



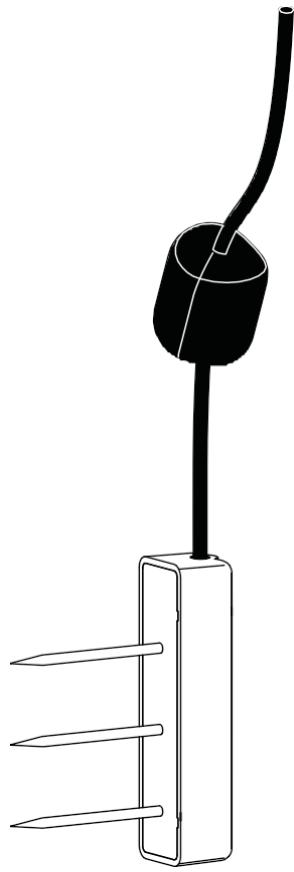
METER

# TEROS 11/12

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1. Einleitung .....</b>	1
<b>2. Betrieb .....</b>	2
<b>2.1 Installation .....</b>	2
<b>2.2 Anschluss .....</b>	6
<b>2.2.1 Mit METER Logger verbinden .....</b>	6
<b>2.2.2 Mit Nicht-METER-Logger verbinden .....</b>	7
<b>2.3 Kommunikation .....</b>	8
<b>3. System .....</b>	10
<b>3.1 Spezifikationen .....</b>	10
<b>3.2 Komponenten .....</b>	13
<b>3.3 Theorie .....</b>	15
<b>3.3.1 Volumetrischer Wassergehalt .....</b>	15
<b>3.3.2 Temperatur .....</b>	15
<b>3.3.3 Elektrische Leitfähigkeit (nur TEROS 12) .....</b>	15
<b>3.3.4 Umrechnung von Gesamt-EC in Poren-EC (nur TEROS 12) .....</b>	15
<b>3.3.5 Porenwasser im Vergleich zu gesättigter EC (nur TEROS 12) .....</b>	16
<b>4. Service .....</b>	18
<b>4.1 Kalibrierungen .....</b>	18
<b>4.1.1 Mineralböden .....</b>	18
<b>4.1.2 Erdelose Medien .....</b>	18
<b>4.1.3 Scheinbare dielektrische Permittivität .....</b>	19
<b>4.2 Reinigung .....</b>	19
<b>4.3 Fehlerbehebung .....</b>	19
<b>4.4 Kundendienst .....</b>	20
<b>4.5 Allgemeine Geschäftsbedingungen .....</b>	21

<b>Referenzen .....</b>	22
<b>Index .....</b>	23



# 1. EINLEITUNG

Vielen Dank, dass Sie sich für den TEROS 11 Bodenfeuchte- und Temperatursensor und den TEROS 12 Bodenfeuchte-, Temperatur- und Leitfähigkeitssensor (EC) der METER Group entschieden haben.

Die Sensoren TEROS 11/12 sind für die Installation in mineralischen Böden, vielen Arten von Kultursubstraten und anderen porösen Materialien konzipiert. Dieses Handbuch führt den Kunden durch die Funktionen des Sensors und beschreibt, wie der Sensor erfolgreich eingesetzt werden kann.

Die Sensoren TEROS 11/12 sind präzise Messgeräte zur Überwachung des volumetrischen Wassergehalts (VWC), der Temperatur in Böden und erdelosen Substraten sowie der EC (nur TEROS 12). Der TEROS 11/12 ermittelt den VWC mithilfe der Kapazitäts-/Frequenzbereichstechnologie. Der Sensor verwendet eine Frequenz von 70 MHz, wodurch Textur- und Salzgehaltseffekte minimiert werden, was den TEROS 11/12 ist in den meisten mineralischen Böden genau. Der TEROS 11/12 verwendet einen Thermistor in der mittleren Nadel, um Temperatur und EC (nur TEROS 12) mit Hilfe einer Edelstahl-Elektrodenanordnung zu messen.

Überprüfen Sie vor der Verwendung, ob der TEROS 11/12-Sensor in einwandfreiem Zustand angekommen ist. METER empfiehlt, die Sensoren vor dem Einsatz im Feld mit dem Datenlogger und der Software zu testen.

## 2. BEDIENUNG

Bitte lesen Sie alle Anweisungen, bevor Sie den TEROS 11/12 in Betrieb nehmen, um sicherzustellen, dass er sein volles Potenzial entfalten kann.

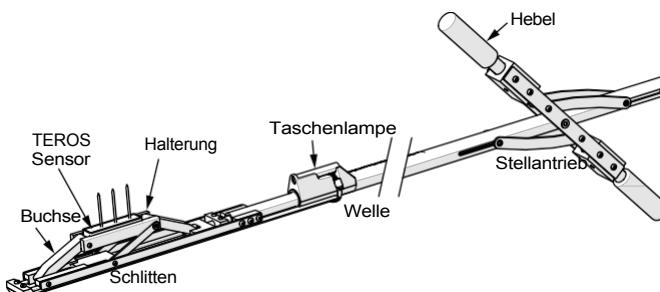
### **SICHERHEITSHINWEISE**

METER-Sensoren werden nach den höchsten Standards hergestellt. Missbrauch, unsachgemäßer Schutz oder unsachgemäße Installation können den Sensor beschädigen und möglicherweise die Herstellergarantie ungültig machen. Bevor Sie den TEROS 11/12 in ein System integrieren, befolgen Sie die empfohlenen Installationsanweisungen und sorgen Sie für einen angemessenen Schutz, um die Sensoren vor Beschädigungen zu bewahren. Wenn Sie Sensoren in einem blitzgefährdeten Bereich mit einem geerdeten Datenlogger installieren, lesen Sie bitte den Anwendungshinweis „[Blitzschlag und Erdungspraktiken](#)“.

## 2.1 INSTALLATION

Befolgen Sie die in [Tabelle 1](#) aufgeführten Schritte, um TEROS 11/12 einzurichten und mit der Datenerfassung zu beginnen. Ausführlichere Informationen zur Installation finden Sie im [TEROS Sensors Best Practices Installation Guide](#) (Leitfaden für die optimale Installation von TEROS-Sensoren).

**Tabelle 1 Installation von „“**

<b>Benötigte Werkzeuge</b>	<b>Erdbohrer oder Schaufel</b> <b>Sichere Befestigungsstelle für Datenlogger und Kabel Bohrloch-</b> <b>Installationswerkzeug (optional)</b>
	
<b>Vorbereitung</b>	<b>Bestimmung der besten Installationsmethode</b> Es gibt mehrere Methoden zur Installation von Bodenfeuchtesensoren. Diese Methoden sind in <a href="#">Tabelle 2</a> beschrieben. <b>Systemprüfung durchführen</b> Stecken Sie den Sensor in den Datenlogger ( <a href="#">Abschnitt 2.2</a> ), um sicherzustellen, dass der Sensor wie erwartet funktioniert. Überprüfen Sie, ob alle Sensoren innerhalb der erwarteten Bereiche messen. Um sowohl die Sensor- als auch die Loggerfunktion zu überprüfen, führen Sie eine Sensormessung in Luft und Wasser durch. Der TEROS 11/12 misst ~0,70 m³ /m³ in Wasser und einen leicht negativen Wert in Luft.

**Tabelle 1 Installation von (Fortsetzung)**

Es gibt verschiedene Methoden zur Installation von Bodenfeuchtesensoren ([Tabelle 2](#)). Die wichtigsten Punkte für eine erfolgreiche Installation und die Erfassung guter Bodenfeuchtedaten werden im Folgenden beschrieben.

**Loch bohren**

Vermeiden Sie störende Objekte.

- Installationen in der Nähe großer Metallgegenstände können die Funktion des Sensors beeinträchtigen und die Messwerte verfälschen.
- Große Objekte wie Wurzeln oder Steine könnten die Nadeln verbiegen.

Bohren oder graben Sie ein Loch in der gewünschten Tiefe und Richtung für die Installation des Sensors, entsprechend der gewünschten Installationsmethode.

**Sensor einsetzen**

Bestimmen Sie die Ausrichtung des Sensors. Der TEROS 11/12-Sensor kann in beliebiger Richtung positioniert werden. In vertikaler Position (wie unten gezeigt) wird der Wasserfluss jedoch weniger eingeschränkt. In vertikaler Position wird auch eine größere Bodentiefe in die Bodenfeuchtemessung einbezogen. Bei Installation des Sensors in horizontaler Position werden Messungen in einer geringeren Tiefe durchgeführt. Weitere Informationen zum Messvolumen des Sensors finden Sie unter Messvolumen der METER-Sensoren für den volumetrischen Wassergehalt.

**Installation****Sensorkörper vertikal und Nadeln horizontal**

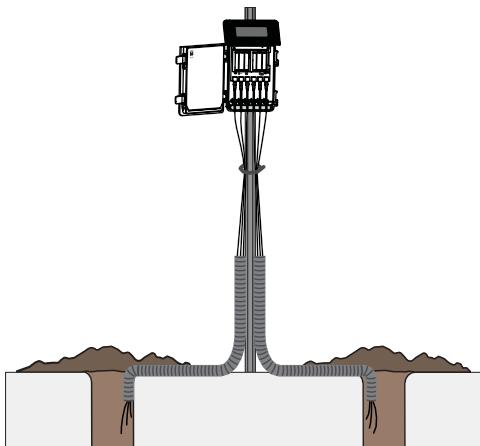
Jedes Metall, das sich zwischen dem Sensor und dem Ferritkern befindet, kann die VWC-Messungen beeinträchtigen und sollte vermieden werden.

**ACHTUNG!** Minimieren Sie Luftpalte um den Sensor herum. Luftpalte um die Sensornadeln führen zu niedrigen Messwerten der Bodenfeuchte.

1. Laden Sie das TEROS 11/12 mit dem Bohrloch-Installationswerkzeug (BIT). **HINWEIS:** Das BIT bietet einen erheblichen mechanischen Vorteil. [Anweisungen zur Installation des TEROS 11/12 ohne BIT](#) finden Sie in [Tabelle 2](#).
2. Senken Sie das Werkzeug in das Loch oder den Graben, wobei die Rückseite des Werkzeugs von der gegenüberliegenden Wand gestützt wird.
3. Ziehen Sie den Werkzeughebel, um die Hebevorrichtung zu aktivieren, und setzen Sie den Sensor in die Seitenwand ein.

**WARNUNG:** Bei der Installation von Sensoren in felsigen Böden ist darauf zu achten, dass die Sensornadeln nicht verbogen werden.

**Tabelle 1 Installation von „“ (Fortsetzung)**

<b>Installation (Fortsetzung)</b>  <b>Anschluss</b>	<p><b>Das Loch wieder auffüllen</b> Füllen Sie das Loch wieder mit Erde und verdichten Sie diese auf ihre ursprüngliche Schüttdichte.</p> <p>Schlagen Sie nicht auf den Ferritkern, da dies den Sensor aus dem Boden herausziehen könnte.</p> <p><b>Anschluss an den Datenlogger</b> Stecken Sie den Sensor in einen Datenlogger. Verwenden Sie den Datenlogger, um sicherzustellen, dass der Sensor korrekt misst. Vergewissern Sie sich, dass die Messwerte innerhalb der erwarteten Bereiche liegen. Ausführlichere Anweisungen zum Anschluss an Datenlogger finden Sie in <a href="#">Abschnitt 2.2</a>.</p> <p><b>Kabel sichern und schützen</b> HINWEIS: Unsachgemäß geschützte Kabel können zu Kabelbrüchen oder getrennten Sensoren führen. Verkabelungsprobleme können durch viele Faktoren verursacht werden, z. B. durch Schäden durch Nagetiere, Überfahren von Sensorkabeln, Stolpern über Kabel, unzureichende Kabelfreiheit bei der Installation oder schlechte Sensorverkabelungsanschlüsse. Verlegen Sie Kabel in der Nähe des Bodens in Kabelkanälen oder Kunststoffummantelungen, um Schäden durch Nagetiere zu vermeiden. Führen Sie die Kabel zwischen dem TEROS 11/12 und dem Datenlogger an einer oder mehreren Stellen zusammen und befestigen Sie sie am Montagemast.</p>  <p><b>Befestigung überschüssiger Kabel</b></p>
---	--

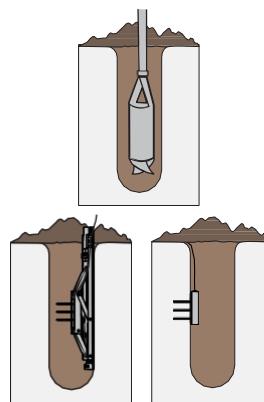
**Tabelle 2** enthält kurze Beschreibungen typischer Installationsmethoden. Jede hat ihre eigenen Vor- und Nachteile. Weitere Informationen darüber, welche Installationsmethode für bestimmte Anwendungen am besten geeignet ist, finden Sie im [TEROS 11/12-Installationshandbuch](#) oder wenden Sie sich an [den Kundendienst](#).

Tabelle 2 Installationsmethoden für

**Bohrloch**

Bei dieser Methode wird das Bohrloch-Installationswerkzeug ([Tabelle 1](#)) verwendet, mit dem ein Profil von Bodenfeuchtesensoren in unterschiedlichen Tiefen innerhalb eines einzigen Bohrlochs installiert werden kann. An der Messstelle wird ein 10 cm (4 Zoll) tiefes Bohrloch senkrecht gebohrt. Anschließend werden die Sensoren mit dem Bohrloch-Installationswerkzeug in der Seitenwand des Bohrlochs installiert.

**HINWEIS:** Die Bohrlochmethode erfordert ein spezielles Installationswerkzeug, das bei METER erhältlich ist, wenn die Installation in Tiefen von mehr als 50 cm erfolgt.

**Vorteil**

Minimiert Bodenveränderungen am Messort.

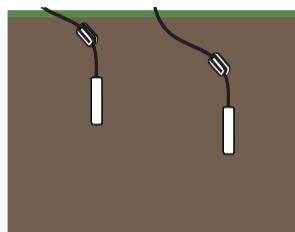
**Nachteil**

Erfordert ein spezielles Installationswerkzeug, das bei METER gemietet werden kann.

**Graben**

Die Grabenverlegung eignet sich am besten für flache Installationen (weniger als 40 cm). Dazu muss mit einer Schaufel, einem Bagger oder einem anderen Werkzeug ein Graben ausgehoben werden. Der Graben muss bis zur Tiefe des am tiefsten installierten Sensors ausgehoben werden. Bei tiefen Installationen kann dies einen großen Graben erfordern. Der Sensor wird vorsichtig von Hand in den ungestörten Boden der Grabenwand eingebaut. Der Graben wird sorgfältig wieder aufgefüllt.

**HINWEIS:** Füllen Sie die Grube vorsichtig wieder auf, um zu vermeiden, dass der installierte Sensor durch versehentliches Verhaken am Fertikern verschoben wird.

**Vorteil**

Erfordert keine spezielle Ausrüstung erforderlich.

**Nachteil**

Große Boden Störung am Messort.

Möglicherweise großer Aushubaufwand.

## 2.2 VERBINDUNG

Das TEROS 11/12 arbeitet nahtlos mit METER-Datenloggern zusammen. Das TEROS 11/12 kann auch mit anderen Datenloggern verwendet werden, beispielsweise denen von Campbell Scientific, Inc.

ausführliche Anweisungen zur Integration der Sensoren in Logger von Drittanbietern finden Sie im [TEROS 11/12 Integrator Guide](#).

TEROS 11/12-Sensoren benötigen eine Erregungsspannung im Bereich von 4 bis 15 VDC und arbeiten mit einer Spannung von 4 VDC für die Datenkommunikation. TEROS 11/12 kann über das serielle DDI- oder SDI-12-Protokoll integriert werden. Einzelheiten zur Anbindung an Datenerfassungssysteme finden Sie im [TEROS 11/12 Integrator Guide](#).

TEROS 11/12-Sensoren werden mit einem 3,5-mm-Stereo-Stecker ([Abbildung 1](#)) geliefert, um den Anschluss an METER-Datenlogger zu erleichtern. TEROS 11/12-Sensoren können mit abisolierten und verzinnten Drähten bestellt werden, um den Anschluss an einige Logger von Drittanbietern zu erleichtern ([Abschnitt 2.2.2](#)).



**Abbildung 1 Stereo-Stecker**

Der TEROS 11/12-Sensor wird standardmäßig mit einem 5 m langen Kabel geliefert. Gegen Aufpreis (pro Meter) kann er unter mit individuellen Kabellängen erworben werden. METER hat die digitale Kommunikation bei Kabellängen von bis zu 1.000 m (3.200 ft) erfolgreich getestet. Diese Option macht das Spleißen des Kabels (eine mögliche Fehlerquelle) überflüssig. Die empfohlene maximale Länge beträgt jedoch 75 m.

### 2.2.1 ANSCHLUSS AN METER LOGGER

Der TEROS 11/12-Sensor arbeitet am effizientesten mit den Datenloggern METER ZENTRA, EM60 und Em50-Serie. Die neueste Firmware für Datenlogger finden Sie auf der [METER-Download-Webseite](#). Die Konfiguration des Loggers kann entweder mit ZENTRA Utility (Desktop- und Mobilanwendung) oder ZENTRA Cloud (webbasierte Anwendung für ZENTRA-Datenlogger mit Mobilfunkfunktion) erfolgen.

1. Stecken Sie den Stereostecker in einen der Sensoranschlüsse am Logger.
2. Verwenden Sie die entsprechende Softwareanwendung, um den ausgewählten Logger-Anschluss für TEROS 11 oder TEROS 12 zu konfigurieren.  
METER-Datenlogger erkennen TEROS 11/12-Sensoren automatisch.
3. Stellen Sie das Messintervall ein.  
METER-Datenlogger messen TEROS 11/12 einmal pro Minute und geben den Durchschnitt der 1-Minuten-Daten über das ausgewählte Messintervall zurück.

TEROS 11/12-Daten können mit ZENTRA Utility oder ZENTRA Cloud von METER-Datenloggern heruntergeladen werden. Weitere Informationen zu diesen Programmen finden Sie im Benutzerhandbuch des Loggers.

## 2.2.2 VERBINDUNG MIT EINEM NICHT VON METER STAMMENDEN DATENLOGGER

Der TEROS 11/12 kann für die Verwendung mit Nicht-METER-Datenloggern (von Drittanbietern) erworben werden. Weitere Informationen zu Logger-Kommunikation, Stromversorgung und Erdungsanschlüssen finden Sie im Handbuch des Drittanbieter-Loggers. Der [TEROS 11/12 Integrator Guide](#) enthält ebenfalls detaillierte Anweisungen zum Anschluss von Sensoren an Nicht-METER-Logger.

TEROS 11/12-Sensoren können mit abisolierten und verzinnten (Pigtail-)Anschlusskabeln für die Verwendung mit Schraubklemmen bestellt werden. Einzelheiten zur Verkabelung finden Sie im Handbuch des Datenloggers eines Drittanbieters.

Verbinden Sie die TEROS 11/12-Kabel mit dem in [Abbildung 2](#) und [Abbildung 3](#) dargestellten Datenlogger, wobei das Stromversorgungskabel (braun) an die Erregung, das digitale Ausgangskabel (orange) an einen digitalen Eingang und das blanke Erdungskabel an die Erde angeschlossen wird.

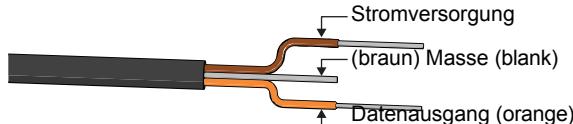


Abbildung 2 Pigtail-Verkabelung

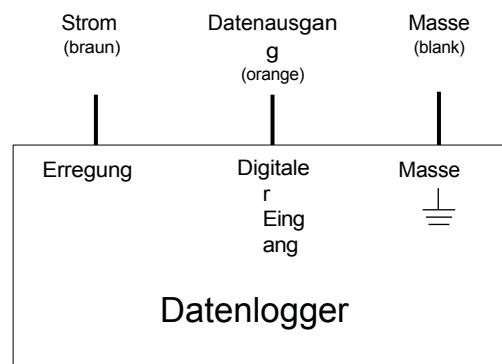


Abbildung 3 Verdrahtungsplan

**HINWEIS:** Der zulässige Bereich für die Erregerspannung liegt zwischen 4 und 15 VDC. Um TEROS 11/12-Sensoren mit Camp Bell Scientific, Inc. Datenloggern auszulesen, versorgen Sie die Sensoren über einen geschalteten 12-V-Anschluss oder einen 12-V-Anschluss, wenn Sie einen Multiplexer verwenden.

Wenn das TEROS 11/12-Kabel über einen Standard-Stereo-Stecker verfügt und über ein Multiplexer an einen Nicht-METER-Datenlogger angeschlossen werden muss, verwenden Sie bitte eine der beiden folgenden Optionen.

**Option 1**

1. Den Stereostecker am Sensorkabel abschneiden.
2. Isolieren Sie die Drähte ab und verzinnen Sie sie.
3. Verbinden Sie sie direkt mit dem Datenlogger.

Diese Option hat den Vorteil, dass eine direkte Verbindung hergestellt wird und die Gefahr, dass sich der Sensor löst, minimiert wird. Allerdings kann er dann später nicht mehr ohne Weiteres mit einem Messgerät oder Datenlogger verwendet werden.

**Option 2**

Besorgen Sie sich ein Adapterkabel von METER.

Das Adapterkabel verfügt an einem Ende über einen Stecker für den Stereostecker und am anderen Ende über drei Drähte (oder einen Pigtail-Adapter) zum Anschluss an einen Datenlogger. Die abisolierten und verzinnten Adapterkabeladern haben denselben Anschluss wie in [Abbildung 3](#) dargestellt: Der braune Draht ist die Erregung, der orangefarbene ist der Ausgang und der blanke Draht ist die Masse.

**HINWEIS:** Befestigen Sie den Stereostecker mit einem Schrumpfschlauch mit Klebefuge an den Anschlässen des Pigtail-Adapters, um sicherzustellen, dass sich der Sensor während des Gebrauchs nicht löst.

## 2.3 KOMMUNIKATION

Der TEROS 11/12-Sensor kommuniziert über zwei verschiedene Methoden:

- Serielle DDI-Zeichenkette
- SDI-12-Kommunikationsprotokoll

Ausführliche Anweisungen finden Sie im [TEROS 11/12 Integrator Guide](#).

Das SDI-12-Protokoll verlangt, dass alle Sensoren eine eindeutige Adresse haben. Die werkseitige Standardeinstellung für TEROS 11/12-Sensoren ist eine SDI-12-Adresse von 0. Um mehr als einen SDI-12-Sensor zu einem Bus hinzuzufügen, muss die Sensoradresse wie folgt geändert werden:

1. Drücken Sie bei einem an den Sensor angeschlossenen ProCheck die Menütaste, um das CONFIG-Menü aufzurufen.  
**HINWEIS:** Wenn das ProCheck-Gerät nicht über diese Option verfügt, aktualisieren Sie bitte die Firmware auf die neueste Version von der [METER Legacy Handheld Devices](#)-Webseite.
2. Scrollen Sie nach unten zu „SDI-12-Adresse“. Drücken Sie **die Eingabetaste**.
3. Drücken Sie die Pfeiltasten **NACH OBEN** oder **NACH UNTEN**, bis die gewünschte Adresse markiert ist. Zu den Adressoptionen gehören 0...9, A...Z und a...z.
4. Drücken Sie **die Eingabetaste**.

Ausführliche Informationen finden Sie auch in der Anwendungsbeschreibung „[Einstellung von SDI-12-Adressen an digitalen METER-Sensoren mit Campbell Scientific-Datenloggern und LoggerNet](#)“.

Wenn Sie den Sensor als Teil eines SDI-12-Busses verwenden, regen Sie die Sensoren kontinuierlich an, um Probleme mit der anfänglichen Sensoraktivierung zu vermeiden, die die SDI-12-Kommunikation stören könnten.

## 3. SYSTEM

In diesem Abschnitt werden die Komponenten und Funktionen des TEROS 11/12-Sensors beschrieben.

### 3.1 TECHNISCHE

#### MESSSPEZIFIKATIONEN

##### Volumetrischer Wassergehalt (VWC)

Bereich	
Kalibrierung für mineralische Böden	0,00–0,70 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Kalibrierung für erdelose Medien	0,0–1,0 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Scheinbare Dielektrizitätskonstante ( $\varepsilon_a$ )	1 (Luft) bis 80 (Wasser)
HINWEIS: Der VWC-Bereich hängt von auf die Medien, für die der Sensor kalibriert ist. Eine benutzerdefinierte Auflösung	den erforderlichen Bereichen ab Kalibrierung ist für die meisten Substrate erforderlich.
Auflösung	0,001 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>
Genauigkeit	
Generische Kalibrierung	±0,03 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> typisch für mineralische Böden mit einer Lösungskonzentration von <8 dS/m
Mittlere spezifische Kalibrierung	±0,01–0,02 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> in jedem porösen Medium
Scheinbare dielektrische Permittivität ( $\varepsilon_a$ )	1–40 (Bodenbereich), ±1 $\varepsilon_a$ (einheitenlos) 40–80, 15 % der Messung

##### Frequenz der dielektrischen Messung

70 MHz

##### Temperatur

TEROS 11	
Bereich	-40 bis +60 °C
Auflösung	0,1 °C
Genauigkeit	±1 °C von -40 bis 0 °C ±0,5 °C von 0 bis +60 °C

HINWEIS: Die Temperaturmessung für ein bestimmtes Medium kann aufgrund der längeren Ausgleichszeit nicht genau sein, wenn der Sensor nicht vollständig in das Medium eingetaucht ist.

## TEROS 12

Bereich	-40 bis +60 °C
Auflösung	0,1 °C
Genauigkeit	±0,5 °C von -40 bis 0 °C ±0,3 °C von 0 bis +60 °C

**Elektrische Leitfähigkeit (EC) (nur TEROS 12)**

Bereich	0–20 dS/m (Gesamt)
Auflösung	0,001 dS/m
Genauigkeit	±(5 % + 0,01 dS/m) von 0–10 dS/m ±8 % von 10–20 dS/m

**KOMMUNIKATIONSSpezifikationen****Ausgang**

DDI-Seriell- oder SDI-12-Kommunikationsprotokoll

**Kompatibilität mit Datenloggern**

METER ZL6-, EM60- und Em50-Datenlogger oder jedes Datenerfassungssystem, das mit 4,0 bis 15 VDC betrieben werden kann und über eine serielle oder SDI-12-Kommunikation verfügt

**PHYSIKALISCHE SPEZIFIKATIONEN****Abmessungen**

Länge	9,4 cm
Breite	2,4 cm
Höhe	7,5 cm

**Nadel Länge**

5,5 cm

**Kabellänge**

5 m (Standard)

75 m (maximale kundenspezifische Kabellänge)

**HINWEIS:** Wenden Sie sich an [den Kundendienst](#), wenn Sie eine nicht standardmäßige Kabellänge benötigen.

**Steckertypen**

3,5-mm-Stereo-Stecker oder abisolierte und verzinnte Drähte

## ELEKTRISCHE UND ZEITLICHE EIGENSCHAFTEN

### Versorgungsspannung (VCC zu GND)

Minimum	4,0 VDC
Typisch	NA
Maximal	15,0 VDC

### Digitale Eingangsspannung (logisch hoch)

Minimum	2,8 V
Typisch	3,6 V
Maximal	3,9 V

### Digitale Eingangsspannung (logisch niedrig)

Minimum	-0,3 V
Typisch	0,0 V
Maximal	0,8 V

### Digitale Ausgangsspannung (logisch hoch)

Minimum	NA
Typisch	3,6 V
Maximal	NA

### Leitungsgeschwindigkeit

Minimum	1,0 V/ms
Typisch	NA
Maximal	NA

### Stromaufnahme (während einer 25-ms-Messung)

Minimum	3,0 mA
Typisch	3,6 mA
Maximal	16,0 mA

### Stromaufnahme (im Ruhezustand)

Minimal	NA
Typisch	0,03 mA
Maximal	NA

**Betriebstemperaturbereich**

Minimum	-40 °C
Typisch	NA
Maximal	+60 °C

**HINWEIS:** Sensoren können unter bestimmten Bedingungen bei höheren Temperaturen verwendet werden. Wenden Sie sich für weitere Informationen an den [Kundendienst](#).

**Einschaltzeit (DDI seriell)**

Minimum	80 ms
Typisch	NA
Maximal	100 ms

**Einschaltzeit (SDI-12)**

Minimum	NA
Typisch	245 ms
Maximal	NA

**Messdauer**

Minimum	25 ms
Typisch	NA
Maximal	50 ms

**KONFORMITÄT**

Hergestellt gemäß ISO 9001:2015

EM ISO/IEC 17050:2010 (CE-Kennzeichnung)

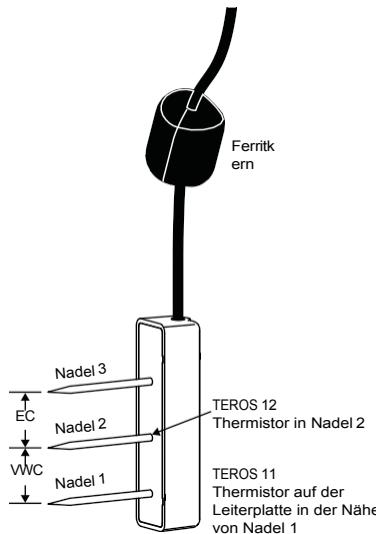
2014/30/EU und 2011/65/EU

EN61326-1:2013 und EN55022/CISPR 22

**3.2 KOMPONENTEN**

Der TEROS 11/12-Sensor misst die Bodenfeuchte, Temperatur und den EC-Wert (nur TEROS 12) des Bodens mithilfe von Edelstahlnadeln ([Abbildung 4](#)). TEROS 11/12-Sensoren messen die Bodenfeuchte zwischen Nadel 1 und Nadel 2. TEROS 12 misst die Leitfähigkeit zwischen Nadel 2 und Nadel 3. Die Temperatur wird mit einem eingebauten Thermistor gemessen. Diese Sensoren haben einen geringen Stromverbrauch, wodurch sie sich ideal für die dauerhafte Verlegung im Boden und die kontinuierliche Messung mit einem Datenlogger oder die regelmäßige Messung mit einem Handlesegerät eignen.

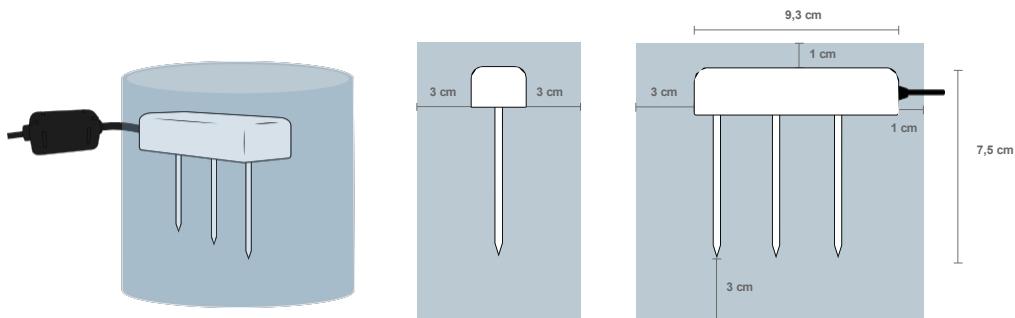
## SYSTEM



**Abbildung 4** TEROS 11/12-Sensor

Ein Ferritkern, der sich auf dem TEROS 11/12-Sensorkabel 7,6 cm (3 Zoll) vom Sensorkopf entfernt befindet, dient dazu, den Sensor von Störungen im System zu isolieren. Dadurch werden mögliche Störgeräusche aus dem System bei den gemessenen Sensordaten gemindert. Es ist wichtig, nichts an dem Kabelabschnitt zwischen dem Sensorkopf und dem Ferritkern anzubringen, da dies die Messungen beeinflussen kann.

Die Messempfindlichkeit des TEROS 11/12 VWC liegt innerhalb eines Volumens von 1.010 ml, das in **Abbildung 5** grob dargestellt ist. Das Testprotokoll und eine ausführlichere Analyse finden Sie in der Anwendungshinweis „[Messvolumen von METER-Sensoren für den volumetrischen Wassergehalt](#)“.



**Abbildung 5** VWC-Einflussvolumen

**HINWEIS:** Das TEROS 11/12 liefert sofortige oder nahezu sofortige Messungen; aufgrund der Empfindlichkeit der Messung des Sensorkopfes ist das TEROS 11/12 jedoch nicht gut für Punktmessungen der VWC geeignet ( ).

## 3.3 THEORIE

In den folgenden Abschnitten wird die Theorie der VWC, Temperatur und EC (nur TEROS 12) erläutert, die mit dem TEROS 11/12 gemessen werden.

### 3.3.1 VOLUMENWASSERGEHALT

Die Sensoren TEROS 11/12 verwenden ein elektromagnetisches Feld, um die dielektrische Permittivität des umgebenden Mediums zu messen. Der Sensor versorgt die Sensornadeln mit einer 70-MHz-Schwingwelle, die sich entsprechend der Dielektrizität des Materials aufladen. Die Ladezeit ist proportional zur Dielektrizität des Substrats und zum VWC des Substrats. Der Mikroprozessor des TEROS 11/12 misst die Ladezeit und gibt einen Rohwert basierend auf der Dielektrizität des Substrats aus

. Der Rohwert wird dann durch eine für das Substrat spezifische Kalibrierungsgleichung in VWC umgewandelt ([Abschnitt 4.1](#)).

### 3.3.2 TEMPERATUR

Der TEROS 11 verwendet einen kleinen Thermistor, der auf der Leiterplatte in der Nähe der unteren Nadel angebracht ist. Die Temperaturmessung des TEROS 11 ist so optimiert, dass sie genau ist, wenn der TEROS 11 vollständig in Erde oder Substrat eingegraben ist. Der TEROS 12 verwendet einen Thermistor in der mittleren Nadel, um Temperaturmessungen durchzuführen, reagiert schneller auf Temperaturänderungen und eignet sich besser für das Einstechen nur der Nadel in Substrate in Gewächshäusern und Baumschulen. Die Ausgangstemperatur der TEROS 11/12-Sensoren geben die Temperatur in Grad Celsius aus, sofern im Datenloggerprogramm, z. B. in den Einstellungen der ZENTRA-Software, nichts anderes angegeben ist.

**HINWEIS:** Auch wenn der Sensorkopf weiß ist, kann die Temperaturmessung bei direkter Sonneneinstrahlung zu hohen Werten führen. Seien Sie vorsichtig, wenn Sie den Sensor mit dem Sensorkopf in der Sonne installieren.

### 3.3.3 ELEKTRISCHE LEITFÄHIGKEIT (NUR TEROS 12)

Die elektrische Leitfähigkeit (EC) ist die Fähigkeit einer Substanz, Elektrizität zu leiten, und kann verwendet werden, um die Menge der in einer Lösung vorhandenen Ionen zu bestimmen. Die EC wird gemessen, indem ein Wechselstrom an zwei Elektroden angelegt und der Widerstand zwischen ihnen gemessen wird. Die Gesamt-EC wird durch Multiplikation des Kehrwerts des Widerstands (Leitfähigkeit) mit der Zellkonstante (dem Verhältnis des Abstands zwischen den Elektroden zu ihrer Fläche) ermittelt. TEROS 12 Sensor Gesamt

EC-Messungen werden auf die EC bei 25 °C normiert. Die Bulk-EC-Messung ist werkseitig so kalibriert, dass sie über den Bereich, der in den meisten Böden und Wachstumsmedien vorkommt, genau ist.

EC-Messungen über 10 dS/m reagieren empfindlich auf Verunreinigungen der Elektroden durch Hautfette usw. Befolgen Sie die Reinigungsanweisungen in [Abschnitt 4.2](#), wenn Sie die EC von salzhaltigen Böden messen.

### 3.3.4 UMRECHNUNG VON BULK-EC IN POREN-EC (NUR TEROS 12)

Für viele Anwendungen ist es von Vorteil, den EC-Wert der in den Bodenporen enthaltenen Lösung ( $\sigma_p$ ) zu kennen, da dieser ein guter Indikator für die Konzentration der gelösten Stoffe im Boden ist. Traditionell wird  $\sigma_p$  durch Entnahme von Porenwasser aus dem Boden und direkte Messung von  $\sigma_p$  ermittelt, was ein zeitaufwändiger und arbeitsintensiver Prozess ist. Der TEROS 12-Sensor misst den EC-Wert des Volumens

Boden um die Sensoren herum ( $\sigma_b$ ). Es wurden umfangreiche Forschungsarbeiten durchgeführt, um die Beziehung zwischen  $\sigma_b$  und  $\sigma_p$  zu bestimmen. Hilhorst (2000) nutzte die lineare Beziehung zwischen der dielektrischen Permittivität des Bodens ( $r_b$ ) und  $\sigma_b$ , um  $\sigma_b$  genau in  $\sigma_p$  umzuwandeln wenn  $r_b$  bekannt ist. Der TEROS 12-Sensor misst  $r_b$  und  $\sigma_b$  nahezu gleichzeitig im gleichen Bodenvolumen. Daher eignet sich der TEROS 12 gut für diese Methode.

Die Porenwasserleitfähigkeit ( $\sigma_p$ ) wird anhand von **Gleichung 1** bestimmt (Ableitung siehe Hilhorst 2000):

$$\sigma_p = \frac{\epsilon_p \sigma_b}{\epsilon - \epsilon_b} \quad \text{Gleichung 1}$$

$b$        $\epsilon_b = 0$

wobei

- $\sigma_p$  die Porenwasser-EC (dS/m) ist,
- $r_p$  der reelle Anteil der dielektrischen Permittivität des Bodenporenwassers (einheitenlos) ist,
- $\sigma_b$  ist die direkt mit TEROS 11/12 gemessene Gesamt-EC (dS/m),
- $r_b$  ist der reale Anteil der dielektrischen Permittivität des Bodens (einheitenlos) und
- $\epsilon_{ab} = 0$  ist der reelle Teil der dielektrischen Permittivität des Bodens, wenn die elektrische Leitfähigkeit 0 ist (einheitenlos).

Die dielektrische Permittivität des Bodenporenwassers ( $r_p$ ) wird anhand der Bodentemperatur mit **Gleichung 2** berechnet:

$$r_p = 80,3 - 0,37 \times (T_{Boden} - 20) \quad \text{Gleichung 2}$$

wobei  $T_{Boden}$  die vom TEROS 12 gemessene Bodentemperatur (°C) ist.

Schließlich ist  $r_{ob=0}$  ein Offset-Term, der grob die dielektrische Permittivität des trockenen Bodens darstellt. Hilhorst (2000) empfahl,  $r_{ob=0} = 4,1$  als generischen Offset zu verwenden. Hilhorst (2000) bietet eine einfache und leicht anzuwendende Methode zur Bestimmung von  $r_{ob=0}$  für einzelne Bodentypen, die in den meisten Fällen die Genauigkeit der Berechnung von  $\sigma_p$  verbessert.

METER-Tests zeigen, dass die Methode zur Berechnung von  $\sigma_p$  (**Gleichung 1**) in feuchten Böden und anderen Wachstumsmedien eine gute Genauigkeit ( $\pm 20\%$ ) liefert. In trockenen Böden, in denen der VWC weniger als  $0,10 \text{ m}^3 / \text{m}^3$  beträgt, wird der Nenner von **Gleichung 1** sehr klein, was zu großen potenziellen Fehlern führt. METER empfiehlt,  $\sigma_p$  in Böden mit einem VWC  $< 0,10 \text{ m}^3 / \text{m}^3$  nicht mit dieser Methode zu berechnen.

### 3.3.5 PORENWASSER IM VERGLEICH ZU SATURATION EXTRACT EC (NUR TEROS 12)

Wie in [Abschnitt 3.3.4](#) erwähnt, kann die Porenwasser-EC aus der Gesamt-EC unter Verwendung der vom Sensor gemessenen dielektrischen Permittivität des Mediums berechnet werden. Die Porenwasser-EC ist jedoch nicht mit der Sättigungsextrakt-EC identisch.

Die Porenwasser-EC ist die EC des Wassers im Porenraum des Bodens. Diese könnte direkt gemessen werden, wenn der Boden unter hohem Druck zusammengedrückt würde, um Wasser aus der Bodenmatrix zu pressen, und dieses Wasser gesammelt und auf seine EC getestet würde.

Die EC des Sättigungsextrakts ist die EC des Porenwassers, das aus einer gesättigten Paste entfernt wurde. Die EC des Sättigungsextrakts kann direkt gemessen werden, wenn destilliertes Wasser verwendet wird, um den Boden zu befeuchten, bis er gesättigt ist. Der Boden wird dann auf Filterpapier in einem Vakuumtrichter gelegt und abgesaugt. Eine EC-Messung des aus der gesättigten Probe extrahierten Wassers ergibt die EC des Sättigungsextrakts.

Theoretisch hängen die Leitfähigkeit des Porenwassers und die Leitfähigkeit des Sättigungsextrakts vom Sättigungsgrad (VWC/Gesamtporosität) des Bodens ab.

Ein Berechnungsbeispiel veranschaulicht diesen Zusammenhang:

---

**Beispiel** Ein Boden hat eine VWC von  $0,1 \text{ m}^3/\text{m}^3$ , eine Porenwasser-EC von  $0,7 \text{ dS/m}$  und eine Trockenmasse-Dichte von  $1,5 \text{ Mg/m}^3$ .

Die Gesamtporosität des Bodens kann mit [Gleichung 3](#) berechnet werden:

$$\begin{aligned}\phi &= 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \\ &= 1 - \frac{1,5}{2,65} \\ &= 0,43\end{aligned}$$

**Gleichung 3**

Der Sättigungsextrakt EC kann wie in [Gleichung 4](#) dargestellt berechnet werden:

$$\begin{aligned}\text{Lösung EC} &= \frac{\sigma_p \Theta + \sigma_d (\phi - \Theta)}{\phi} \\ &= \frac{0,7(0,1) + 0}{0,43} \\ &= 0,162\end{aligned}$$

**Gleichung 4**

wobei

- $\phi$  die Porosität (einheitenlos) ist,
- $\rho_b$  ist die Trockenrohdichte des Bodens ( $\text{Mg/m}^3$ ),
- $\rho_s$  ist die Dichte der Mineralien oder Partikeldichte (angenommen  $2,65 \text{ Mg/m}^3$ ),
- $\sigma_p$  ist die elektrische Leitfähigkeit des Porenwassers ( $\text{dS/m}$ ),
- $\sigma_d$  ist die Leitfähigkeit von destilliertem Wasser ( $0 \text{ dS/m}$ ) und
- ist VWC ( $\text{m}^3/\text{m}^3$ ).

In der Praxis stimmen die mit dieser Methode berechnete Lösungskonzentration und die aus einer Laborbodenuntersuchung gewonnene Lösungskonzentration möglicherweise nicht gut überein, da das Befeuchten des Bodens bis zu einer gesättigten Paste sehr ungenau ist.

## 4. SERVICE

Dieser Abschnitt enthält Informationen zur Kalibrierung, Kalibrierungsintervalle, Reinigungshinweise, Hinweise zur Fehlerbehebung, Kontaktinformationen für den Kundendienst sowie die Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

### 4.1 K SKALIBRIERUNGEN

Dieser Abschnitt umfasst die Kalibrierung für mineralische Böden, erdelose Medien und dielektrische Materialien für TEROS 11/12, wobei  $\square$  die VWC (in  $m^3 / m^3$ ) ist, wobei  $r$  die Dielektrizitätskonstante ist und wobei  $RAW$  der Rohsensorausgang ist, wenn er mit einem METER oder einem Datenlogger eines Drittanbieters gelesen wird.

Der TEROS 11/12 ist unempfindlich gegenüber Schwankungen der Bodenbeschaffenheit und der elektrischen Leitfähigkeit, da er mit einer hohen Messfrequenz arbeitet. Daher sollte seine generische Kalibrierungsgleichung zu einer angemessenen absoluten Genauigkeit führen:  $0,03 m^3 / m^3$  für die meisten mineralischen Böden bis zu einer Sättigungsextraktionsrate von  $8 dS/m$ . Seine Kalibrierungsgleichungen sind unten für mineralische Böden, erdelose Kultursubstrate (d. h. Blumenerde, Perlit oder Torfmoos) und dielektrische Permittivität aufgeführt.

Für eine höhere Genauigkeit wird den Kunden empfohlen, [bodenspezifische Kalibrierungen](#) durchzuführen. Weitere Informationen zur Kalibrierung von Sensoren oder zum Kalibrierservice von METER (Kalibrierungen werden gegen eine Standardgebühr durchgeführt) finden Sie unter [Kalibrierung von Bodensensoren](#) oder wenden Sie sich an [den Kundendienst](#).

#### 4.1.1 MINERALBÖDEN

Gemäß METER-Tests reicht eine einzige Kalibrierungsgleichung in der Regel für die meisten mineralischen Bodenarten mit EC-Werten von  $0 dS/m$  bis  $8 dS/m$  Sättigungsextrakt aus. VWC ( $\square$ ) wird durch [Gleichung 5](#) angegeben:

$$\Theta(m^3 / m^3) = 3,879 \times 10^{-4} \times RAW - 0,6956 \quad \text{Gleichung 5}$$

Für die Kalibrierung mineralischer Böden wird eine lineare Gleichung verwendet, da sie die besten Vorhersagen für die VWC im Bereich der in mineralischen Böden vorkommenden VWC liefert. Diese Gleichung erreicht jedoch bei reinem Wasser ein Maximum bei etwa  $0,70 m^3 / m^3$ . Um Daten auf einer Skala von

$0$  bis  $1,0 m^3 / m^3$ , VWC sollte mit einer quadratischen Gleichung modelliert werden (was zu  $1,0 m^3 / m^3$  im Wasser führen würde). METER empfiehlt dies jedoch nicht für mineralische Böden, da dies häufig zu einer weniger genauen Kalibrierung im Bereich der in mineralischen Böden vorkommenden VWC führt.

#### 4.1.2 ERDFREIE SUBSTRATE

TEROS 11/12-Sensoren werden in Blumenerde, Perlit und Torf kalibriert. Das Ziel ist es, eine generische Kalibrierungsgleichung zu erstellen, die in vielen nicht-bodenkontaktierten Substraten mit einer Genauigkeit von besser als  $0,05 m^3 / m^3$  funktioniert. Für eine höhere Genauigkeit sollte eine medien-spezifische Kalibrierung durchgeführt werden.

sollte die Genauigkeit auf  $0,01$  bis  $0,02 m^3 / m^3$  verbessern. Die Unterschiede zwischen den Kalibrierungen für mineralische Böden und erdelose Medien sind auf den hohen Luftanteil in den organischen Böden zurückzuführen, der die Anfangsdielektrizitätskonstante (trockenes Medium) des Sensors senkt.

Die Kalibrierung für verschiedene Blumenerden, Perlit und Torfmoos ist in [Gleichung 6](#) dargestellt:

$$\Theta(m^3 / m^3) = 6,771 \times 10^{-10} \times RAW^3 - 5,105 \times 10^{-6} \times RAW^2 + 1,302 \times 10^{-2} \times RAW - 10,848 \quad \text{Gleichung 6}$$

### 4.1.3 SCHEINPERMITTIVITÄT

Die scheinbare dielektrische Permittivität ( $r_a$ ) kann zur Bestimmung des VWC unter Verwendung externer veröffentlichter Gleichungen wie der Topp-Gleichung (Topp et al. 1980) verwendet werden. Die dielektrische Permittivität wird auch zur Berechnung der EC des Porenwassers verwendet. Die dielektrische Permittivität wird durch [Gleichung 7](#) angegeben:

$$\epsilon = (2,887 \times 10^{-9} \times \text{RAW}^3 - 2,080 \times 10^{-5} \times \text{RAW}^2 + 5,276 \times 10^{-2} \times \text{RAW} - 43,39)^2$$

**Gleichung 7**

## 4.2 REINIGUNG

Wenn die Sensornadeln durch Hautkontakt oder andere Ursachen mit Öl verschmutzt sind, müssen sie gereinigt werden, um genaue EC-Messwerte in salzhaltigen Böden mit einer Gesamt-EC von mehr als 10 dS/m zu gewährleisten.

1. Reinigen Sie jede Nadel mit einem milden Reinigungsmittel wie flüssigem Spülmittel und einem nicht scheuernden Schwamm oder Tuch.  
**HINWEIS:** Vermeiden Sie Reinigungsmittel, die Lotions oder Feuchtigkeitscremes enthalten.
2. Spülen Sie den Sensor und die Nadeln gründlich mit Leitungswasser oder entionisiertem (DI) Wasser ab.  
**HINWEIS:** Berühren Sie die Nadeln nicht mit bloßen Händen und bringen Sie sie nicht mit Öl oder anderen nichtleitenden Rückständen in Kontakt.

## 4.3 FEHLERSUCHE

Tabelle 3 Fehlerbehebung beim TEROS 11/12

Problem	Mögliche Lösung
Sensor reagiert nicht	Überprüfen Sie die Stromversorgung des Sensors. Überprüfen Sie die Unversehrtheit des Sensorkabels und des Stereosteckers. Überprüfen Sie die Verkabelung des Datenloggers, um sicherzustellen, dass Braun die Stromversorgung, Orange den digitalen Ausgang und blank die Masse ist.
Sensorwert zu niedrig (oder leicht negativ)	Überprüfen Sie, ob Luftspalte um die Sensornadeln herum vorhanden sind. Diese können unter der Oberfläche des Substrats entstehen, wenn die Nadel auf ein großes Materialstück trifft und es aus dem Weg drückt oder wenn der Sensor nicht perfekt linear eingeführt ist. Stellen Sie sicher, dass die verwendete Kalibrierungsgleichung für den Medientyp geeignet ist. Es gibt erhebliche Unterschiede zwischen den Substratkalibrierungen, verwenden Sie daher unbedingt die für das jeweilige Substrat spezifische Kalibrierung.

**Tabelle 3 Fehlerbehebung beim TEROS 11/12 (Fortsetzung)**

Problem	Mögliche Lösung
Sensorwert zu hoch	<p>Stellen Sie sicher, dass das Medium bei der Installation des Sensors nicht zu stark oder zu schwach gepackt wurde. Eine höhere Dichte kann zu erhöhten Sensorwerten führen.</p> <p>Stellen Sie sicher, dass die verwendete Kalibrierungsgleichung für den Medientyp geeignet ist. Es gibt erhebliche Unterschiede zwischen den Kalibrierungen.</p> <p>Verwenden Sie daher unbedingt die für das Substrat am besten geeignete Kalibrierung oder erwägen Sie die Entwicklung einer substratspezifischen Kalibrierung für das jeweilige Medium.</p> <p>Einige Substrate weisen von Natur aus eine hohe dielektrische Permittivität auf (z. B. Böden vulkanischen Ursprungs oder mit hohem Titangehalt). Wenn das Substrat eine Trocken-Dielektrizitätskonstante von über 6 aufweist, muss möglicherweise eine benutzerdefinierte Kalibrierung durchgeführt werden. Böden mit einer Gesamt-Leitfähigkeit von mehr als 10 dS/m erfordern substratspezifische Kalibrierungen (<a href="#">Abschnitt 4.1</a>).</p>
Defekt des Kabel- oder Stereosteckers	<p>Wenn ein Stereostecker beschädigt ist oder ausgetauscht werden muss, wenden Sie sich an <a href="#">den Kundendienst</a>, um einen Ersatzstecker und ein Spleißset zu erhalten.</p> <p>Wenn ein Kabel beschädigt ist, befolgen Sie diese <a href="#">Richtlinien für Kabelverbindungs- und Versiegelungstechniken</a>.</p>

## 4.4 KUNDENBETREUUNG

### NORDAMERIKA

Kundendienstmitarbeiter stehen Ihnen bei Fragen, Problemen oder Feedback montags bis freitags von 7:00 bis 17:00 Uhr pazifischer Zeit zur Verfügung.

- E-Mail:** [support.environment@metergroup.com](mailto:support.environment@metergroup.com)  
[sales.environment@metergroup.com](mailto:sales.environment@metergroup.com)
- Telefon:** +1.509.332.5600
- Fax** +1.509.332.5158
- Website:** [metergroup.com](http://metergroup.com)

### EUROPA

Kundendienstmitarbeiter stehen Ihnen bei Fragen, Problemen oder Feedback montags bis freitags von 8:00 bis 17:00 Uhr MEZ zur Verfügung.

- E-Mail:** [support@metergroup.de](mailto:support@metergroup.de)  
[sales@metergroup.de](mailto:sales@metergroup.de)
- Telefon:** +49 89 12 66 52 47
- Fax:** +49 89 12 66 52 36
- Website:** [metergroup.de](http://metergroup.de)

Wenn Sie METER per E-Mail kontaktieren, geben Sie bitte folgende Informationen an:

Name	E-Mail-Adresse
Adresse	Seriennummer des Geräts
Telefon	Beschreibung des Problems

**HINWEIS:** Bei Produkten, die über einen Händler erworben wurden, wenden Sie sich bitte direkt an diesen Händler, um Unterstützung zu erhalten.

## 4.5 ALLGEMEINE GESCHÄFTSBEDINGUNGEN

Durch die Verwendung von METER-Geräten und -Dokumentationen erklären Sie sich mit den Allgemeinen Geschäftsbedingungen der METER Group, Inc. USA einverstanden. Weitere Informationen finden Sie unter [www.metergroup.com/company/meter-group-inc-usa-terms-conditions](http://www.metergroup.com/company/meter-group-inc-usa-terms-conditions).

## REFERENZEN

Hilhorst, M. A. 2000. „A pore water conductivity sensor.“ *Soil Science Society of America Journal* 64 (6):1922–1925.

Topp, G. Clarke, J. L. Davis und Aa P. Annan. 1980. „Elektromagnetische Bestimmung des Bodenwassergehalts: Messungen in koaxialen Übertragungsleitungen.“ *Wasserressourcenforschung* 16 (3): 574–582.

# INDEX

## A

Anwendungen **1**

## C

Kalibrierung **18–19**

  Kalibrierung für kundenspezifische Böden **18**

  mineralische Böden **18**

  Erdelose Medien **18**

Reinigung der Sensoren **15, 19**

Konformität **13**

  CE **13**

  Konformitätserklärung **13**

Komponenten **13–14**

  Kabel **11**

  Steckertypen **11**

  Ferritkern **14**

  Nadeln **11, 13**

  Thermistor **13**

Konfiguration

*Siehe* Datenlogger, Anschluss an METER-Logger

Kundendienst **20**

## D

Datenlogger **6–7, 11**

  Anschluss an METER-Logger **6**

  Anschluss an Nicht-METER-Logger **7–8**

## E

Elektrische Leitfähigkeit **15–17**

  elektrische Leitfähigkeit des Volumens **15**

  Elektrische Leitfähigkeit des Porenwassers **15–16**

  Sättigungsextrakt elektrische  
  Leitfähigkeit **16–17**

E-Mail-Adresse **20**

## F

Faxnummer **20**

Ferritkern

  ca. **14**

## I

Installation

  Installationswerkzeu

  g **2**

  Methoden **5–6**

    Bohrloch **5**

    Graben **5**

  Vorbereitung **2**

    benötigte

    Werkzeuge **2**

## M

Wartung

*Siehe* Reinigung der Sensoren

## P

Telefonnummer **20**

## R

Referenzen **22**

## S

Sicherheit **2**

Bodenfeuchtigkeit **13**

Spezifikationen **10–13**

  Kompatibilität mit Datenloggern **11**

  Dielektrische Messfrequenz **10 EC**

*Siehe* Spezifikationen, elektrische

    Leitfähigkeit

  Elektrische Eigenschaften und Zeitverhalten **11–13**

  Elektrische Leitfähigkeit **10**

  Ausgang **10**

  Physikalische Spezifikationen **11**

  Temperatur **10**

  Einflussvolumen **14** Volumetrischer

  Wassergehalt **10 VWC**

*Siehe* Spezifikationen, volumetrischer

    Wassergehalt

**T**

Temperaturtheorie

**15**

Geschäftsbedingungen **21–22**

Theorie **15–18**

elektrische Leitfähigkeit **15–17**

*Siehe auch* elektrische Leitfähigkeit

Temperatur **15**

Volumenwassergehalt **15**

VWC

*Siehe* Theorie, volumetrischer Wassergehalt

Fehlerbehebung **19–20**

**V**

Spezifikationen zum volumetrischen

Wassergehalt **10**

Theorie **15**

**METER Group, Inc. USA**  
2365 NE Hopkins Court Pullman, WA 99163  
**T:** +1.509.332.5600    **F:** +1.509.332.5158  
**E:**info@metergroup.com    **W:** metergroup.com

**METER Group AG**  
Mettlacher Straße 8, 81379 München  
**T:** +49 89 1266520 **F:** +49 89 12665236  
**E:**info@metergroup.de    **W:** metergroup.de

