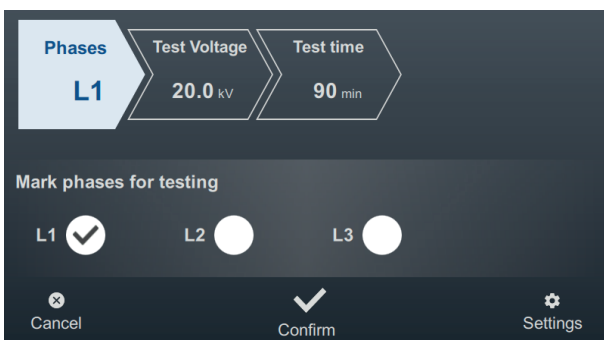
Unabhängig davon, ob eine Kabelnummer eingegeben wurde oder nicht, ist eine Bestätigung über ✓ erforderlich.

Messparameter einstellen



Bei Aufruf einer Betriebsart werden automatisch die Messparameter der vorangegangenen Messung voreingestellt. Dies ermöglicht bei aufeinanderfolgenden Prüfungen an Kabelsystemen der gleichen Bauart eine schnellere Vorbereitung der Messung.


Nach Start der Betriebsart und Eingabe der Kabelnummer müssen in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten die Messparameter spezifiziert werden.




An der Oberseite des Bildschirms werden alle erforderlichen Messparameter und deren aktuelle Werte angezeigt, wobei das Segment des momentan aktiven Messparameters farblich gekennzeichnet ist.

Nachdem dieser wie gewünscht eingestellt wurde, muss die Einstellung mit ✓ bestätigt werden, um zum nächsten Schritt zu gelangen. Durch Antippen des jeweiligen Segments kann im Verlauf des Workflows jederzeit direkt zu einem der Messparameter gesprungen werden, wenn zum Beispiel eine zuvor getätigte Einstellung angepasst werden muss.

Die folgenden Messparameter müssen vor Beginn der Prüfung eingestellt werden:

Parameter	Beschreibung						
Phasen	<p>Die Phasenauswahl ist entsprechend der tatsächlichen Anschlusssituation vorzunehmen. Sie dient der eindeutigen Zuordnung des Messdatensatzes bei einer späteren Weiterverarbeitung.</p> <p>Sollten aus Zeitgründen mehrere Phasen gebrückt und gleichzeitig geprüft werden, ist auch eine Auswahl mehrerer Phasen möglich. Sollten während der mehrphasigen Prüfung allerdings Auffälligkeiten oder Spannungsdurchschläge auftreten, können keine Rückschlüsse auf die betroffene Phase gezogen werden. In diesem Fall müssen die Phasen dann erneut einzeln geprüft werden.</p>						
Prüfspannung	<p>Die einzustellende Prüfspannung leitet sich aus der Nennspannung des angeschlossenen Kabels und den für die Prüfung anzuwendenden Richtlinien (z.B. anerkannten Standards, Werksnormen, Vorgaben des Auftraggebers) ab.</p> <p>Gängige Werte:</p> <table border="1"> <tr> <td>VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):</td> <td>3U_o</td> </tr> <tr> <td>VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)</td> <td>1,7 ... 3U_o</td> </tr> <tr> <td>DC-Prüfung (an Papier-Masse Kabel):</td> <td>4 ... 8U_o</td> </tr> </table> <p>Die Art der Prüfspannungseingabe kann in den erweiterten Messeinstellungen angepasst werden (siehe nachfolgende Tabelle).</p>	VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):	3U _o	VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)	1,7 ... 3U _o	DC-Prüfung (an Papier-Masse Kabel):	4 ... 8U _o
VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):	3U _o						
VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)	1,7 ... 3U _o						
DC-Prüfung (an Papier-Masse Kabel):	4 ... 8U _o						
Prüfzeit	<p>Die einzustellende Prüfzeit ist entsprechend der anzuwendenden Richtlinien (z.B. anerkannten Standards, Werksnormen, Vorgaben des Auftraggebers) zu wählen.</p> <p>Die Einstellung  aktiviert den Endlos-Betrieb und erfordert eine manuelle Abschaltung durch den Nutzer.</p> <p>Gängige Werte:</p> <table border="1"> <tr> <td>VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):</td> <td>15 ... 60 Minuten</td> </tr> <tr> <td>VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)</td> <td>60 Minuten</td> </tr> <tr> <td>DC-Prüfung (an Papier-Masse Kabel):</td> <td>15 ... 30 Minuten</td> </tr> </table>	VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):	15 ... 60 Minuten	VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)	60 Minuten	DC-Prüfung (an Papier-Masse Kabel):	15 ... 30 Minuten
VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):	15 ... 60 Minuten						
VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)	60 Minuten						
DC-Prüfung (an Papier-Masse Kabel):	15 ... 30 Minuten						

Über den Menüpunkt  am unteren rechten Rand des Bildschirms können jederzeit die erweiterten Messeinstellungen aufgerufen werden. Die in diesem Menü enthaltenen Parameter müssen meist nur einmal bei der Erstnutzung der jeweiligen Betriebsart eingestellt werden und verbleiben dann bis zu einer erneuten Anpassung in dieser Einstellung:

Parameter	Beschreibung
Spannungseingabe	Diese Einstellung beeinflusst, auf welche Art und Weise die Prüfspannung in dieser Betriebsart eingestellt wird. Folgende Optionen stehen zur Auswahl:
	RMS [Nur für Prüfungen mit Sinus-Spannung auswählbar] Effektivwert der Prüfspannung wird eingestellt.
	PEAK Spitzenwert der Prüfspannung wird eingestellt.
	Faktor Diese Einstellung ist zu wählen, wenn die Kabel in dieser Betriebsart immer mit einem bestimmten Vielfachen ihrer Nennspannung geprüft werden (z.B. 2U ₀). Der gewünschte Faktor kann direkt darunter eingestellt werden. Bei der Spannungseingabe selbst muss nur noch die Kabelnennspannung U ₀ angegeben werden, aus der die Software automatisch die erforderliche Prüfspannung ermittelt.
Polarität	[Nur für Prüfungen mit Gleichspannung einstellbar] Polarität der Prüfspannung.
Frequenz	[Nur für Prüfungen mit Sinus-Spannung oder trapezförmiger Wechselfspannung einstellbar] Frequenz der Prüfspannung. In den relevanten Normen wird für Kabelprüfungen mit VLF-Spannung meist eine Prüffrequenz von 0,1 Hz empfohlen. Da die maximal zulässige Prüffrequenz von der ermittelten Kabelkapazität und der aufzubringenden Prüfspannung abhängt, kann eine Anpassung der eingestellten Prüffrequenz notwendig werden, über welche der Anwender zu Beginn der Prüfung informiert würde. In der Einstellung Auto wählt das System zu Beginn der Prüfung automatisch die höchstmögliche Prüffrequenz und startet die Spannungsaufbereitung anschließend ohne erneute Rückfrage.

Prüfung starten

Nach Bestätigung des letzten Messparameters bereitet die Prüfanlage die Messung vor und überprüft, ob alle Bedingungen für die Hochspannungsfreigabe erfüllt sind. Sollte dies nicht der Fall sein, wird das festgestellte Problem im Display signalisiert und muss vor Beginn der Messung beseitigt werden ("Hochspannungssteuerung" auf Seite 33).

HV Unit disabled by Interlock Key



Wurde kein Problem festgestellt oder dieses beseitigt, verbleiben 10 Sekunden Zeit, um über den „HV ON“-Taster **5** die Hochspannung freizugeben.

Zu Beginn einer Prüfung wird eine Lastermittlung durchgeführt. Sollte die Lastcharakteristik (Kapazität und Isolationswiderstand) eine Prüfung mit den eingestellten Prüfparametern nicht zulassen, so wird dies über eine Systemmeldung auf dem Bildschirm angezeigt.

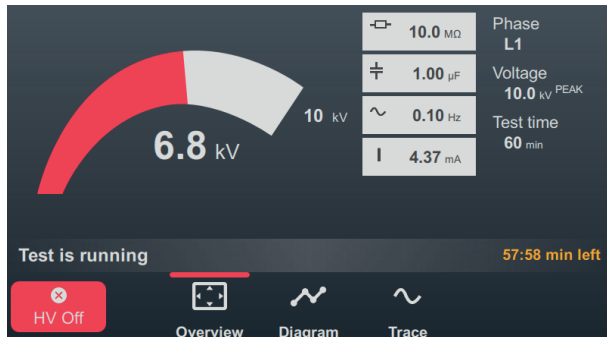
Bei Prüfungen mit Sinus- oder Rechteck-Spannung wird gegebenenfalls angeboten, die Prüfung mit einer niedrigeren Prüffrequenz durchzuführen. Die Prüfung kann daraufhin entweder abgebrochen oder mit angepasster Frequenz gestartet werden. In der Frequenz-Einstellung **Auto** wird eine solche Anpassung ohne Rückfrage vorgenommen.

Prüfungen mit Cosinus-Rechteck-Spannung oder Gleichspannung müssen in jedem Fall abgebrochen und, wenn möglich, mit einer niedrigeren Prüfspannung neu gestartet werden.






7.1.2 Verlauf und Abschluss der Prüfung

Verlauf der Prüfung


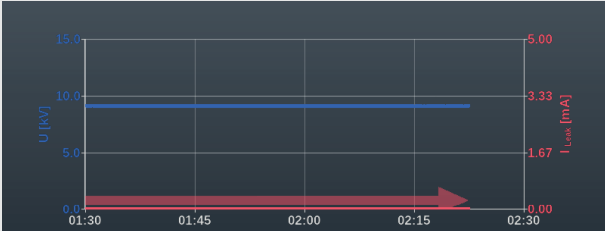
Während der Prüfung verweilt die Software im Übersichtsbildschirm.



Dieser zeigt neben der aktuellen Prüfspannung und der verbleibenden Prüfdauer je nach Betriebsart auch noch die folgenden Messwerte an:

Symbol	Beschreibung
	Zu Beginn der Prüfung ermittelter Isolationswiderstand
	Zu Beginn der Prüfung ermittelte Lastkapazität
	Tatsächliche Prüffrequenz (Sinus- und Rechteck-Betrieb)
	Ladestrom (Sinus-Betrieb)
	Ableitstrom (DC-, Cosinus-Rechteck- und Rechteck-Betrieb)

Über die Menüpunkte am unteren Rand des Bildschirms können im Verlauf der Prüfung bei Bedarf auch die folgenden Ansichten aufgerufen werden:

Menüpunkt	Diagrammtyp
	<p>Zeitlicher Verlauf von Prüfspannung und Leckstrom über die zurückliegenden 60 Sekunden.</p> <p>Im Cosinus-Rechteck- und Rechteck-Betrieb erfolgt die Messung des Leckstroms einmal in jeder Plateauphase. Die jeweiligen Messwerte werden als rote Punkte im Diagramm dargestellt.</p>  <p>Im DC-Betrieb wird ab etwa 90 Sekunden Prüfzeit zusätzlich permanent ein roter Pfeil im Diagramm angezeigt, der den Trend der gemessenen Ableitströme anzeigt (aktueller Messwert im Vergleich zu dem nach Abschluss des Ladevorgangs gemessenen Wert).</p> 
	<p>[Nur bei Prüfungen mit Wechselspannung aufrufbar]</p> <p>Zeitlicher Verlauf der Spannungs- und Strom-Effektivwerte über die gesamte Prüfdauer hinweg.</p>  <p>Aus diesem Diagrammtyp lassen sich kurzzeitig aufgetretene Ereignisse (wie ein kurzer Spannungsabfall oder eine Leckstromspitze) genauso gut ablesen wie der langfristige Trend der Leckstrommesswerte.</p>

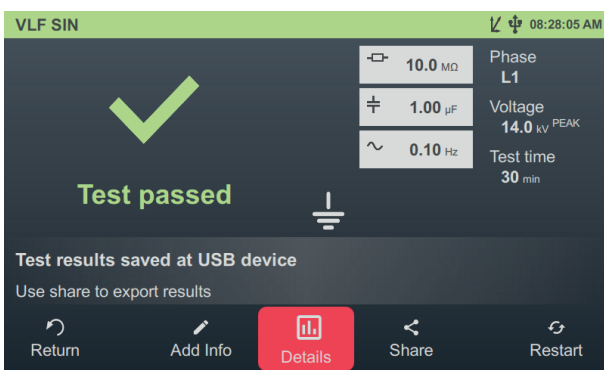
Abschluss der Prüfung

Nach Ablauf der definierten Prüfzeit wird die Prüfung automatisch beendet und die Hochspannung abgeschaltet. Die Prüfung gilt in diesem Fall als bestanden.







Wird hingegen im Verlauf der Prüfung ein Spannungsdurchschlag festgestellt, was ebenfalls zum Abbruch der Prüfung und zur Abschaltung der Hochspannung führt, sind weitere diagnostische Untersuchungen am Kabel und gegebenenfalls eine Fehlerortung vorzunehmen. Ergänzend zur Abschaltursache wird auch die Spannung angezeigt, bei welcher der Durchschlag erfolgte.

Neben den genannten Ursachen für eine automatische Abschaltung kann die Prüfung auch jederzeit manuell über die Schaltfläche **HV aus** oder die Taster und Schalter auf der Frontplatte beendet werden ("Hochspannungssteuerung" auf Seite 33).

Nach Abschluss der Prüfung wird im oberen Bereich des Bildschirms nochmal über die Prüfparameter und die Abschaltursache informiert:



Für das weitere Vorgehen stehen im unteren Bereich des Bildschirms die folgenden Schaltflächen bereit:

Schaltfläche	Funktion
	Prüfung beenden und zum Menübildschirm zurückkehren.
	Ermöglicht die Eingabe eines Kommentars zur Messung. Dieser wird mit im Messdatensatz gespeichert und anschließend sowohl in der Aktivitätsliste als auch in der Protokollsoftware mit angezeigt ("Messdaten verwalten und weiterverarbeiten" auf Seite 67).
	Anzeige der während der Prüfung aufgezeichneten Diagramme (siehe vorangegangene Tabelle).
	Messdaten auf einen eingesteckten USB-Stick exportieren.  Sollte zum Abschluss der Prüfung ein USB-Stick im Gerät eingesteckt sein, werden die Messdaten automatisch auf diesem USB-Stick gespeichert.
	Erneuter Start der Prüfung mit den gleichen Prüfparametern.

7.2 TanDelta-Verlustfaktormessung

Die Qualität der Isolierung von Energiekabeln wird im Laufe der Betriebsjahre durch Alterung sowie durch mechanische Einwirkungen beeinflusst. Feuchtigkeit, Überlast und Überspannungen beschleunigen diesen Prozess.

Da sich diese Effekte in einem messbaren Anstieg der dielektrischen Verluste widerspiegeln, bietet sich die TanDelta-Verlustfaktormessung als ein zerstörungsfreies und etabliertes Verfahren zur exakten Bewertung von Qualität und Alterungsgrad der Kabelisolation an. Probleme wie die sogenannte Wasserbäumchen in VPE-Kabeln oder die Zellulosezerersetzung in Papiermasse- Kabeln können schnell erkannt und so kritisch gealterte Kabel verlässlich identifiziert werden.

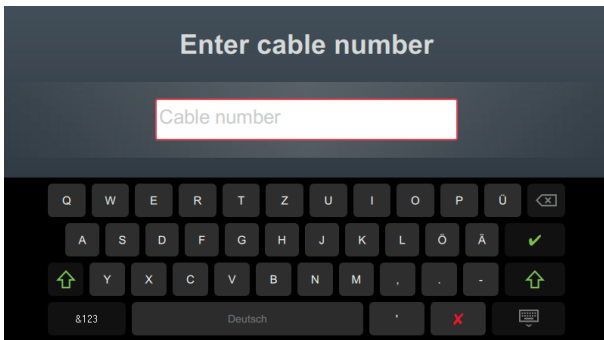
7.2.1 TanDelta-Messung vorbereiten und starten

Betriebsart auswählen und Kabelnummer eingeben

Aus dem Startbildschirm heraus können die folgenden Betriebsarten aufgerufen werden:

Menüpunkt	Beschreibung
	<p>TanDelta-Stufentest über mehrere einstellbare Spannungsstufen.</p> <p>In dieser Betriebsart können spannungsabhängige Veränderungen des TanDelta beobachtet und fundierte Rückschlüsse auf den Alterungsgrad der Kabelisolation gezogen werden.</p> <p>Die Ergebnisse eines TanDelta-Stufentests können nach einschlägigen Normen oder eigenen Bewertungsstandards automatisch bewertet werden.</p>
	<p>Die überwachte Stehspannungsprüfung kombiniert eine normgerechte Stehspannungsprüfung mit einer parallel stattfindenden Verlustfaktormessung und bietet sich so als zeitsparendes Verfahren für die periodische Prüfung und Zustandsbewertung betriebsgealterter Kabel an.</p> <p>Da der einfache Monitored Withstand Test über die gesamte Prüfdauer hinweg auf einem Spannungsniveau verweilt, können aus den Messergebnissen allerdings keine Rückschlüsse auf die spannungsabhängige Veränderung des TanDelta gezogen werden.</p>
	<p>Stufentest mit anschließender überwachter Stehspannungsprüfung.</p> <p>Diese etwas zeitaufwändigere Kombination der beiden oben genannten Betriebsarten ermöglicht sowohl eine normgerechte Prüfung als auch eine fundierte Zustandsbewertung des untersuchten Kabels.</p>

Direkt im Anschluss an die Auswahl der Betriebsart erfolgt die Eingabe der Kabelnummer mittels Bildschirmtastatur.



Eine möglichst exakte Eingabe der Kabelnummer erleichtert später bei der Berichterstellung und Archivierung des Messdatensatzes in der Protokollsoftware die Zuordnung zum Kabel. Ist eine solche Weiterverarbeitung nicht vorgesehen, kann auf die Eingabe der Kabelnummer verzichtet werden.

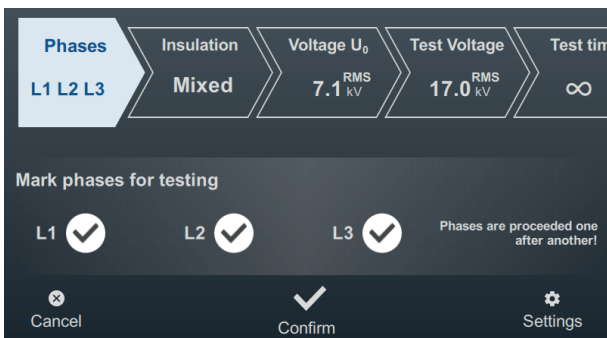
Unabhängig davon, ob eine Kabelnummer eingegeben wurde oder nicht, ist eine Bestätigung über ✓ erforderlich.

Messparameter einstellen



Bei Aufruf einer Betriebsart werden automatisch die Messparameter der vorangegangenen Messung voreingestellt. Dies ermöglicht bei aufeinanderfolgenden Prüfungen an Kabelsystemen der gleichen Bauart eine schnellere Vorbereitung der Messung.

Nach Start der Betriebsart und Eingabe der Kabelnummer müssen in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten die Messparameter spezifiziert werden.




An der Oberseite des Bildschirms werden alle erforderlichen Messparameter und deren aktuelle Werte angezeigt, wobei das Segment des momentan aktiven Messparameters farbig gekennzeichnet ist.


Nachdem dieser wie gewünscht eingestellt wurde, muss die Einstellung mit ✓ bestätigt werden, um zum nächsten Schritt zu gelangen. Durch Antippen des jeweiligen Segments kann im Verlauf des Workflows jederzeit direkt zu einem der Messparameter gesprungen werden, wenn zum Beispiel eine zuvor getätigte Einstellung angepasst werden muss.

Je nach gewählter Betriebsart müssen einige oder alle der folgenden Messparameter vor Beginn der Prüfung eingestellt werden:

Parameter	Beschreibung
Phasen	<p>Die Phasenauswahl ist entsprechend der tatsächlichen Anschlusssituation vorzunehmen. Sie dient der eindeutigen Zuordnung des Messdatensatzes bei einer späteren Weiterverarbeitung.</p> <p>Bei der überwachten Stehspannungsprüfung können zum Zweck der Zeiterparnis mehrere Phasen gebrückt und gleichzeitig geprüft werden. Dementsprechend ist auch eine Auswahl mehrerer Phasen möglich. Sollten während der mehrphasigen Prüfung allerdings Auffälligkeiten oder Spannungsdurchschläge auftreten, können keine Rückschlüsse auf die betroffene Phase gezogen werden. In diesem Fall müssen die Phasen dann erneut einzeln geprüft werden.</p> <p>Auch beim Stufentest und der kombinierten Betriebsart können mehrere Phasen ausgewählt werden. Die Prüfung erfolgt in diese Fall aber sequentiell (in der Reihenfolge $L1 > L2 > L3$), um eine eindeutige Zuordnung der gemessenen TanDelta-Werte zu ermöglichen. Sobald die Prüfung an einer Phase abgeschlossen wurde, fordert die Software automatisch zum Anschluss der nächsten Phase auf. Anschließend kann die Prüfung ohne weitere Einstellungen an dieser Phase fortgesetzt werden.</p>
Isolation	<p>[Nur bei Stufentest und kombinierter Betriebsart einstellbar]</p> <p>Isolationstyp des angeschlossenen Kabels.</p> <p>Dieser wird zur automatischen Bewertung der Messergebnisse benötigt. Wenn eine automatische Bewertung gewünscht wird, ist darauf zu achten, dass der ausgewählte Bewertungsstandard Bewertungskriterien für den gewählten Isolationstyp enthält.</p> <p>Die Auswahl an Isolationstypen kann in den Softwareeinstellungen angepasst werden ("TanDelta-Einstellungen anpassen" auf Seite 74).</p>

Parameter	Beschreibung				
Spannung U_o	<p>[Nur bei Stufentest und kombinierter Betriebsart einstellbar]</p> <p>Nennspannung U_o des angeschlossenen Prüflings als Effektivwert.</p> <p>Anhand dieses Wertes wird die Berechnung der Spannungsstufen für den Stufentest vorgenommen.</p> <p>Die maximal einstellbare Nennspannung hängt sowohl von der maximalen Ausgangsspannung der Prüfspannungsquelle als auch von der eingestellten Anzahl an Spannungsstufen (siehe nachfolgende Tabelle) ab.</p> <p>Sollte die Nennspannung des Kabels über dem maximal einstellbaren Wert liegen, müsste dementsprechend zuerst die Anzahl der Spannungsstufen verringert werden.</p> <hr/> <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 10px;">  </div> <div> <p>Die maximal einstellbare Nennspannung hängt sowohl von der maximalen Ausgangsspannung der Prüfspannungsquelle als auch von der eingestellten Anzahl an Spannungsstufen (siehe nachfolgende Tabelle) ab.</p> <p>Sollte die Nennspannung des Kabels über dem maximal einstellbaren Wert liegen, müsste dementsprechend zuerst die Anzahl der Spannungsstufen verringert werden.</p> </div> </div> <hr/>				
Prüfspannung	<p>[Nur bei überwachtem Stehspannungsprüfung und kombinierter Betriebsart einstellbar]</p> <p>Die einzustellende Prüfspannung leitet sich aus den für die Prüfung anzuwendenden Richtlinien (z.B. anerkannten Standards, Werksnormen, Vorgaben des Auftraggebers) ab.</p> <p>Gängige Werte:</p> <table border="1" data-bbox="416 1339 1382 1429"> <tbody> <tr> <td>VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):</td> <td>3U_o</td> </tr> <tr> <td>VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)</td> <td>1,7 ... 3U_o</td> </tr> </tbody> </table> <p>Bei der kombinierten Betriebsart definiert die hier festgelegte Prüfspannung nur den Spannungspegel während des abschließenden Stehspannungstests. Die Spannungsstufen des vorab stattfindenden Stufentests ergeben sich aus der eingegebene Kabelnennspannung (siehe vorherige Zeile).</p> <p>Die Art der Prüfspannungseingabe kann in den erweiterten Messeinstellungen angepasst werden (siehe nachfolgende Tabelle).</p>	VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):	3U _o	VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)	1,7 ... 3U _o
VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):	3U _o				
VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)	1,7 ... 3U _o				

Parameter	Beschreibung	
Prüfzeit	[Nur bei überwachter Stehspannungsprüfung und kombinierter Betriebsart einstellbar]	
	Die einzustellende Prüfzeit ist entsprechend der anzuwendenden Richtlinien (z.B. anerkannten Standards, Werksnormen, Vorgaben des Auftraggebers) zu wählen.	
	Die Einstellung ∞ aktiviert den Endlos-Betrieb und erfordert eine manuelle Abschaltung durch den Nutzer.	
	Gängige Werte:	
	VLF-Prüfung (Inbetriebnahme):	15 ... 60 Minuten
	VLF-Prüfung (an gealterten Kabeln)	60 Minuten
	Bei der kombinierten Betriebsart definiert die hier festgelegte Prüfzeit nur die Dauer des abschließenden Stehspannungstests. Die Dauer des vorab stattfindenden Stufentests ergibt sich aus der Anzahl der Spannungsstufen und Messwerte (siehe nachfolgende Tabelle).	

Über den Menüpunkt  am unteren rechten Rand des Bildschirms können jederzeit die erweiterten Messeinstellungen aufgerufen werden. Die in diesem Menü enthaltenen Parameter müssen meist nur einmal bei der Erstinbetriebnahme der jeweiligen Betriebsart eingestellt werden und verbleiben dann bis zu einer erneuten Anpassung in dieser Einstellung:

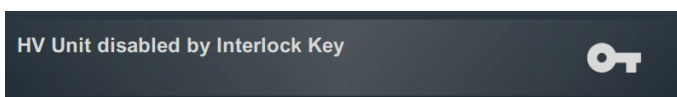
Parameter	Beschreibung	
Spannungseingabe	[Nur bei überwachter Stehspannungsprüfung und kombinierter Betriebsart einstellbar]	
	Diese Einstellung beeinflusst, auf welche Art und Weise die Prüfspannung in dieser Betriebsart eingestellt wird. Folgende Optionen stehen zur Auswahl:	
	RMS	Effektivwert der Prüfspannung wird eingestellt.
	PEAK	Spitzenwert der Prüfspannung wird eingestellt.
	Faktor	Diese Einstellung ist zu wählen, wenn die Kabel in dieser Betriebsart immer mit einem bestimmten Vielfachen ihrer Nennspannung geprüft werden (z.B. 2U ₀). Der gewünschte Faktor kann direkt darunter eingestellt werden.
	Bei der Spannungseingabe selbst muss nur noch die Kabelnennspannung U ₀ angegeben werden, aus der die Software automatisch die erforderliche Prüfspannung ermittelt.	

Parameter	Beschreibung
Frequenz	<p>Frequenz der Prüfspannung.</p> <p>Eine Einstellung auf 0,1 Hz ist unbedingt zu empfehlen, da andernfalls keine automatische Bewertung der Prüfergebnisse anhand des gewählten Bewertungsstandards erfolgt. Auch die in der einschlägigen Fachliteratur und dem relevanten Normenwerk gezogenen Schlussfolgerungen beziehen sich auf Messungen mit dieser Frequenz.</p> <p>Da die maximal zulässige Prüffrequenz von der ermittelten Kabelkapazität und der aufzubringenden Prüfspannung abhängt, kann eine Anpassung der eingestellten Prüffrequenz notwendig werden, über welche der Anwender zu Beginn der Prüfung informiert würde.</p> <p>In der Einstellung Auto wählt das System zu Beginn der Prüfung automatisch die höchstmögliche Prüffrequenz und startet die Spannungsaufbereitung anschließend ohne erneute Rückfrage.</p> <p>Wenn die Kapazität des angeschlossenen Prüflings eine Messung mit 0,1 Hz nicht lässt und eine Anpassung der Frequenz erforderlich wird, sollten verstärkt die frequenzunabhängigen Bewertungskriterien betrachtet werden. Dazu gehören u.a. die Abweichung der Absolutwerte zwischen den Phasen eines Kabelsystems und die Veränderung der Messwerte bei zunehmender Spannung ($\Delta \tan \delta$).</p> <p>Messungen mit abweichenden Frequenzen können außerdem der Erstellung eines umfassenden TanDelta-Spektrums dienen und weiteren Aufschluss über den Zustand des Prüflings geben.</p>
Anzahl der Schritte	<p>[Nur bei Stufentest und kombinierter Betriebsart einstellbar]</p> <p>Anzahl der Spannungsstufen (1 ... 8), welche die Prüfspannung im Verlauf eines Stufentests abfährt.</p> <p>Standardmäßig starten die Spannungsstufen bei $0,5U_0$ und werden mit jeder Stufe um $0,5U_0$ erhöht (Stufe 2 = $1 U_0$, Stufe 3 = $1,5U_0$, etc.). Bei Bedarf können die Pegel der einzelnen Stufen in den Softwareeinstellungen aber auch angepasst werden ("TanDelta-Einstellungen anpassen" auf Seite 74).</p> <p>Wird eine automatische Bewertung der Messergebnisse gewünscht, muss sichergestellt werden, dass alle für den ausgewählten Bewertungsstandard (siehe unten) erforderlichen Spannungsstufen durchlaufen werden. Wenn sich der $\Delta \tan \delta$ zum Beispiel aus den Werten der Spannungsstufen $1U_0$ und $2U_0$ errechnet, müssen also mindesten vier Spannungsstufen durchlaufen werden.</p>

Parameter	Beschreibung
Werte pro Schritt	<p>[Nur bei Stufentest und kombinierter Betriebsart einstellbar]</p> <p>Anzahl TanDelta-Messwerte (1 ... 20) pro Spannungsstufe.</p> <p>Es sollten nach Möglichkeit mindestens 8 Messwerte pro Spannungsstufe aufgezeichnet werden, um eine gute statistische Sicherheit für den errechneten TanDelta-Mittelwert zu erlangen. Je mehr Messwerte eingestellt werden, desto verlässlicher wird der ermittelte Mittelwert. Jedoch steigt damit auch die Belastung des Prüflings. Da eine zerstörungsfreie Diagnose angestrebt wird, ist, insbesondere bei hohen Prüfspannungen, eine möglichst geringe Anzahl von Messwerten einzustellen (empfohlen werden 8 bis 10 Werte).</p>
Standard	<p>Der für die automatische Bewertung der Messergebnisse zu verwendende Bewertungsstandard.</p> <p>Wird keine automatische Bewertung gewünscht, ist die Einstellung Keine zu wählen.</p> <p>Ab Werk sind bereits etablierte Bewertungsstandards in der Software hinterlegt. Bei Bedarf können über die Softwareeinstellungen aber auch benutzerdefinierte Bewertungsstandards mit eigenen Bewertungsschwellwerten importiert werden ("TanDelta-Bewertungsstandards verwalten" auf Seite 74).</p>

Prüfung starten

Nach Bestätigung des letzten Messparameters müssen die errechneten Spannungsstufen (nur beim Stufentest und der kombinierten Betriebsart) und die aktuell angeschlossene Prüflingsphase bestätigt werden. Im Anschluss daran bereitet die Prüfanlage die Messung vor und überprüft, ob alle Bedingungen für die Hochspannungsfreigabe erfüllt sind. Sollte dies nicht der Fall sein, wird das festgestellte Problem im Display signalisiert und muss vor Beginn der Messung beseitigt werden ("Hochspannungssteuerung" auf Seite 33).



Wurde kein Problem festgestellt oder dieses beseitigt, verbleiben 10 Sekunden Zeit, um über den „HV ON“-Taster **5** die Hochspannung freizugeben.

Zu Beginn einer Prüfung wird eine Lastermittlung durchgeführt. Sollte die Lastcharakteristik (Kapazität und Isolationswiderstand) eine Prüfung mit den eingestellten Prüfparametern nicht zulassen, so wird dies über eine Systemmeldung auf dem Bildschirm angezeigt.

Sollte dies möglich sein, wird angeboten, die Prüfung mit einer niedrigeren Prüffrequenz durchzuführen. Die Prüfung kann daraufhin entweder abgebrochen oder mit angepasster Frequenz gestartet werden. In der Frequenz-Einstellung **Auto** wird eine solche Anpassung ohne Rückfrage vorgenommen.



Wird die Prüfung mit einer von 0,1 Hz abweichenden Frequenz durchgeführt, kann keine automatische Bewertung der Messergebnisse vorgenommen werden.

7.2.2 Verlauf und Abschluss der TanDelta-Messung

Verlauf der Prüfung


Während der Prüfung verweilt die Software im Übersichtsbildschirm.


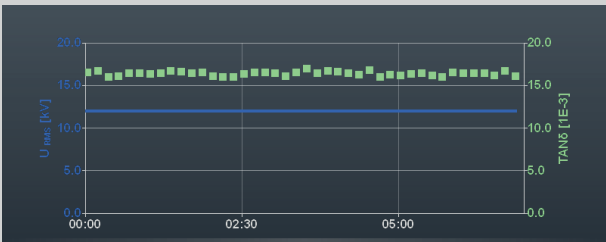

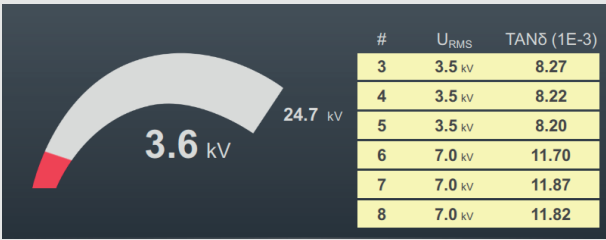


Dieser zeigt neben der aktuellen Prüfspannung und der verbleibenden Prüfdauer (bzw. den verbleibenden Messwerten beim Stufentest) auch noch die folgenden Messwerte an:

Symbol	Beschreibung
	Zu Beginn der Prüfung ermittelter Isolationswiderstand
	Zu Beginn der Prüfung ermittelte Lastkapazität
	Tatsächliche Prüffrequenz (Sinus- und Rechteck-Betrieb)
$\text{TAN } \delta_{1E-3}$	Zuletzt gemessener TanDelta-Wert in Exponentialschreibweise (10^{-3}).

Über die Menüpunkte am unteren Rand des Bildschirms können im Verlauf der Prüfung bei Bedarf auch die folgenden Ansichten aufgerufen werden:

Menüpunkt	Diagrammtyp
	Zeitlicher Verlauf der Prüfspannung und der TanDelta-Werte über die zurückliegenden 60 Sekunden.

Menüpunkt	Diagrammtyp																					
	<p>Zeitlicher Verlauf vom Effektivwert der Prüfspannung und den gemessenen TanDelta-Werten über die gesamte Prüfungsdauer hinweg.</p> 																					
	<p>Tabellarische Übersicht über die letzten 6 gemessenen TanDelta-Messwerte.</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>#</th> <th>U_{RMS}</th> <th>TANδ (1E-3)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>3.5 kV</td> <td>8.27</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>3.5 kV</td> <td>8.22</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>3.5 kV</td> <td>8.20</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>7.0 kV</td> <td>11.70</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>7.0 kV</td> <td>11.87</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>7.0 kV</td> <td>11.82</td> </tr> </tbody> </table> <p>Durch Drehen des Drehgebers oder eine Wischgeste kann nach oben bzw. unten durch die Tabelle gescrollt werden.</p>	#	U _{RMS}	TANδ (1E-3)	3	3.5 kV	8.27	4	3.5 kV	8.22	5	3.5 kV	8.20	6	7.0 kV	11.70	7	7.0 kV	11.87	8	7.0 kV	11.82
#	U _{RMS}	TANδ (1E-3)																				
3	3.5 kV	8.27																				
4	3.5 kV	8.22																				
5	3.5 kV	8.20																				
6	7.0 kV	11.70																				
7	7.0 kV	11.87																				
8	7.0 kV	11.82																				

Phasenwechsel im Verlauf der Prüfung

Wenn mehrere Phasen ausgewählt wurden und bei der Prüfung der aktuellen Phase kein Spannungsdurchschlag erfolgte, fordert das System nach Durchlauf der Spannungsstufen bzw. nach Ablauf der Prüfzeit automatisch zum Anschluss der nächsten Phase auf.

In diesem Fall ist der elektrische Anschluss unter Berücksichtigung der fünf Sicherheitsregeln entsprechend anzupassen ("Sicherheitshinweise" auf Seite 9).

Nach dem Wechsel der Phase muss die Hochspannung erneut freigegeben werden.

Abschluss der Prüfung

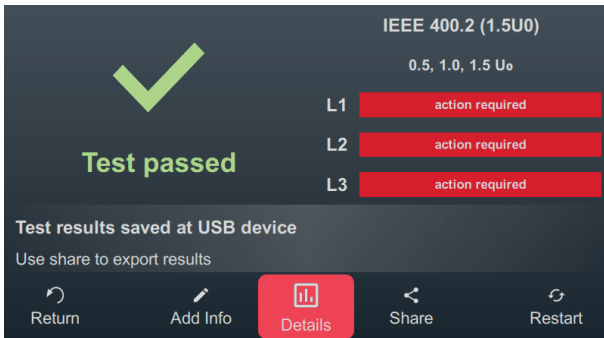
Nach Prüfung aller ausgewählten Phasen wird die Hochspannung abgeschaltet. Die Prüfung gilt in diesem Fall unabhängig von den gemessenen TanDelta-Werten als bestanden.

Wird hingegen im Verlauf der Prüfung ein Spannungsdurchschlag festgestellt, was ebenfalls zum Abbruch der Prüfung und zur Abschaltung der Hochspannung führt, sind weitere diagnostische Untersuchungen am Kabel und gegebenenfalls eine Fehlerortung vorzunehmen. Ergänzend zur Abschaltursache wird auch die Spannung angezeigt, bei welcher der Durchschlag erfolgte.







Neben den genannten Ursachen für eine automatische Abschaltung kann die Prüfung auch jederzeit manuell über die Schaltfläche **HV aus** oder die Taster und Schalter auf der Frontplatte beendet werden ("Hochspannungssteuerung" auf Seite 33).

Im oberen Bereich des Bildschirms wird nach Abschluss der Messung angezeigt, ob die Prüfung erfolgreich bestanden wurde oder ob es im Verlauf der Prüfung zu einem Spannungsdurchschlag kam.


Beim Stufentest und der kombinierten Betriebsart werden im rechten Bereich des Bildschirms außerdem die aus den TanDelta-Messwerten abgeleiteten Handlungsempfehlungen angezeigt (wenn alle Kriterien für eine automatische Bewertung erfüllt wurden).

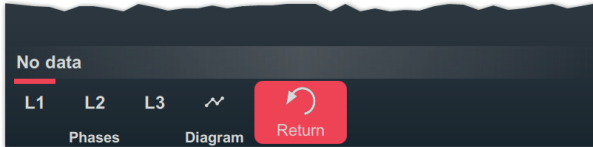


Für das weitere Vorgehen stehen im unteren Bereich des Bildschirms die folgenden Schaltflächen bereit:

Schaltfläche	Funktion
	Prüfung beenden und zum Menübildschirm zurückkehren.
	Ermöglicht die Eingabe eines Kommentars zur Messung. Dieser wird mit im Messdatensatz gespeichert und anschließend sowohl in der Aktivitätsliste als auch in der Protokollsoftware mit angezeigt ("Messdaten verwalten und weiterverarbeiten" auf Seite 67).
	Im Anschluss an einen überwachten Stehspannungstest können über diese Schaltfläche nochmal die während der Prüfung aufgezeichneten Diagramme (siehe vorangegangene Tabelle) zur Ansicht gebracht werden. Im Anschluss an einen Stufentest und die kombinierte Betriebsart können über diese Schaltfläche zusätzliche Diagramme zur Analyse der spannungsabhängigen Veränderung der Messwerte aufgerufen werden ("Analyse und Bewertung der Stufentest-Messergebnisse" auf der gegenüberliegenden Seite).
	Messdaten auf einen eingesteckten USB-Stick exportieren. <hr/>  Sollte zum Abschluss der Prüfung ein USB-Stick im Gerät eingesteckt sein, werden die Messdaten automatisch auf diesem USB-Stick gespeichert. <hr/>
	Erneuter Start der Prüfung mit den gleichen Prüfparametern.


7.2.3 Analyse und Bewertung der Stufentest-Messergebnisse

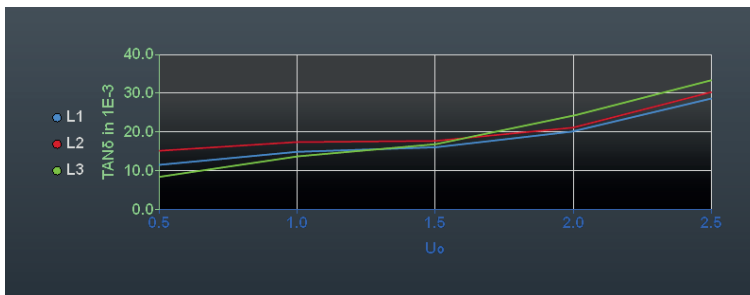
Im Anschluss an einen TanDelta-Stufentest können über die Schaltfläche  zusätzliche Diagramme aufgerufen werden, die eine eingehende Analyse und Bewertung der Messergebnisse gestatten. Der Aufruf der einzelnen Diagramme erfolgt über die Schaltflächen am unteren Rand des Bildschirms.



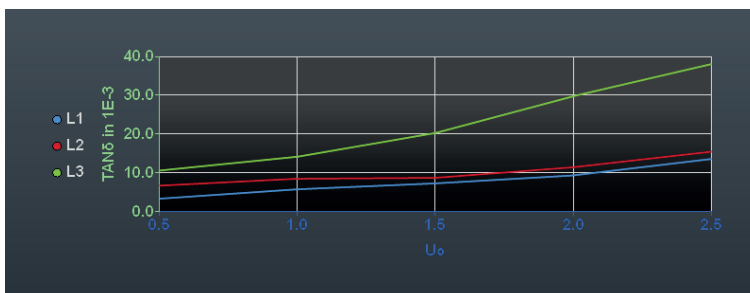
Sollte direkt nach der Messung keine Zeit für die Analyse der Messergebnisse verbleiben, können die Diagramme zu einem späteren Zeitpunkt auch erneut geladen oder die Analyse mit der Protokollsoftware MeggerBook am PC vorgenommen werden ("Messdaten verwalten und weiterverarbeiten" auf Seite 67).

Trend-Diagramm

Über die Schaltfläche  kann das Trend-Diagramm der TanDelta-Mittelwerte aufgerufen werden, das sich sehr gut für eine manuelle Identifikation auffällig großer Veränderungen zwischen den einzelnen Spannungsstufen eignet.



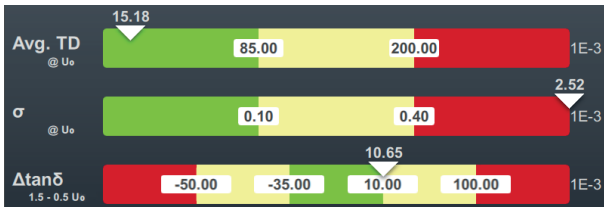
Zudem lassen sich anhand dieses Diagramms auch sehr gut Probleme in der Isolierung einzelner Leiter identifizieren. In der Regel unterliegen alle drei Leiter gleichen Bedingungen. Sie haben die gleiche Anzahl von Garnituren und unterliegen den gleichen Umwelteinflüssen. Durch zeitnahe Messungen kann auch eine annähernd gleiche Kabeltemperatur gewährleistet werden. Demzufolge sollten die Mittelwerte der drei Phasen nahezu identisch sein. Deutliche Abweichungen nach oben lassen auf einen schlechteren Zustand der betroffenen Phase schließen.



Bewertungsdiagramme für die Einzelphasen

[Nur verfügbar, wenn eine automatische Bewertung vorgenommen werden konnte und die jeweilige Phase gemessen wurde]

Über die Schaltflächen **L1**, **L2** und **L3** können die Bewertungsdiagramme für die einzelnen Phasen aufgerufen werden.



Die folgenden drei Bewertungskriterien werden bei der Bewertung der Messergebnisse berücksichtigt:

Kriterium	Beschreibung
Avg. TD	Mittelwert der gemessenen $\tan\delta$ -Werte bei einer bestimmten Spannungsstufe.
σ	Standardabweichung bei einer bestimmten Spannungsstufe. Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der $\tan\delta$ -Einzelwerte um den Mittelwert der jeweiligen Stufe.
$\Delta \tan \delta$	Differenz der Mittelwerte zweier bestimmter Spannungsstufen. Der $\Delta \tan \delta$ ist das wichtigste Kriterium für eine aussagekräftige Zustandsbewertung der Isolation und spiegelt die Spannungsabhängigkeit der Messwerte wider.

Die Schwellwerte und die Spannungsstufen ergeben sich aus dem eingestellten Bewertungsstandard ("TanDelta-Bewertungsstandards verwalten" auf Seite 74). Die Position des weißen Dreiecks über dem jeweiligen Balken zeigt an, ob der für diese Messung ermittelte Wert vom gewählten Bewertungsstandard als unauffällig (grün), auffällig (gelb) oder kritisch (rot) eingestuft wird.

Die Handlungsempfehlung für die jeweilige Phase wird unterhalb des Diagramms angezeigt und folgt immer dem am schlechtesten bewerteten Kriterium:

Handlungsempfehlung	Beschreibung
Kein Handlungsbedarf	Für alle drei Kriterien wurden unauffällige Werte ermittelt und das Kabel sollte weiterhin im üblichen Prüfintervall geprüft werden.
Weitere Untersuchungen empfohlen	Für mindestens ein Bewertungskriterium wurde ein auffälliger Wert ermittelt. Es sollten mittelfristig weitere Untersuchungen an dem Kabel vorgenommen werden.
Handlungsbedarf	Für mindestens ein Bewertungskriterium wurde ein kritischer Wert ermittelt. Es sollten umgehend weitere Untersuchungen und gegebenenfalls auch Reparaturen an dem Kabel vorgenommen werden.

7.3 Mantelprüfung / Mantelfehlerortung



7.3.1 Mantelprüfung

Eine Mantelprüfung gibt Aufschluss über die Verlegequalität des Kabels und die Montagequalität der Garnituren. Während eine Mantelprüfung nach Neuverlegung und Reparatur obligatorisch sein sollte, kann auch eine regelmäßige Wiederholung der Maßnahme durchaus Sinn machen.

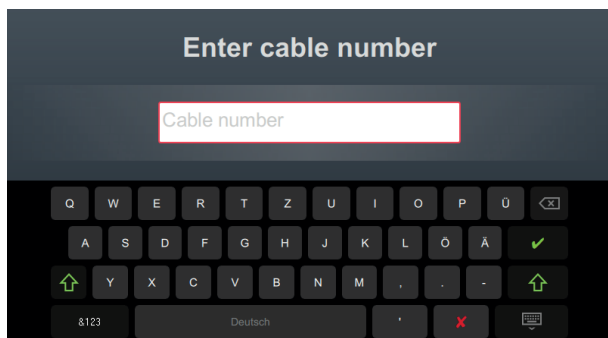
Die Prüfung kann mit einer negativen Gleichspannung von bis zu 20 kV vorgenommen werden, welche auch die Prüfung an Kabeln mit dickerem Außenmantel (wie z.B. Kabel mit einer Nennspannung von 230 kV) erlaubt. Sollte im Verlauf einer Mantelprüfung ein Spannungsdurchschlag auftreten oder die gemessenen Ableitströme auf einen Mantelfehler hindeuten, kann direkt im Anschluss an die Prüfung mit der Nachortung des Mantelfehlers begonnen werden ("Mantelfehlerortung" auf Seite 62).

7.3.1.1 Mantelprüfung vorbereiten und starten


Betriebsart auswählen und Kabelnummer eingeben

Der direkte Aufruf der Betriebsart erfolgt aus dem Startmenü heraus über  > .

Direkt im Anschluss an den Aufruf der Betriebsart erfolgt die Eingabe der Kabelnummer mittels Bildschirmtastatur.



Eine möglichst exakte Eingabe der Kabelnummer erleichtert später bei der Berichterstellung und Archivierung des Messdatensatzes in der Protokollsoftware die Zuordnung zum Kabel. Ist eine solche Weiterverarbeitung nicht vorgesehen, kann auf die Eingabe der Kabelnummer verzichtet werden.

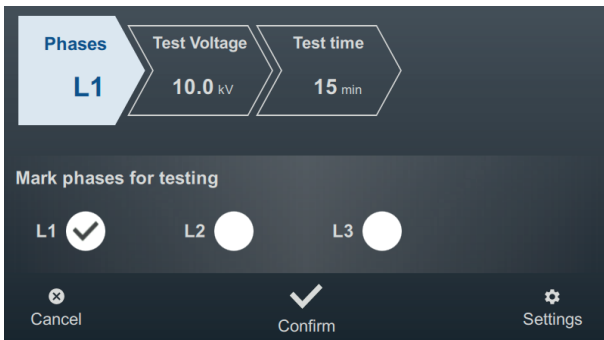
Unabhängig davon, ob eine Kabelnummer eingegeben wurde oder nicht, ist eine Bestätigung über  erforderlich.

Messparameter einstellen



Bei Aufruf einer Betriebsart werden automatisch die Messparameter der vorangegangenen Messung voreingestellt. Dies ermöglicht bei aufeinanderfolgenden Prüfungen an Kabelsystemen der gleichen Bauart eine schnellere Vorbereitung der Messung.

Nach Start der Betriebsart und Eingabe der Kabelnummer müssen in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten die Messparameter spezifiziert werden.



An der Oberseite des Bildschirms werden alle erforderlichen Messparameter und deren aktuelle Werte angezeigt, wobei das Segment des momentan aktiven Messparameters farblich gekennzeichnet ist.

Nachdem dieser wie gewünscht eingestellt wurde, muss die Einstellung mit ✓ bestätigt werden, um zum nächsten Schritt zu gelangen. Durch Antippen des jeweiligen Segments kann im Verlauf des Workflows jederzeit direkt zu einem der Messparameter gesprungen werden, wenn zum Beispiel eine zuvor getätigte Einstellung angepasst werden muss.

Die folgenden Messparameter müssen vor Beginn der Prüfung eingestellt werden:

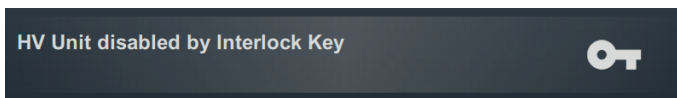
Parameter	Beschreibung						
Phasen	<p>Die Phasenauswahl ist entsprechend der tatsächlichen Anschlusssituation vorzunehmen. Sie dient der eindeutigen Zuordnung des Messdatensatzes bei einer späteren Weiterverarbeitung.</p> <p>Sollten aus Zeitgründen mehrere Phasen gebrückt und gleichzeitig geprüft werden, ist auch eine Auswahl mehrerer Phasen möglich. Sollten während der mehrphasigen Prüfung auffälligkeiten oder Spannungsdurchschläge auftreten, können keine Rückschlüsse auf die betroffene Phase gezogen werden. In diesem Fall müssen die Phasen dann erneut einzeln geprüft werden.</p>						
Prüfspannung	<p>Die einzustellende Prüfspannung leitet sich aus den für die Prüfung anzuwendenden Richtlinien (z.B. anerkannten Standards, Werksnormen, Vorgaben des Auftraggebers) ab.</p> <p>Gängige Werte:</p> <table border="1"> <tr> <td>PVC-Kabel</td> <td>≤3 kV</td> </tr> <tr> <td>PE-Mittelspannungskabel</td> <td>≤5 kV</td> </tr> <tr> <td>PE-Hochspannungskabel</td> <td>≤10 kV</td> </tr> </table>	PVC-Kabel	≤3 kV	PE-Mittelspannungskabel	≤5 kV	PE-Hochspannungskabel	≤10 kV
PVC-Kabel	≤3 kV						
PE-Mittelspannungskabel	≤5 kV						
PE-Hochspannungskabel	≤10 kV						
Prüfzeit	<p>Die Prüfdauer kann in einem Bereich von 1 bis 15 Minuten angegeben werden. In einschlägigen Normen wird die Prüfdauer einer Mantelprüfung je nach Kabeltyp mit 1 bis 5 Minuten angegeben.</p>						


Über den Menüpunkt  am unteren rechten Rand des Bildschirms können jederzeit die erweiterten Messeinstellungen aufgerufen werden. Die in diesem Menü enthaltenen Parameter müssen meist nur einmal bei der Erstinbetriebnahme der jeweiligen Betriebsart eingestellt werden und verbleiben dann bis zu einer erneuten Anpassung in dieser Einstellung:

Parameter	Beschreibung
Rampenmodus	<p>Umschaltung zwischen manuellem und automatischem Spannungsanstieg.</p> <p>In der Einstellung Auto beginnt die Prüfanlage nach der Hochspannungsfreigabe sofort mit der Spannungsaufbereitung und lädt den Prüfling automatisch bis zur eingestellten Obergrenze auf.</p> <p>In der Einstellung Manuell muss die Spannung mit Hilfe des Drehgebers hochgefahren werden. Dies ermöglicht eine schrittweise Steigerung und erleichtert somit z.B. die Bewertung plötzlicher Stromschwankungen.</p>

Prüfung starten

Nach Bestätigung des letzten Messparameters bereitet die Prüfanlage die Messung vor und überprüft, ob alle Bedingungen für die Hochspannungsfreigabe erfüllt sind. Sollte dies nicht der Fall sein, wird das festgestellte Problem im Display signalisiert und muss vor Beginn der Messung beseitigt werden ("Hochspannungssteuerung" auf Seite 33).



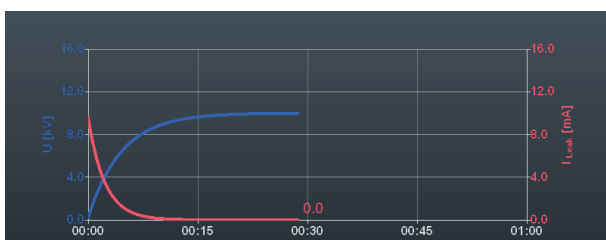
Wurde kein Problem festgestellt oder dieses beseitigt, verbleiben 10 Sekunden Zeit, um über den „HV ON“-Taster  die Hochspannung freizugeben.

7.3.1.2 Verlauf und Abschluss der Mantelprüfung

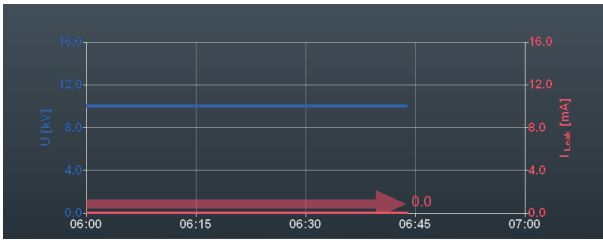
Verlauf der Prüfung

Im automatischem Modus startet die Spannungsaufbereitung direkt im Anschluss an die Hochspannungsfreigabe automatisch. Wurde stattdessen die manuelle Spannungseinstellung aktiviert, muss zuerst über den Menüpunkt **U** die gewünschte Spannung eingestellt und bestätigt werden.

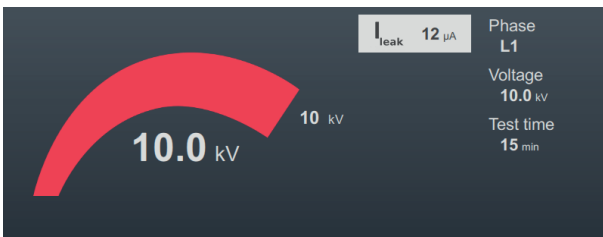
Während der Prüfung verweilt die Software im Diagrammbildschirm.



Ab etwa 90 Sekunden Prüfzeit wird zusätzlich permanent ein roter Pfeil im Diagramm angezeigt, der den Trend des gemessenen Ableitstroms anzeigt (aktueller Messwert im Vergleich zu dem nach Abschluss des Ladevorgangs gemessenen Wert).



Über die Schaltfläche kann die Ansicht auf den Übersichtsbildschirm umgeschaltet werden. Dieser zeigt neben der aktuellen Prüfspannung auch den aktuellen Ableitstrom-Messwert an.



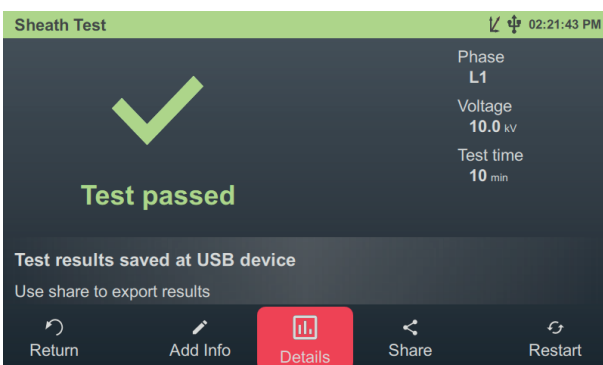
Abschluss der Prüfung

Nach Ablauf der definierten Prüfzeit wird die Prüfung automatisch beendet und die Hochspannung abgeschaltet. Die Prüfung gilt in diesem Fall als bestanden.







Wenn im Verlauf der Prüfung ein Spannungsdurchschlag stattfindet oder die gemessenen Ableitstromwerte über den durch den Kabeleigentümer festgelegten Grenzwerten liegen, sind weitere diagnostische Untersuchungen am Kabel und gegebenenfalls eine Fehlerortung vorzunehmen.

Neben der automatischen Abschaltung im Falle eines Spannungsdurchschlags kann die Prüfung auch jederzeit manuell über die Schaltfläche **HV aus** oder die Taster und Schalter auf der Frontplatte beendet werden ("Hochspannungssteuerung" auf Seite 33).

Nach Abschluss der Prüfung wird im oberen Bereich des Bildschirms nochmal über die Prüfparameter und die Abschaltursache informiert:



Für das weitere Vorgehen stehen im unteren Bereich des Bildschirms die folgenden Schaltflächen bereit:

Schaltfläche	Funktion
	Prüfung beenden und zum Menübildschirm zurückkehren.
	Ermöglicht die Eingabe eines Kommentars zur Messung. Dieser wird mit im Messdatensatz gespeichert und anschließend sowohl in der Aktivitätsliste als auch in der Protokollsoftware mit angezeigt ("Messdaten verwalten und weiterverarbeiten" auf Seite 67).
	Anzeige von Strom- und Spannungsverlauf der letzten Minute vor Abschaltung.
	Messdaten auf einen eingesteckten USB-Stick exportieren.  Sollte zum Abschluss der Prüfung ein USB-Stick im Gerät eingesteckt sein, werden die Messdaten automatisch auf diesem USB-Stick gespeichert.
	Erneuter Start der Prüfung mit den gleichen Prüfparametern.



7.3.2 Mantelfehlerortung

Einführung

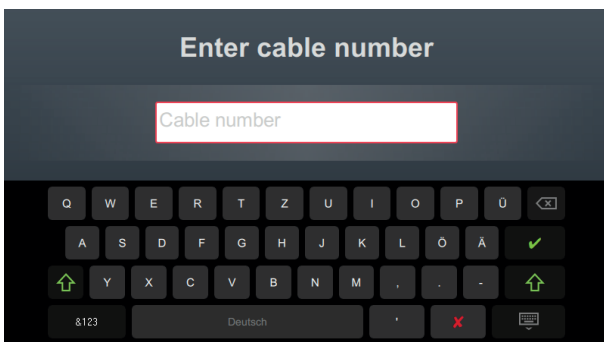
Während der Mantelfehlerortung werden mit einer einstellbaren Taktrate Gleichstromimpulse in den erdschlussbehafteten Schirm eingekoppelt.

Mit jedem eingekoppelten Impuls bildet der ins Erdreich abfließende Strom um die Austrittsstelle (Fehlerstelle im Mantel) einen Spannungstrichter, dessen Zentrum mit Hilfe eines Erdschlusssuchgerätes und den dazugehörigen Erdspießen punktgenau lokalisiert werden kann (Schrittspannungsmethode).


Betriebsart auswählen und Kabelnummer eingeben

Der direkte Aufruf der Betriebsart erfolgt aus dem Startmenü heraus über  > .

Direkt im Anschluss an den Aufruf der Betriebsart erfolgt die Eingabe der Kabelnummer mittels Bildschirmtastatur.



Eine möglichst exakte Eingabe der Kabelnummer erleichtert später bei der Berichterstellung und Archivierung des Messdatensatzes in der Protokollsoftware die Zuordnung zum Kabel. Ist eine solche Weiterverarbeitung nicht vorgesehen, kann auf die Eingabe der Kabelnummer verzichtet werden.

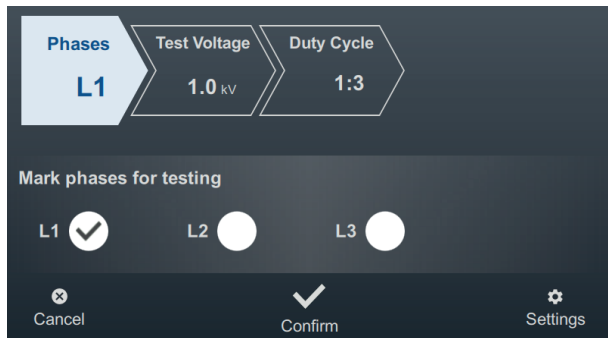
Unabhängig davon, ob eine Kabelnummer eingegeben wurde oder nicht, ist eine Bestätigung über  erforderlich.

Messparameter einstellen



Bei Aufruf einer Betriebsart werden automatisch die Messparameter der vorangegangenen Messung voreingestellt. Dies ermöglicht bei aufeinanderfolgenden Prüfungen an Kabelsystemen der gleichen Bauart eine schnellere Vorbereitung der Messung.

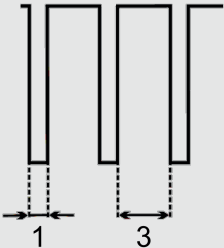
Nach Start der Betriebsart und Eingabe der Kabelnummer müssen in mehreren aufeinanderfolgenden Schritten die Messparameter spezifiziert werden.




An der Oberseite des Bildschirms werden alle erforderlichen Messparameter und deren aktuelle Werte angezeigt, wobei das Segment des momentan aktiven Messparameters farblich gekennzeichnet ist.

Nachdem dieser wie gewünscht eingestellt wurde, muss die Einstellung mit ✓ bestätigt werden, um zum nächsten Schritt zu gelangen. Durch Antippen des jeweiligen Segments kann im Verlauf des Workflows jederzeit direkt zu einem der Messparameter gesprungen werden, wenn zum Beispiel eine zuvor getätigte Einstellung angepasst werden muss.

Die folgenden Messparameter müssen vor Beginn der Prüfung eingestellt werden:

Parameter	Beschreibung						
Phasen	Über die Phasenauswahl ist entsprechend der tatsächlichen Anschlusssituation die fehlerbehaftete Phase des Prüflings zu wählen. Die Auswahl dient der eindeutigen Zuordnung des Messdatensatzes bei einer späteren Weiterverarbeitung.						
Prüfspannung	Die einzustellende Ausgangsspannung leitet sich aus den für die Prüfung anzuwendenden Richtlinien (z.B. anerkannten Standards, Werksnormen, Vorgaben des Auftraggebers) ab. Gängige Werte: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>PVC-Kabel</td> <td>≤3 kV</td> </tr> <tr> <td>PE-Mittelspannungskabel</td> <td>≤5 kV</td> </tr> <tr> <td>PE-Hochspannungskabel</td> <td>≤10 kV</td> </tr> </table>	PVC-Kabel	≤3 kV	PE-Mittelspannungskabel	≤5 kV	PE-Hochspannungskabel	≤10 kV
PVC-Kabel	≤3 kV						
PE-Mittelspannungskabel	≤5 kV						
PE-Hochspannungskabel	≤10 kV						
Taktung	Taktung des Gleichstromimpulses. Die Taktung wird als Verhältnis von Pulsdauer zu Pausendauer angegeben (jeweils in Sekunden). Beispiel: Bei einer Taktrate von 1:3 folgt auf jeden Gleichstromimpuls mit der Dauer von 1 Sekunde eine Pause von 3 Sekunden bis zum nächsten Impuls. 						

Über den Menüpunkt  am unteren rechten Rand des Bildschirms können jederzeit die erweiterten Messeinstellungen aufgerufen werden. Die in diesem Menü enthaltenen Parameter müssen meist nur einmal bei der Erstnutzung der jeweiligen Betriebsart eingestellt werden und verbleiben dann bis zu einer erneuten Anpassung in dieser Einstellung:

Parameter	Beschreibung
Rampenmodus	<p>Umschaltung zwischen manuellem und automatischem Spannungsanstieg.</p> <p>In der Einstellung Auto beginnt die Prüfanlage nach der Hochspannungsfreigabe sofort mit der Spannungsaufbereitung und lädt den Prüfling automatisch bis zur eingestellten Obergrenze auf.</p> <p>In der Einstellung Manuell muss die Spannung mit Hilfe des Drehgebers hochgefahren werden.</p>

Ortung durchführen



WARNUNG

Gefahr durch elektrischen Schlag

Messsystem und Umgebung vor dem Zugriff durch Unbefugte schützen.

Die Sicherheit des in Betrieb befindlichen Messsystems ist durch den Arbeitsverantwortlichen gemäß geltender Sicherheitsvorschriften und Richtlinien auch während der Leitungs- und Fehlerortung dauerhaft zu gewährleisten.

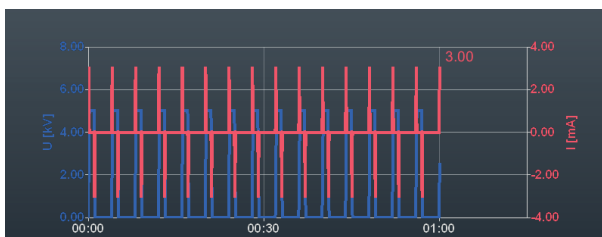
Gehen Sie nach Einstellung der Messparameter wie folgt vor, um die Position des Mantelfehlers zu orten:

1. Bestätigen Sie die Einstellung der Messparameter mit .

Ergebnis: Die Prüfanlage bereitet die Messung vor und überprüft, ob alle Bedingungen für die Hochspannungsfreigabe erfüllt sind. Sollte dies nicht der Fall sein, wird das festgestellte Problem im Display signalisiert und muss vor Beginn der Messung beseitigt werden ("Hochspannungssteuerung" auf Seite 33).

2. Drücken Sie den grün leuchtenden „HV ON“-Taster.

Ergebnis: Im automatischen Modus startet die Spannungsaufbereitung direkt im Anschluss an die Hochspannungsfreigabe automatisch. Wurde stattdessen die manuelle Spannungseinstellung aktiviert, muss zuerst über den Menüpunkt **U** die gewünschte Spannung eingestellt und bestätigt werden. Mit Einsetzen der Gleichstromimpulse wird der Verlauf von Strom und Spannung im Diagramm angezeigt.



3. Lokalisieren Sie den Mantelfehler mit Hilfe eines Erdschlusssuchgerätes (z.B. ESG NT2).



Detaillierte Hinweise zur Bedienung des Erdschlusssuchgerätes sind der dazugehörigen Bedienungsanleitung zu entnehmen.

4. Beenden Sie nach Abschluss der Fehlersuche die Messung über die Schaltfläche **HV aus** oder die Taster und Schalter auf der Frontplatte.

7.4 Teilentladungsdiagnose (TE-Messsystem erforderlich)


In Kombination mit einem geeigneten TE-Messsystem lässt sich die Prüfanlage auch zur normgerechten Teilentladungsdiagnose einsetzen ("Lieferumfang und Zubehör" auf Seite 17). Die Steuerung der Anlage und die Bewertung der Messergebnisse erfolgt dabei über ein mit der erforderlichen Software ausgestattetes Notebook.



Detaillierte Hinweise zum elektrischen Anschluss und zur Durchführung einer Teilentladungsdiagnose entnehmen Sie bitte dem Bedienhandbuch des verwendeten TE-Messsystems.

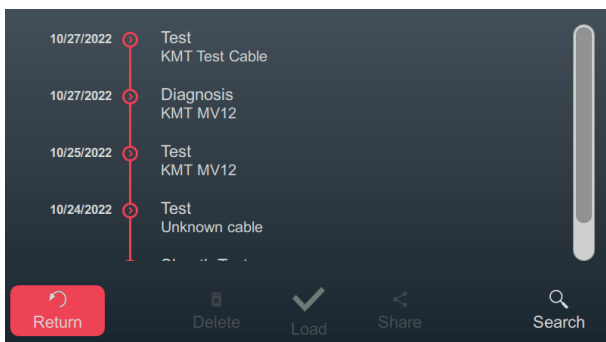
8 Messdaten verwalten und weiterverarbeiten

8.1 Messdaten verwalten und exportieren


Über die Schaltfläche  kann direkt aus dem Startbildschirm eine Übersicht der bisherigen Messaktivitäten aufgerufen werden.

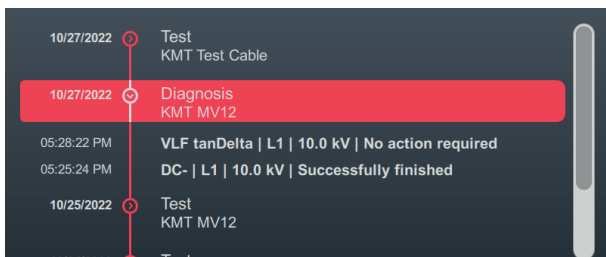
Navigation innerhalb der Aktivitätsliste

Die Messdatensätze sind in chronologisch geordneten Verzeichnissen zusammengefasst, deren Bezeichnung Auskunft über die Art der vorgenommenen Messungen sowie den Namen des geprüften Kabels gibt.



Aufeinanderfolgende Messungen werden solange im gleichen Verzeichnis abgelegt, bis entweder vor Beginn der Messung ein anderer Kabelname angegeben oder die Prüfanlage ausgeschaltet wird. Im Normalfall werden also alle hintereinander weg an einem Kabel durchgeführten Messungen in einem Verzeichnis zusammengefasst.

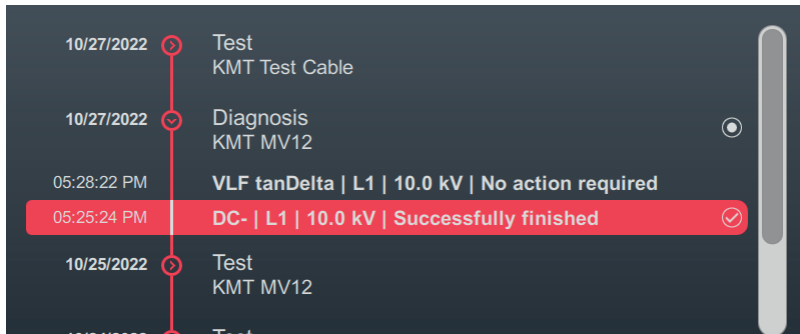
Durch Drehen des Drehgebers kann das gewünschte Verzeichnis ausgewählt werden. Um das aktuell ausgewählte Verzeichnis zu öffnen, ist die Schaltfläche  anzutippen.



Dadurch werden alle in diesem Verzeichnis enthaltenen Messdatensätze und die dazugehörigen Metadaten (Uhrzeit, Betriebsart, Phase, Spannung und Kommentar des Prüfers) sichtbar.

Messdatensätze markieren


Um bestimmte Messdatensätze exportieren oder verwalten zu können, müssen die Einträge zuerst markiert werden. Dazu ist durch Drehen des Drehgebers zuerst der gewünschte Messdatensatz auszuwählen und anschließend durch Drücken des Drehgebers zu markieren. Ein markierter Eintrag wird durch eine aktivierte Checkbox gekennzeichnet.



Für das Markieren von Messdatensätzen gilt:




- Es können mehrere Einträge aus der Liste markiert werden (auch über verschiedene Verzeichnisse hinweg).
- Indem ein Verzeichnis ausgewählt und anschließend der Drehgeber gedrückt wird, können alle in diesem Verzeichnis enthaltenen Einträge markiert werden.

Suche nach Kabelnummer

Um zum Beispiel schnell zurückliegende Messungen eines bestimmten Kabels zu finden, kann über den Menüpunkt  eine Kabelnummer-Suche vorgenommen werden. Nachdem eine Zeichenkette eingegeben und bestätigt wurde, werden nur noch die Messdatensätze der Kabel angezeigt, deren Name die Zeichenkette enthält.

Markierten Messdatensätze exportieren und verwalten

Nachdem mindestens ein Messdatensatz markiert wurde, werden am unteren Rand des Bildschirms die folgenden Aktionen angeboten:


Symbol	Aktion
	Löschen der markierten Messdatensätze.
	[Nur verfügbar, wenn genau ein Messdatensatz markiert ist] Erneuter Aufruf des Abschlussbildschirms der markierten Messung, inkl. der wichtigsten Messwerte und Diagramme. Auf diese Weise kann auch der Kommentar des Prüfers und der Name des Kabels nochmal angepasst werden.
	Markierte Messdaten auf einen eingesteckten USB-Stick exportieren.







8.2 Messdaten archivieren und Bericht erstellen

Nachdem die gewünschten Messdaten exportiert wurden ("Messdaten verwalten und exportieren" auf Seite 67), können sie im Anschluss an den Messauftrag bequem an einem Windows-PC in die Protokollsoftware MeggerBook importiert und zu einem Bericht zusammengefasst werden. Je nach Version der Protokollsoftware stehen folgende Funktionen bereit:



	MeggerBook Lite	MeggerBook
	Im Lieferumfang enthalten	Vollversion Artikelnummer: 2015875
Analyse der Messdaten mit praktischen Werkzeugen	■	■
Erstellung eines Berichts auf Basis umfassend anpassbarer Berichtvorlagen	■	■
Erstellung und Pflege einer Kabeldatenbank		■
Archivierung von Messaktivitäten im Datenbestand des jeweiligen Kabels		■


9 Einstellungen anpassen

Über die Schaltfläche  kann direkt aus dem Startbildschirm das Einstellungsmenü aufgerufen werden, dass sich in folgende Kategorien unterteilt:

Menüpunkt	Beschreibung
	Verschiedene Informationen zur Hardware und Software der Prüfanlage
	Untermenü mit verschiedenen Softwareeinstellungen ("Softwareeinstellungen anpassen" unten)
	Untermenü mit verschiedenen Messeinstellungen ("Messeinstellungen anpassen" auf der gegenüberliegenden Seite)
	Untermenü mit allen für die Datenübertragung relevanten Einstellungen (Datenübertragungseinstellungen anpassen)
	Administrationsmenü mit erweiterten Systemeinstellungen ("Erweiterte Einstellungen anpassen" auf Seite 72)
	Passwortgeschütztes Service-Menü


9.1 Softwareeinstellungen anpassen

Die folgenden Softwareeinstellungen können im Einstellungsmenü  >  vorgenommen werden:



Parameter	Beschreibung
Layout	Umschaltung zwischen dem hellen und dem dunklen Layout der Benutzeroberfläche.
Sprachoption	Auswahl der Menüsprache.
Helligkeit	Einstellung der Display-Helligkeit.
Datum und Uhrzeit	Einstellung von Datum, Uhrzeit und Zeitzone. <hr/>  Die korrekte Einstellung der Zeitzone ist insbesondere dann von großer Bedeutung, wenn die mit der Prüfanlage vorgenommenen Prüfungen in die Protokollsoftware MeggerBook überführt werden sollen. Nur bei korrekt eingestellter Zeitzone kann gewährleistet werden, dass der Zeitpunkt der Messung auch in der Protokollsoftware richtig angegeben wird (unabhängig von der Zeitzone des Windows-PCs). <hr/>
Datumsformat	Auswahl des gewünschten Datumsformats.
Zeitformat	Umschaltung zwischen 12-Stunden- und 24-Stunden-Anzeige.

9.2 Messeinstellungen anpassen

Die folgenden Messeinstellungen können im Einstellungsmenü  >  vorgenommen werden:










Parameter	Beschreibung
Name für L1 Name für L2 Name für L3	<p>Über diese Textfelder können die Standard-Phasenbezeichnungen (L1, L2 und L3) bei Bedarf angepasst werden. Die Länge der Phasenbezeichnung ist auf 2 Zeichen beschränkt.</p>
Testspannungs-Stufen Nennspannungs-Stufen	<p>Einrastpunkte für die Spannungsauswahl-Slider definieren.</p> <p>Hier sollten Prüfspannungspegel bzw. Kabel-Nominalspannungen gewählt werden, die in der täglichen Arbeit besonders häufig eingestellt werden müssen.</p> <p>Um einen Einrastpunkt zu definieren, muss der Kreis auf den gewünschten Wert geschoben werden.</p>  <p>Nach erfolgter Einstellung müssen die geänderten Einrastpunkte über Bestätigen gespeichert werden.</p> <p>Während der Spannungsauswahl findet dann an diesen Positionen ein spürbares "Einrasten" statt, was die Auswahl dieser Werte vereinfacht und beschleunigt. Außerdem werden die Werte auf dem Slider mit kleinen Querstrichen gekennzeichnet.</p> 


9.3 Erweiterte Einstellungen anpassen

Über  >  gelangt man in ein Untermenü mit erweiterten Funktionen und Einstellungen, die nur von autorisierten und mit den Auswirkungen vertrauten Personen genutzt bzw. angepasst werden sollten.

Dementsprechend ist das Menü auch mit einem Passwort geschützt, das zum Zeitpunkt der Auslieferung **ADMIN** lautet, bei Bedarf aber auch angepasst werden kann (siehe unten).




Folgenden Funktionen und Einstellungen stehen zur Verfügung:

Menüpunkt	Beschreibung
	<p>Systemprotokoll anschauen, exportieren und löschen.</p> <p>Im Systemprotokoll werden alle relevanten Systemvorgänge gespeichert, die bei einer Entstörung hilfreiche Informationen über die Ursache des Problems liefern könnten.</p> <p>Um die Daten bei Störungen der Gerätefunktion schnell an die involvierten Service-Mitarbeiter weitergeben zu können, kann das gesamte Protokoll über die Schaltfläche  auf einen eingesteckten USB-Stick exportiert werden.</p> <p>Über die Schaltfläche  kann das Systemprotokoll geleert werden.</p>
	<p>Freischaltung der optionalen Funktion „TanDelta-Messung“ ("Option "TanDelta-Messung" freischalten" auf der gegenüberliegenden Seite).</p>
	<p>Zugriffspasswort ändern.</p> <p>Über diesen Menüpunkt kann das Passwort für den Zugriff auf die erweiterten Einstellungen geändert werden. Dazu muss das neue Passwort zweimal in die eingeblendeten Textfelder eingegeben und anschließend über  gespeichert werden.</p>
	<p>Datei-Explorer zum Einspielen von Firmware-Updates ("Firmware aktualisieren" auf der gegenüberliegenden Seite).</p>
	<p>Untermenü zur Verwaltung der erweiterten TanDelta-Messeinstellungen und der TanDelta-Bewertungsstandards.</p> <p><i>Weiterführende Informationen:</i></p> <ul style="list-style-type: none">■ "TanDelta-Einstellungen anpassen" auf Seite 74■ "TanDelta-Bewertungsstandards verwalten" auf Seite 74
	<p>Zurücksetzen auf Standardwerte.</p> <p>Durch Betätigung dieser Schaltfläche werden alle System-, Mess- und Admin-Einstellungen sowie das Administratorpasswort auf Werkszustand zurückgesetzt.</p>

Nachdem die gewünschten Änderungen vorgenommen wurden, muss der Passwortschutz über die Schaltfläche  wieder aktiviert werden. Andernfalls bleibt das Menü bis zu einem Neustart der Anlage frei zugänglich.

9.3.1 Option "TanDelta-Messung" freischalten

Bei Systemen ohne die Option "TanDelta-Messung" kann diese nachträglich freigeschaltet werden. Um die Freischaltung vornehmen zu müssen, muss zuerst die erforderliche Lizenz erworben werden ("Lieferumfang und Zubehör" auf Seite 17). Nach Erwerb der Lizenz wird ein Lizenzschlüssel in Schriftform und als Schlüsseldatei bereitgestellt.

Im Einstellungsmenü  >  >  kann der Lizenzschlüssel entweder manuell per Bildschirmtastatur eingegeben oder per Schlüsseldatei eingespielt werden. Für das Einspielen der Schlüsseldatei muss die bereitgestellte Datei auf zuerst auf einen USB-Stick kopiert und dieser in den USB-Port der Prüfanlage eingesteckt werden. Durch Betätigung der Schaltfläche **USB** wird der USB-Stick nach der Datei gesucht und die Freischaltung automatisch vorgenommen, wenn eine Datei mit passendem Lizenzschlüssel gefunden wurde.



Der Name der Schlüsseldatei darf nicht geändert werden und muss mit der Hardware-ID der Prüfanlage übereinstimmen.

9.3.2 Firmware aktualisieren




Die aktuelle Version der Firmware kann jederzeit von der Megger-Website (Rubrik Support > Software) heruntergeladen werden.



Gehen Sie wie folgt vor, um die Software der Prüfanlage zu aktualisieren:

1. Entpacken oder kopieren Sie das Firmware-Image (*.img) und die dazugehörige Prüfsummen-Datei (*.crc) in ein beliebiges Verzeichnis auf einem USB-Stick. Achten Sie darauf, dass beide Dateien den gleichen Namen haben.
2. Schalten Sie die Prüfanlage ein.
3. Stecken Sie den USB-Stick in den USB-Port auf der Frontplatte.
4. Öffnen Sie das Menü  >  > .
5. Navigieren Sie zum Verzeichnis mit Image-Datei und wählen Sie diese aus.
6. Bestätigen Sie mit , dass Sie das Update durchführen möchten.




Ergebnis: Das Update wird durchgeführt. Schalten Sie die Prüfanlage während des Updates nicht aus! Nach dem Update startet die Prüfanlage selbstständig neu.

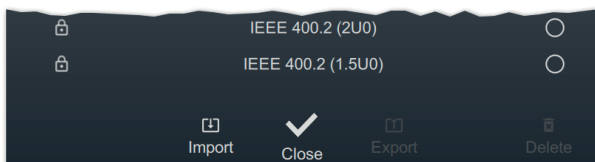
9.3.3 TanDelta-Einstellungen anpassen

Im Einstellungsmenü  >  >  können folgende erweiterte TanDelta-Messeinstellungen angepasst werden:

Parameter	Beschreibung
TanDelta-Auflösung	Umschaltung der Auflösung (10^{-4} oder 10^{-5}) bei TanDelta-Messungen.
Isolation	<p>Vorauswahl der Isolationstypen.</p> <p>Über diesen Menüpunkt kann die Anzahl der Isolationstypen eingeschränkt werden, die in Vorbereitung auf einen TanDelta-Stufentest zur Auswahl stehen.</p> <p>Um die Auswahl zu beschleunigen, sollten nur die Isolationstypen mit einem  markiert werden, die im alltäglichen Messbetrieb tatsächlich auftreten können.</p>
TanDelta-Stufen	<p>Festlegung der Spannungspegel für die einzelnen Spannungsstufen eines Stufentests.</p> <p>Über diesen Menüpunkt können die Spannungspegel (als Vielfaches von U_0) für die einzelnen Spannungsstufen an die eigenen Anforderungen und Richtlinien angepasst werden.</p> <p>In der Praxis hat sich ein Spannungsanstieg um $0,5U_0$ zwischen zwei Stufen als praktikabel erwiesen.</p> <p>Bei folgender Beispielkonfiguration würde ein Stufentest über 6 Spannungsstufen bei $0,5U_0$ beginnen und bei $3,0U_0$ enden:</p> 

9.3.4 TanDelta-Bewertungsstandards verwalten

Im Einstellungsmenü  >  >  werden am unteren Rand des Bildschirms die aktuell auf der Prüfanlage verfügbaren Bewertungsstandards angezeigt. Ab Werk sind bereits zwei Standards hinterlegt, die Empfehlungen der IEEE 400.2 folgen.



Eigenen Bewertungsstandard importieren



Mit Hilfe der im Lieferumfang enthaltenen Protokollsoftware MeggerBook Lite ist es möglich, Bewertungsstandards mit eigenen Grenzwerten zu erstellen und diese Standards dann auf alle Prüfanlagen zu verteilen, um eine einheitliche Bewertung der Messergebnisse zu gewährleisten. Gehen Sie dazu wie folgt vor:

1. Erstellen Sie mit der Protokollsoftware MeggerBook einen Standard mit Ihren Bewertungsgrenzwerten und exportieren Sie diesen auf einen USB-Stick.




Detaillierte Hinweise zur Vorgehensweise sind der Software-Hilfe zu entnehmen.

Grundsätzlich können natürlich auch vorhandene Standards von anderen Prüfanlagen exportiert und übertragen werden.

2. Stecken Sie den USB-Stick mit dem Bewertungsstandard in den USB-Port auf der Frontplatte.
3. Rufen Sie den Menüpunkt  auf.
4. Navigieren Sie zu dem Verzeichnis des USB-Sticks, in welchem der Bewertungsstandard liegt.
5. Wählen Sie die Datei (* .tds) aus und bestätigen Sie die Rückfrage mit , um den Import durchzuführen.

Bewertungsstandards exportieren

Gehen Sie wie folgt vor, um Bewertungsstandards zu exportieren und so zum Beispiel auf eine andere Prüfanlage zu übertragen:

1. Stecken Sie den USB-Stick mit dem Bewertungsstandard in den USB-Port auf der Frontplatte.
2. Wählen Sie in der Liste der verfügbaren Bewertungsstandards die Standards, die sie exportieren möchten, und markieren sie diese durch Drücken des Drehgebers.
3. Rufen Sie den Menüpunkt  auf.

Ergebnis: Alle markierten Standards werden in das Verzeichnis `tanDelta` auf dem eingesteckten USB-Stick gespeichert (Verbindungs- und Datenträgereinstellungen anpassen).

Bewertungsstandards löschen

Gehen Sie wie folgt vor, um Bewertungsstandards zu löschen:

1. Wählen Sie in der Liste der verfügbaren Bewertungsstandards die Standards, die sie löschen möchten, und markieren sie diese durch Drücken des Drehgebers.



Die werksseitig vorinstallierten Bewertungsstandards können nicht gelöscht werden.

2. Rufen Sie den Menüpunkt  auf.

Ergebnis: Alle markierten Standards werden gelöscht.

10 Prüfanlage ausschalten und vom Prüfling trennen

Nachdem die Messungen abgeschlossen wurden, kann die Prüfanlage durch Drücken des Ein-/Aus-Tasters **3** ausgeschaltet werden.

Beim Abbau ist gegenüber dem Anschluss ("Elektrischer Anschluss" auf Seite 23) in umgekehrter Reihenfolge vorzugehen. Die untenstehenden Sicherheitshinweise sind dabei unbedingt einzuhalten.



WARNUNG

Gefahr durch elektrischen Schlag

- Die fünf Sicherheitsregeln sind zu befolgen ("Sicherheitshinweise" auf Seite 9).
 - Auch wenn ordnungsgemäß abgeschaltet und über die Entladeeinrichtung entladen wurde, sollten Anlagenteile, welche unter Spannung gestanden haben, nur berührt werden, wenn diese mit einer geeigneten Entladestange entladen und geerdet und kurzgeschlossen wurden.
 - Erdung und Kurzschluss erst aufheben, wenn das Prüfobjekt wieder in Betrieb genommen werden soll.
-

11 **Wartung, Lagerung und Transport**

Reparatur und Wartung

Reparaturen und Wartungsarbeiten dürfen nur durch Megger selbst oder autorisierte Service-Partner und unter Verwendung von Originalersatzteilen durchgeführt werden. Megger empfiehlt, das System einmal alle zwei Jahre in einem Megger-Servicecenter prüfen und warten zu lassen.

Megger bietet seinen Kunden auch Vorort-Service. Bitte kontaktieren Sie bei Bedarf das für Sie zuständige Servicecenter.

Die Anschlüsse und Anschlussleitungen des Systems müssen regelmäßig entsprechend der geltenden nationalen und firmeneigenen Vereinbarungen auf Schadensfreiheit und Unversehrtheit geprüft werden.

Sicherungen austauschen

Sollte sich das Gerät bei angeschlossener Netzversorgung nicht einschalten lassen, sind die beiden Sicherungen unterhalb der Netzanschlussbuchse **14** zu überprüfen. Dazu muss der Sicherungshalter herausgezogen werden.

Bei Defekt sind die Sicherungen durch passende Feinsicherungen (5 x 20 mm) vom Typ T6,3A zu ersetzen.

Sollten die Sicherungen wiederholt auslösen, setzen Sie sich bitte mit einer autorisierten Servicewerkstatt in Verbindung, um die Störung beseitigen zu lassen.

Verhalten bei andauernden Störungen

Bei Schäden, Unregelmäßigkeiten oder Störungen, die mit Hilfe der Hinweise in diesem Handbuch nicht zu beheben sind, ist das System sofort außer Betrieb zu setzen und entsprechend zu kennzeichnen. Setzen Sie sich bitte umgehend mit dem Megger-Service in Verbindung, um die Störung zu beseitigen. Das System darf erst nach Beseitigung der Störung wieder in Betrieb genommen werden.

Transport

Das Gerät ist aufrecht zu transportieren darf nur an den dafür vorgesehenen, seitlich angebrachten Tragegriffen gehoben und getragen werden. Andere Geräteteile, wie z.B. die Zubehörtasche oder Verbindungskabel, halten den beim Anheben des Gerätes auftretenden Kräften nicht stand und könnten demzufolge abbrechen bzw. abreißen.

Für einen möglichst bequemen und sicheren Transport empfiehlt sich die Nutzung der optional erhältlichen Transportbox mit Rollen ("Lieferumfang und Zubehör" auf Seite 17).

Lagerung

Wenn das Gerät über einen längeren Zeitraum nicht verwendet wird, sollte es in staubfreier und trockener Umgebung gelagert werden. Durch anhaltende Feuchtigkeit (Luftfeuchtigkeit) insbesondere in Kombination mit Staub können kritische Isolierstrecken verringert werden, welche für den sicheren Hochspannungsbetrieb zwingend erforderlich sind.

Vertriebsansprechpartner

Megger Germany GmbH
Dr.-Herbert-lann-Str. 6
06148 Baunach
Deutschland
T. +49 (0) 9544 68 - 0
E. team.dach@megger.com

Produktionsstätten

Megger Limited
Archcliffe Road
Dover, Kent CT17 9EN
United Kingdom
T. +44 (0)1 304 502101
E. uksales@megger.com

Megger Germany GmbH
Dr.-Herbert-lann-Str. 6
06148 Baunach
Deutschland
T. +49 (0) 9544 68 - 0
E. team.dach@megger.com

Megger Germany GmbH
Röderau 41
01471 Radeburg
Germany
T. +49 (0) 35208 84 – 0
E. team.dach@megger.com

Megger Sweden AB
Rinkebyvägen 19
182 36 Danderyd
Sweden
T. +46 8 510 195 00
E. seinfo@megger.com

Megger Baker Instruments
4812 McMurry Ave., Suite 100
Fort Collins, CO 80525
United States
T. +1 970-282-1200
E. baker.sales@megger.com

Megger
4545 West Davis Street
Dallas, TX 75211
United States
T. +1 800-723-2861 ext. 6000
E. usasales@megger.com

Megger ist eine eingetragene Handelsmarke.

Die Wortmarke Bluetooth[®] sowie das zugehörige Zeichen und die Logos sind eingetragene Marken von Bluetooth SIG, Inc. und jede Verwendung dieser Kennzeichnungen erfolgt unter Lizenz.