

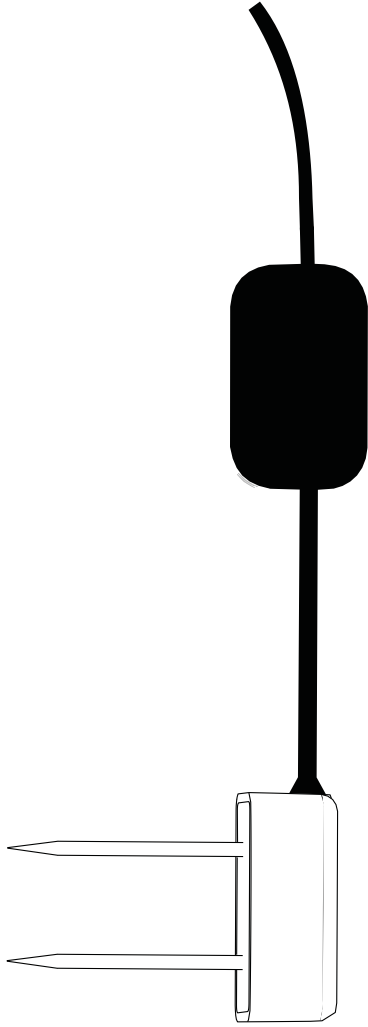


METER

TEROS 10

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einleitung	1
2. Betrieb	2
2.1 Installation	2
2.2 Anschluss	6
2.2.1 Anschluss an METER-Datenlogger	6
2.2.2 Mit Nicht-METER-Logger verbinden	7
2.3 Schnittstelle mit Datenloggern	8
3. System	9
3.1 Technische Daten	9
3.2 Komponenten	11
3.3 Theorie	12
4. Service	13
4.1 Kalibrierungen	13
4.1.1 Mineralböden	13
4.1.2 Erdelose Medien	13
4.1.3 Scheinbare dielektrische Permittivität	14
4.2 Fehlerbehebung	14
4.3 Kundendienst	15
4.4 Allgemeine Geschäftsbedingungen	16
Referenz	17
Index	18



1. EINLEITUNG

Vielen Dank, dass Sie sich für den TEROS 10 Bodenfeuchtesensor entschieden haben.

Der TEROS 10 Sensor ist für die Installation in mineralischen Böden, vielen Arten von Kultursubstraten und anderen porösen Materialien konzipiert.

Dieses Handbuch führt den Kunden durch die Funktionen und Anwendungsbereiche des Sensors und beschreibt, wie der Sensor erfolgreich eingesetzt werden kann.

- Messung des volumetrischen Wassergehalts (VWC)
- Messung der Wasserreserven im Boden
- Bewässerungsmanagement

Überprüfen Sie vor der Verwendung, ob der TEROS 10 in einwandfreiem Zustand angekommen ist. METER empfiehlt, die Sensoren vor dem Einsatz im Feld mit dem Datenlogger und der Software zu testen.

2. BETRIEBUNG

Bitte lesen Sie alle Anweisungen, bevor Sie das TEROS 10 in Betrieb nehmen, um sicherzustellen, dass es sein volles Potenzial entfalten kann.

VORSICHTSMASSNAHMEN

METER-Sensoren werden nach den höchsten Standards hergestellt. Missbrauch, unsachgemäßer Schutz oder unsachgemäße Installation können den Sensor beschädigen und möglicherweise zum Erlöschen der Herstellergarantie führen. Bevor Sie das TEROS 10 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 Gebiet 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 das TEROS 10 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 „ „

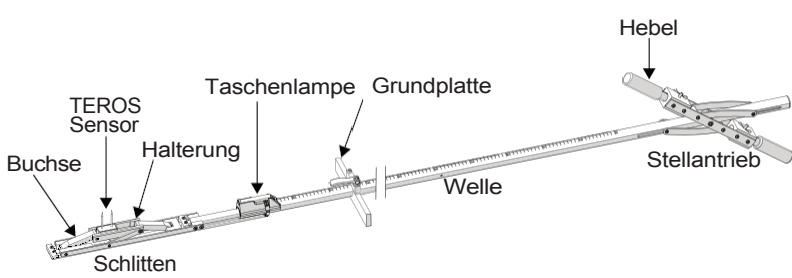
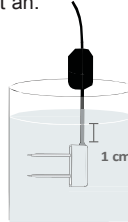
<p>Benötigte Werkzeuge</p>	<p>Erdbohrer oder Schaufel</p> <p>Sichere Befestigungsstelle für Datenlogger und Kabel Bohrloch-</p> <p>Installationswerkzeug (optional)</p> 
<p>Vorbereitung</p>	<p>Bestimmen Sie die beste Installationsmethode</p> <p>Es gibt mehrere Methoden zur Installation von Bodenfeuchtesensoren. Diese Methoden sind in Tabelle 2 beschrieben.</p>

Tabelle 1 Installation von Teros 10 (Fortsetzung)**Systemprüfung durchführen**

Stecken Sie den Sensor in den Datenlogger ([Abschnitt 2.2](#)), um sicherzustellen, dass der Sensor funktionsfähig ist.

Überprüfen Sie, ob alle Sensoren innerhalb der erwarteten Bereiche messen. Der TEROS-Verifizierungsclip liefert die beste Bewertung der ordnungsgemäßen Funktion und Genauigkeit des Sensors.

Der TEROS 10 sollte auf dem Verifizierungsclip einen Wert zwischen 0,35 und 0,42 m³/m³ anzeigen. Wenn kein Verifizierungsclip verfügbar ist, testen Sie die Sensor-Funktionsfähigkeit in Luft und Wasser. Der TEROS 10 zeigt in Wasser (Sensorkopf vollständig bis 1 cm über dem Kabel eingetaucht) einen Wert von ~0,64 m³/m³ und in Luft einen leicht negativen Wert an.

**Loch bohren**

Vermeiden Sie störende Objekte.

- Installationen in der Nähe großer Metallobjekte können die Sensorfunktion beeinträchtigen und die Messwerte verfälschen.
- Große Objekte wie Wurzeln oder Steine können die Nadeln verbiegen.

Bohren oder graben Sie ein Loch in der gewünschten Tiefe und Richtung entsprechend der gewünschten Installationsmethode ([Tabelle 2](#)).

Sensor einsetzen

Bestimmen Sie die Ausrichtung des Sensors. Der TEROS 10-Sensor kann in beliebiger Richtung positioniert werden. In vertikaler Position (wie unten dargestellt) wird der Wasserfluss jedoch weniger eingeschränkt. In vertikaler Position wird außerdem 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](#).

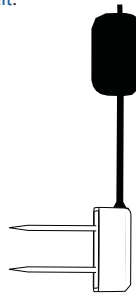
**Sensorkörper vertikal und Nadeln horizontal**

Tabelle 1 Installation von „ “ (Fortsetzung)

Vermeiden Sie Metall zwischen dem Sensor und dem Ferritkern, da dies die VWC-Messungen beeinträchtigen kann.

ACHTUNG: Minimieren Sie Luftspalte um den Sensor herum. Luftspalte um die Sensornadeln führen zu niedrigen Messwerten der Bodenfeuchte.

1. Setzen Sie den Teros 10 in das Bohrloch-Installationswerkzeug (BIT) ein.
HINWEIS: Das BIT bietet einen erheblichen mechanischen Vorteil. Anweisungen zur Installation des Teros 10 ohne BIT finden Sie in [Tabelle 2](#).
2. Senken Sie das Werkzeug in das Loch oder den Graben ab, wobei die Rückseite des Werkzeugs von der gegenüberliegenden Wand gestützt wird.
3. Ziehen Sie den Hebel des Werkzeugs, um den Heber zu aktivieren, und setzen Sie den Sensor in die Seitenwand ein.

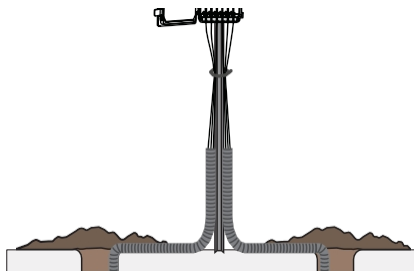
WARNUNG: Achten Sie bei der Installation von Sensoren in felsigen Böden darauf, dass die Sensornadeln nicht verbogen werden.

Kabel sichern und schützen

HINWEIS: Unsachgemäß geschützte Kabel können zu Kabelbrüchen oder getrennten Sensoren führen. Probleme mit der Verkabelung 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 10 und dem Datenlogger an einer oder mehreren Stellen zusammen und befestigen Sie sie am Montagemaßstab.



Anschluss an den Datenlogger

Stecken Sie den Sensor in den Datenlogger.

Verwenden Sie den Datenlogger, um sicherzustellen, dass der Sensor richtig misst. Vergewissern Sie sich, dass diese Messwerte innerhalb der erwarteten Bereiche liegen.

Weitere Anweisungen zum Anschluss an Datenlogger finden Sie in [Abschnitt 2.2](#).

Das Loch wieder auffüllen

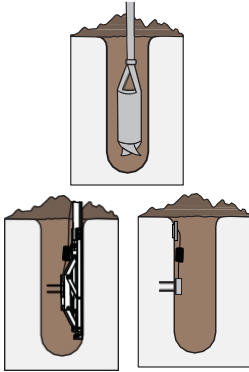
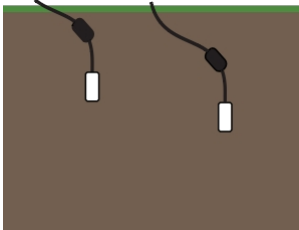
Füllen Sie das Loch wieder mit Erde auf und verdichten Sie diese bis zur ursprünglichen Schüttdichte.

Schlagen Sie nicht auf den Ferritkern, da dies den Sensor aus dem Boden herausziehen könnte.

Installation
(Fortsetzung
)

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 Sensors Best Practices Installation Guide](#) oder wenden Sie sich an [den Kundendienst](#).

Tabelle 2 Installationsmethoden für „ „

Bohrloch			
<p>Bei dieser Methode wird das TEROS-Bohrloch-Installationswerkzeug (Tabelle 1) verwendet, mit dem ein Profil von Bodenfeuchtesensoren in verschiedenen Tiefen installiert werden kann. innerhalb eines einzigen Bohrlochs. 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.</p> <p>HINWEIS: Die Bohrlochmethode erfordert ein spezielles Installationswerkzeug, das bei METER erhältlich ist, wenn die Installation in einer Tiefe von mehr als 50 cm erfolgt.</p>		<p>Vorteil</p> <p>Minimiert die Bodenverstörung am Messort.</p>	<p>Nachteil</p> <p>Erfordert ein spezielles Installationswerkzeug, das bei METER gemietet werden kann.</p>
Graben			
<p>Diese Methode eignet sich am besten für flache Installationen (weniger als 40 cm). Dazu muss mit einer Schaufel, einem Bagger usw. 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.</p> <p>Der Sensor wird vorsichtig von Hand in den ungestörten Boden der Grabenwand eingebaut. Der Graben wird sorgfältig wieder aufgefüllt, um die Schüttdichte des Bodens zu erhalten und zu vermeiden, dass der installierte Sensor durch versehentliches Verhaken des Ferritkerns verschoben wird.</p>		<p>Vorteil</p> <p>Es sind keine Spezialgeräte erforderlich.</p>	<p>Nachteil</p> <p>Große Bodenverstörung am Messort.</p> <p>Möglicherweise großer Aushubaufwand.</p>

2.2 VERBINDEN

Der TEROS 10 arbeitet nahtlos mit METER-Datenloggern zusammen. Der TEROS 10 kann auch mit anderen Datenloggern verwendet werden, beispielsweise denen von Campbell Scientific, Inc. ([Abschnitt 2.2.2](#)).

TEROS 10-Sensoren benötigen eine Erregungsspannung im Bereich von 3,0 bis 15,0 VDC.

TEROS 10-Sensoren werden mit einem 3,5-mm-Stereo-Stecker ([Abbildung 1](#)) geliefert, um den Anschluss an METER-Logger zu erleichtern. TEROS 10-Sensoren können mit abisolierten und verzinnnten Drähten bestellt werden, um den Anschluss an einige Logger von Drittanbietern zu erleichtern ([Abschnitt 2.2.2](#)).



Abbildung 1 Stereo-Stecker

Der TEROS 10-Sensor wird standardmäßig mit einem 5 m langen Kabel geliefert. Gegen Aufpreis (pro Meter) kann er mit einer kundenspezifischen Kabellänge von erworben werden. In einigen Fällen kann das Kabel vom Benutzer auf über 75 m verlängert werden, was jedoch aus verschiedenen Gründen nicht empfohlen wird. Bitte wenden Sie sich an [den Kundendienst](#), um weitere Informationen zu erhalten, bevor Sie Kabel verlängern oder spleißen.

2.2.1 ANSCHLUSS AN DEN MESSGERÄT-DATENLOGGER

Der TEROS 10-Sensor arbeitet am effizientesten mit Datenloggern der METER ZENTRA-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 mobilfunkfähige Datenlogger) erfolgen.

1. Stecken Sie den Stereostecker in einen der Sensoranschlüsse des Datenloggers.
2. Verwenden Sie die entsprechende Softwareanwendung, um den ausgewählten Logger-Anschluss für den TEROS 10 zu konfigurieren.

HINWEIS: Der TEROS 10 ist ein analoger Sensor. Der METER-Logger erkennt den TEROS 10 nicht automatisch. Bitte verwenden Sie ZENTRA Utility oder ZENTRA Cloud, um die richtige Konfiguration vorzunehmen.

3. Legen Sie das Messintervall fest.

METER-Datenlogger messen den TEROS 10 jede Minute und geben den Durchschnitt der 1-Minuten-Daten über das gewählte Messintervall zurück.

Die TEROS 10-Daten können mit ZENTRA Utility oder ZENTRA Cloud von den 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 LOGGER

Der TEROS 10 kann für die Verwendung mit Nicht-METER-Datenloggern (von Drittanbietern) erworben werden. Einzelheiten zur Kommunikation, Stromversorgung und Erdungsanschlüsse des Loggers finden Sie im Handbuch des Drittanbieter-Loggers. METER bietet einige Beispielprogramme für die Einrichtung von Drittanbieter-Loggern (siehe die [METER-Download-Webseite](#)).

TEROS 10-Sensoren können mit abisolierten und verzinnzte (Pigtail-)Drähten für die Verwendung mit Schraubklemmen bestellt werden. Einzelheiten zur Verkabelung finden Sie im Handbuch des Datenloggers eines Drittanbieters.

Verbinden Sie die TEROS 10-Kabel wie in [Abbildung 2](#) und [Abbildung 3](#) dargestellt mit dem Datenlogger, wobei das Versorgungskabel (braun) an die Erregung, das analoge Ausgangskabel (orange) an einen analogen Eingang und das blanke Erdungskabel an die Erde angeschlossen wird.

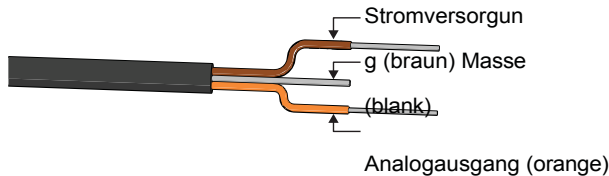


Abbildung 2 Pigtail-Verkabelung des

HINWEIS: Einige ältere Adapterkabel verfügen möglicherweise über das ältere Decagon-Verkabelungsschema, bei dem die Stromversorgung weiß, der digitale Ausgang rot und der blanke Draht die Masse ist.

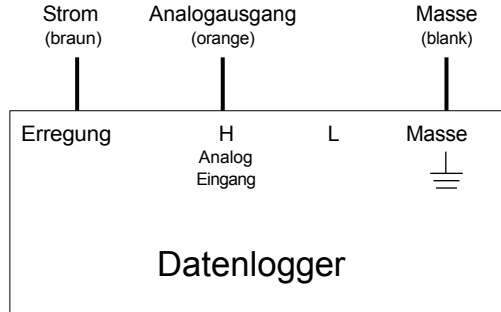


Abbildung 3 Schaltplan

HINWEIS: Der zulässige Bereich für die Erregerspannung liegt zwischen 3,0 und 15,0 VDC. Um TEROS 10-Sensoren mit Camp Bell Scientific-Datenloggern auszulesen, versorgen Sie die Sensoren über einen geschalteten 12-V-Anschluss mit Strom.

Wenn das TEROS 10-Kabel über einen Standard-Stereo-Stecker verfügt und an einen Nicht-METER-Datenlogger angeschlossen werden muss, verwenden Sie eine der beiden folgenden Optionen.

Option 1

1. Schneiden Sie den Stereostecker am Sensorkabel ab.
2. Isolieren Sie die Drähte ab und verzinnen Sie sie.
3. Verbinden Sie es 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](#): 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 selbstklebenden Schrumpfschlauch an den Anschlüssen des Pigtail-Adapters, um sicherzustellen, dass sich der Sensor während des Gebrauchs nicht löst.

2.3 ANSCHLUSS AN DATENLOGGER

Der TEROS 10-Sensor ist für den effizienten Einsatz mit METER-Datenloggern ausgelegt. Alle METER-Auslesegeräte verwenden eine 3,0-VDC-Erregung.

Die Sensoren können jedoch auch für die Verwendung mit anderen Datenloggern, beispielsweise von Campbell Scientific, Inc., angepasst werden. Der TEROS 10 benötigt eine Erregungsspannung im Bereich von 3,0 bis

15,0 VDC. Die Sensoren erzeugen eine Ausgangsspannung, die von der Dielektrizitätskonstante des den Sensor umgebenden Mediums abhängt und zwischen 1.000 und 2.500 mV liegt. Jeder Datenlogger, der eine Erregungsspannung von 3,0 bis 15,0 VDC mit einer Dauer von ca. 10 ms erzeugen und ein Spannungssignal mit einer Auflösung von 12 Bit oder besser lesen kann, sollte mit dem TEROS 10-Sensor kompatibel sein. Der Strombedarf des TEROS 10 beträgt 12 mA bei 3 VDC.

METER hat den TEROS 10-Sensor für die Verwendung mit Datenloggern und Auslesegeräten entwickelt, die kurze Erregungsimpulse liefern, sodass die Sensoren die meiste Zeit ausgeschaltet bleiben. Eine kontinuierliche Erregung verschwendet nicht nur Batteriestrom, sondern kann unter bestimmten Umständen dazu führen, dass zu einer Überschreitung der von der Regierung festgelegten Grenzwerte für elektromagnetische Emissionen führen. Versorgen Sie den TEROS 10-Sensor nicht kontinuierlich mit Strom.

3. SYSTEM

In diesem Abschnitt werden die Komponenten und Funktionen des TEROS 10-Sensors beschrieben.

3.1 TECHNISCHE DATEN

MESSSPEZIFIKATIONEN

Volumetrischer Wassergehalt (VWC)	
Bereich	
Mineralboden-Kalibrierung	0,00–0,64 m ³ /m ³
Kalibrierung für erdelose Medien	0,0–0,7 m ³ /m ³
Scheinbare dielektrische Permittivität (ϵ_a)	1 (Luft) bis 80 (Wasser)
HINWEIS: Der VWC-Bereich hängt von dem Medium ab, auf das der Sensor kalibriert ist. Eine benutzerdefinierte Kalibrierung deckt die erforderlichen Bereiche für die meisten Substrate ab.	
Auflösung	0,001 m ³ /m ³
Genauigkeit	
Kalibrierung für mineralische Böden	$\pm 0,03$ m ³ /m ³ typisch für mineralische Böden mit einer Lösung EC <8 dS/m
Kalibrierung von erdelosen Medien	$\pm 0,05$ m ³ /m ³ typisch für Medien mit einer Lösung EC <8 dS/m
Mittelspezifische Kalibrierung	$\pm 0,01$ –0,02 m ³ /m ³ in jedem porösen Medium
Scheinbare dielektrische Permittivität (ϵ_a)	1–40 (Bodenbereich) , $\pm 1 \epsilon_a$ (einheitenlos) 40–80, 15 % der Messung
Frequenz der dielektrischen Messung	
70 MHz	

KOMMUNIKATIONSSpezifikationen

Ausgang
1.000–2.500 mV
Kompatibilität mit Datenloggern
Datenerfassungssysteme, die eine geschaltete 3,0–15 VDC-Erregung und Single-Ended-Spannungsmessung mit einer Auflösung von mindestens 12 Bit ermöglichen.

PHYSIKALISCHE SPEZIFIKATIONEN

Abmessungen

Länge	5,1 cm (2,02 Zoll)
Breite	2,4 cm
Höhe	7,5 cm

Nadel Länge

5,4 cm

Kabellänge

5 m (Standard)

40 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 (VIN zu GND)

Minimum	3,0 VDC
Typisch	NA
Maximal	15,0 VDC

Betriebstemperaturbereich

Minimum	-40 °C
Typisch	NA
Maximal	60 °C

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

Messdauer

Minimum	10 ms
Typisch	NA
Maximal	NA

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 10-Sensor misst den volumetrischen Wassergehalt des Bodens mithilfe von Edelstahlnadeln. Ein Ferritkern, der sich 7,6 cm vom Sensorkopf entfernt am TEROS 10-Sensorkabel befindet, dient dazu, den Sensor von Störungen im System zu isolieren. Dies mindert mögliche Störgeräusche aus dem System auf die gemessenen Sensordaten. Es ist wichtig, nichts an dem Kabelabschnitt zwischen dem Sensorkopf und dem Ferritkern anzubringen, da dies die Messungen beeinflussen könnte.

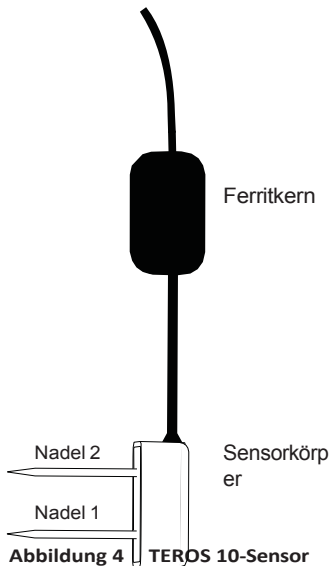


Abbildung 4

Die Messempfindlichkeit des TEROS 10 VWC liegt innerhalb eines Volumens von 430 ml, das in [Abbildung 5](#) grob dargestellt ist. Das Prüfprotokoll und eine ausführlichere Analyse finden Sie in der Anwendungshinweis „[Messvolumen von METER-Sensoren für den volumetrischen Wassergehalt](#)“.

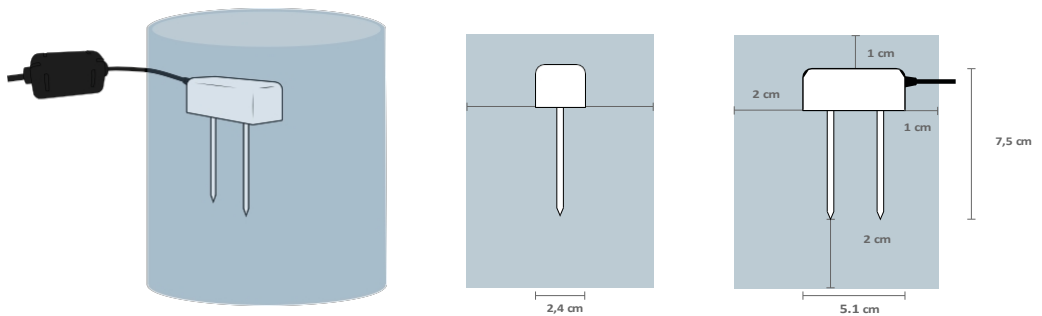


Abbildung 5 VWC-Einflussvolumen

HINWEIS: Das TEROS 10 liefert sofortige oder nahezu sofortige Messungen; aufgrund der Empfindlichkeit des Messkopfes ist das TEROS 10 jedoch nicht gut für Punktmessungen der VWC geeignet.

3.3 THEORIE

Die TEROS 10-Sensoren verwenden ein elektromagnetisches Feld, um die scheinbare dielektrische Permittivität (ϵ_a) des umgebenden Mediums zu messen. TEROS 10-Sensoren liefern eine 70-MHz-Schwingungswelle an die Sensornadeln, die sich entsprechend der Dielektrizität des Materials aufladen. Die Ladezeit ist proportional zur Dielektrizität des Substrats und zum VWC des Substrats. Die

Der Mikroprozessor TEROS 10 misst die Ladezeit und gibt einen Rohwert basierend auf dem Substrat $\epsilon_{(a) \text{ aus}}$. Der Rohwert wird dann durch eine für das Substrat spezifische Kalibrierungsgleichung in VWC umgewandelt (Abschnitt 4.1).

4. SERVICE

Dieser Abschnitt enthält Informationen zu Kalibrierungsintervallen, Reinigungsrichtlinien, Richtlinien zur Fehlerbehebung, Kontaktinformationen für den Kundendienst sowie zu den Allgemeinen Geschäftsbedingungen.

4.1 K SKALIBRIERUNGEN

Im Folgenden finden Sie Erläuterungen zu den Kalibrierungen für mineralische Böden, erdelose Medien und dielektrische Medien für Teros 10, wobei „ \square “ die VWC (in m^3/m^3) ist, „e“ die Dielektrizitätskonstante und „RAW“ die Rohdatenausgabe des Sensors, wenn diese mit einem METER oder einem Datenlogger eines Drittanbieters ausgelesen werden.

Der Teros 10 ist unempfindlich gegenüber Schwankungen der Bodenbeschaffenheit und der elektromagnetischen Leitfähigkeit (EC), da er mit einer hohen Messfrequenz arbeitet. Daher sollte seine generische Kalibrierungsgleichung zu einer angemessenen absoluten Genauigkeit führen: $0,03 \text{ m}^3/\text{m}^3$ für die meisten mineralischen Böden bis zu einer Sättigungsextraktkonzentration von 8 dS/m . Für eine höhere Genauigkeit wird den Kunden jedoch empfohlen, [bodenspezifische Kalibrierungen](#) durchzuführen.

4.1.1 MINERALBÖDEN

Laut METER-Tests reicht eine einzige Kalibrierungsgleichung in der Regel für die meisten mineralischen Bodenarten mit einem EC-Wert von 0 dS/m bis 8 dS/m im Sättigungsextrakt aus. Der VWC (\square , Volumenwassergehalt) wird durch [Gleichung 1](#) angegeben:

$$\theta(\text{m}^3/\text{m}^3) = 1,895 \times 10^{-10} \times \text{RAW}^3 - 1,222 \times 10^{-6} \times \text{RAW}^2 + 2,855 \times 10^{-3} \times \text{RAW} - 2,154 \quad \text{Gleichung 1}$$

wobei RAW die Ausgabe des METER-Datenloggers ist.

Bei Verwendung eines Nicht-METER-Datenloggers wird der VWC durch [Gleichung 2](#) angegeben:

$$\theta(\text{m}^3/\text{m}^3) = 4,824 \times 10^{-10} \times mV^3 - 2,278 \times 10^{-6} \times mV^2 + 3,898 \times 10^{-3} \times mV - 2,154 \quad \text{Gleichung 2}$$

Für die Kalibrierung von Mineralböden wird eine Gleichung dritten Grades verwendet, da diese die besten Vorhersagen für die VWC im Bereich der in Mineralböden vorkommenden VWC liefert. Diese Gleichung erreicht jedoch gemäß [Gleichung 1](#) bei reinem Wasser ein Maximum bei etwa $0,77 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Um Daten auf einer Skala von 0 bis $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^3$ darzustellen, sollte die VWC mit einer quadratischen Gleichung modelliert werden (was zu einem Wert von $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^3$ in Wasser führen würde). METER empfiehlt dies jedoch nicht für mineralischen Böden, da dies häufig zu einer ungenaueren Kalibrierung im Bereich der in mineralischen Böden vorkommenden VWC führt.

4.1.2 ERDFREIE MEDIEN

TEROS 10-Sensoren werden in Blumenerde, Perlit und Kokosfasern kalibriert. Das Ziel ist es, eine generische Kalibrierungsgleichung zu erstellen, die in vielen Nicht-Boden-Substraten mit einer Genauigkeit von

$0,05 \text{ m}^3/\text{m}^3$ funktioniert. Für eine höhere Genauigkeit sollte eine medienbezogene Kalibrierung die Genauigkeit auf $0,01$ bis $0,02 \text{ m}^3/\text{m}^3$ verbessern. Die Unterschiede zwischen Kalibrierungen für mineralische Böden und erdelose Medien sind auf das hohe Luftvolumen in organischen Böden zurückzuführen, das den Ausgangswert (trocken) senkt.

Medien) Dielektrikum des Sensors. Weitere Informationen zur Kalibrierung von Sensoren oder zum Kalibrierservice von METER (Kalibrierungen werden gegen eine Standardgebühr durchgeführt) finden Sie im Artikel über [bodenspezifische Kalibrierungen](#) oder wenden Sie sich an [den Kundendienst](#).

Die Kalibrierung für verschiedene Blumenerden, Perlit und Torfmoos ist in [Gleichung 3](#) dargestellt:

$$\theta(m^3 / m^3) = 2,137 \times 10^{-10} \times RAW^3 - 1,465 \times 10^{-6} \times RAW^2 + 3,566 \times 10^{-3} \times RAW - 2,683 \quad \text{Gleichung 3}$$

wobei RAW die Ausgabe des METER-Datenloggers ist.

Bei Verwendung eines Nicht-METER-Datenloggers ergibt sich VWC aus [Gleichung 4](#):

$$\theta(m^3 / m^3) = 5,439 \times 10^{-10} \times mV^3 - 2,731 \times 10^{-6} \times mV^2 + 4,868 \times 10^{-3} \times mV - 2,683 \quad \text{Gleichung 4}$$

4.1.3 SCHEINPERMITTIVITÄT

Die scheinbare dielektrische Permittivität (ϵ_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 durch [Gleichung 5](#) angegeben:

$$\epsilon = 1.054 \times 10^{-4} \times e^{2,071 \times 10^{-3} \times RAW} \quad \text{Gleichung 5}$$

wobei RAW die Ausgabe des METER-Datenloggers ist.

Bei Verwendung eines Nicht-METER-Datenloggers wird VWC durch [Gleichung 6](#) angegeben:

$$\epsilon = 1.054 \times 10^{-1} \times e^{2,827 \times 10^{-3} \times mV} \quad \text{Gleichung 6}$$

4.2 FEHLERSUCHE

Tabelle 3 Fehlerbehebung beim TEROS 10

Problem	Mögliche Lösung
Sensor reagiert nicht	Überprüfen Sie die Stromversorgung des Sensors.
	Überprüfen Sie das Sensorkabel und die Unversehrtheit des 3,5-mm-Stereo-Steckers.
	Überprüfen Sie die Verkabelung des Datenloggers, um sicherzustellen, dass Braun die Stromversorgung, Orange den Analogausgang und blank die Masse ist.
Sensorwert zu niedrig (oder leicht negativ)	Versuchen Sie, den Stecker an einen anderen Logger-Anschluss anzuschließen.
	Überprüfen Sie, ob Luftspalte um die Sensornadeln herum vorhanden sind. Diese können unterhalb 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.

HINWEIS: Bei ordnungsgemäßer Funktion zeigt der Sensor in Luft einen leicht negativen Wert an.

Tabelle 3 Fehlerbehebung beim Teros 10 (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. 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 haben von Natur aus eine hohe dielektrische Permittivität (z. B. Böden vulkanischen Ursprungs oder mit hohem Titangehalt). Wenn das Substrat eine Trockendielektrizitätskonstante von über 6 aufweist, muss möglicherweise eine benutzerdefinierte Kalibrierung durchgeführt werden.</p>
Fehler am Kabel- oder Stereostecker	<p>Wenn ein Stereostecker beschädigt ist oder ausgetauscht werden muss, wenden Sie sich an den Kundendienst, um einen Ersatzstecker und ein Spleißset zu erhalten.</p> <p>Wenn ein Kabel beschädigt ist, befolgen Sie diese Richtlinien für Kabelverbindungs- und Abdichtungstechniken.</p>

4.3 KUNDENDIENST

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
sales.environment@metergroup.com

Telefon: +1.509.332.5600

Fax: +1.509.332.5158

Website: 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.europe@metergroup.com
sales.europe@metergroup.com

Telefon: +49 89 12 66 52 0

Fax: +49 89 12 66 52 20

Website: 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.

4.4 ALLGEMEINE GESCHÄFTSBEDINGUNGEN

Durch die Verwendung von METER-Instrumenten und -Dokumentation erklären Sie sich mit den Allgemeinen Geschäftsbedingungen der METER Group, Inc. USA einverstanden. Weitere Informationen finden Sie unter metergroup.com/terms-conditions.

REFERENZ

Topp, G. Clarke, J.L. Davis und A. Peter Annan. 1980. „Elektromagnetische Bestimmung des Bodenwassergehalts: Messung in koaxialen Übertragungsleitungen.“ Water Resources Research 16, Nr. 3: 574–582.

INDEX

A

Anwendungen 1

C

Kalibrierung

Kalibrierung für kundenspezifische
Böden 13 Dielektrizitätskonstante 14
mineralische Böden 13
erdelose Medien 13

Konformität 11

CE-Kennzeichnung 11

Konformitätserklärung 11

Komponenten 11–12

Kabel 10

Steckertypen 10

Ferritkern 11

Nadeln 10, 11 Konfiguration

Siehe Datenlogger-

Kundendienst 15

D

Datenlogger 6–7, 9

Anschluss an METER-Logger 6

Anschluss an Nicht-METER-Logger 7–
8

E

E-Mail-Adresse 15

F

Faxnummer 15

Ferritkern

etwa 11

I

Installation

Installationswerkze

ug 2

Methoden 5–6

Bohrloch 5

Graben 5

Vorbereitung 2

benötigte Werkzeuge

2

P

Telefonnummer 15

S

Sicherheit 2

Technische Daten 9–12

Kompatibilität mit Datenloggern 9

Dielektrische Messfrequenz 9

Elektrische und zeitliche Eigenschaften 10–12

Physikalische Spezifikationen 10

Einflussvolumen 11

Volumenwassergehalt 9

T

Geschäftsbedingungen 16–17

Theorie 12

Fehlerbehebung 14–15

V

Spezifikationen zum volumetrischen

Wassergehalt 9

Theorie 12

METER Group, Inc. USA

2365 NE Hopkins Court Pullman, WA 99163

T: +1.509.332.2756 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 12665220

E: info.europe@metergroup.com W: metergroup.de

