ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228
85 044 770
Fax +49(0)228
85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

pF-Meter

Bedienungsanleitung für den Einbau und den Betrieb von pF-Metern

März 2010

© ecoTech GmbH. Kopie, Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte darf nur mit unserer Zustimmung erfolgen.

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

Inhaltsverzeichnis

1 Allgemeines

2 Technische Beschreibung des pF-Meters

2.1 Sensoraufbau

2.2 Messverfahren

3 Schaftmontage

4 Installation

4.1 Sensoreinbau

4.2 Kabelverlegung

5 Messbetrieb

5.1 Messbetrieb im Digitalmodus (SDI-12)

5.1.1 Was ist SDI-12?

5.1.2 Aufbau eines Mess-Systems mit pF-Metern im SDI-12-Modus

5.1.3 Sensorkennzeichnung

5.1.4 Adernbelegung

5.1.5 SDI-12-Kommunikation mit pF-Metern

5.2 Messbetrieb im Analogmodus

5.2.1 Adernbelegung

5.2.2 Messwertausgabe

5.2.3 Messintervall

5.2.4 Strombedarf

5.2.5 Wartezeit

6 Wichtige Betriebshinweise (unbedingt beachten!)

7 Technische Daten

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

1 Allgemeines

Mit Hilfe von pF-Metern wird ein Teilaspekt der Bodenfeuchte, die Wasserspannung, gemessen. Die Wasserspannung (auch Saugspannung oder Matrixpotential) ist ein Maß für die Bindung des Wassers an die Bodenmatrix und kennzeichnet die Energie, mit der das Bodenwasser gegen die Schwerkraft in der Bodenmatrix gehalten wird. Der Boden übt aufgrund der Adsorptions- und Kapillarkräfte eine Saugspannung auf das Bodenwasser aus. Diese Wasserspannung ist am höchsten bei niedrigen Wassergehalten und nimmt mit zunehmendem Wassergehalt ab. Der Zusammenhang zwischen Wasserspannung und Wassergehalt ist in Abb. 1 für drei verschiedene Bodenarten dargestellt:

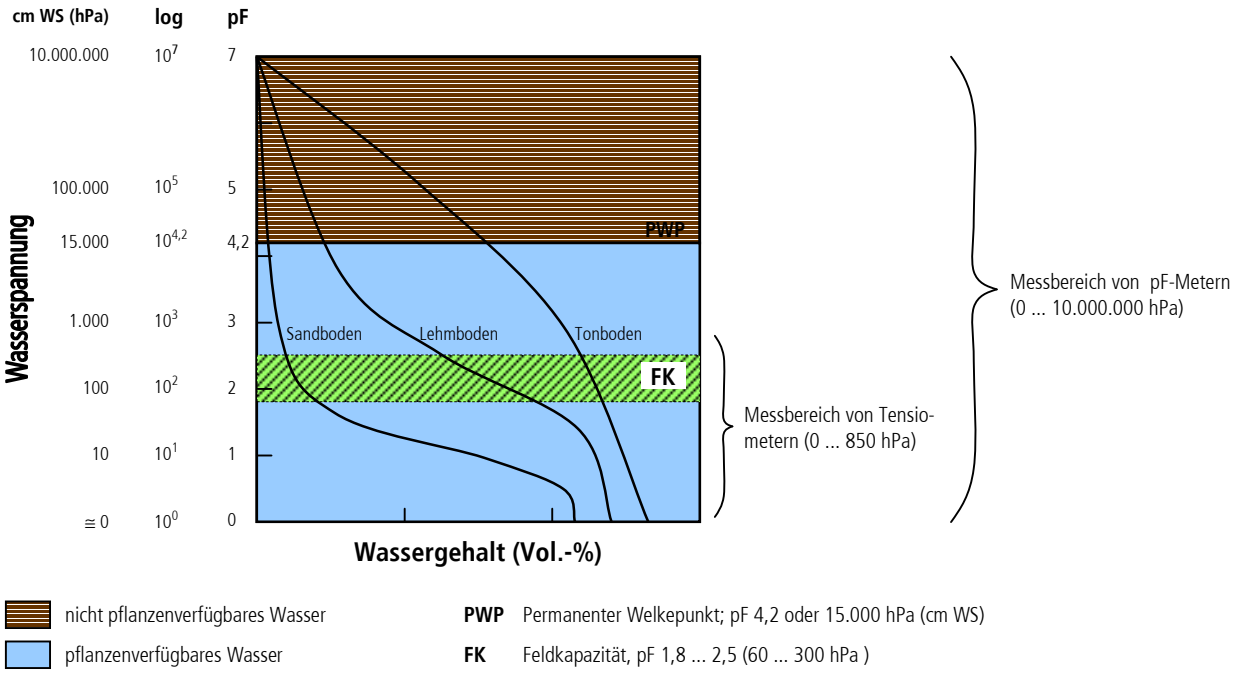


Abb. 1: Beziehung zwischen Wasserspannung und Wassergehalt verschiedener Böden (nach Scheffer & Schachtschabel, Lehrbuch der Bodenkunde)

Die Wasserspannung wird meist in hPa oder in Zentimeter Wassersäule (cm WS) gemessen. Wegen des extrem weiten Wertebereichs (0 bis 10 Millionen cm WS) werden die Messwerte oft logarithmiert und dann (analog dem pH-Wert) als pF-Wert ausgedrückt. Pflanzen können bis zu einem pF-Wert von 4,2 (15.000 cm WS) das Wasser aus dem Boden aufnehmen (Abb. 1), müssen aber dazu die Bindungskräfte des Bodenwassers überwinden und daher entsprechend große Saugkräfte aufbringen. Aufgrund dieses Zusammenhangs wird in Studien zur Pflanzenphysiologie die Wasserspannung daher oftmals dem Wassergehalt als Maß für die Bodenfeuchte vorgezogen.

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

Wie in Abb. 1 dargestellt, ist der Messbereich der vielfach zur Wasserspannungsmessung eingesetzten Tensiometer auf ca. 850 hPa begrenzt. Dies liegt daran, dass ein Tensiometer zur Messung der Saugspannung das Wasser als Übertragungsmedium benötigt. Da Wasser aber bei einer Saugspannung von ca. 850 hPa auch bei niedrigen Temperaturen zu sieden beginnt, verdampft es bei höheren Saugspannungen vollständig, so dass die Messung abbricht und das Tensiometer erst nach erneuter Befeuchtung des Bodens und einer Befüllung wieder Messwerte liefert. Um auch oberhalb von 850 hPa noch Wasserspannungen messen zu können, wird beim pF-Meter ein neues patentiertes Messverfahren eingesetzt, das im folgenden beschrieben wird.

2 Technische Beschreibung des pF-Meters

2.1 Sensoraufbau

Der Sensor besteht aus einem Gleichgewichtskörper aus porösem Keramikmaterial, in dem sich die aktuelle Wasserspannung des umgebenden Bodens einstellt. Der Gleichgewichtskörper ist in ein ca. 80 mm langes Edelstahlgehäuse eingeklebt, in welchem die vollständig vergossene Elektronik untergebracht ist. Den Abschluss des Edelstahlgehäuses bildet eine Kabelverschraubung, die als Zugentlastung dient und die optional auch als Kupplungsstück für eine Schaftverlängerung (s. Kap. 3) des pF-Meters fungiert.

2.2 Messverfahren

Bei einer Veränderung der Bodenfeuchte variiert der Wasseranteil in der porösen Keramik des pF-Meters und damit auch ihre Wärmekapazität. Diese variierende Wärmekapazität des Sensorkopfes wird bestimmt, indem ein künstlich erzeugter Wärmeimpuls eine Temperaturerhöhung im Sensorkopf generiert. Das Ausmaß der Temperaturerhöhung ist nun abhängig von der aktuellen Wasserspannung des Bodens, weil ein höherer Wasseranteil im Sensorkopf mehr Energie zur Erwärmung benötigt und daher die Temperatur bei einem hohen Wasseranteil im Sensorkopf weniger stark ansteigt als in einem Körper mit geringerem Wasseranteil. Die so bestimmte Wärmekapazität im Sensorkopf wird während eines Kalibriervorgangs bei verschiedenen künstlich erzeugten Wasserspannungen exakt gemessen. Dabei entsteht eine Reihe von Wertepaaren, die für jeden Sensor eine eigene Kalibrierkurve ergibt und im Speicher des Sensors hinterlegt wird. Um die große Spanne der erforderlichen Kalibrierpunkte von pF 0 bis pF 7 abdecken zu können, werden verschiedene Verfahren zur Druckerzeugung eingesetzt.

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

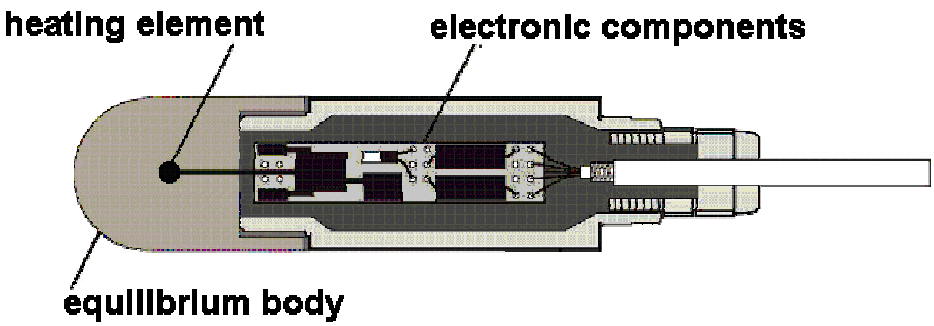


Abb. 2: Aufbau des pF-Meters

Während kleine und mittlere Wasserspannungen durch eine hängende Wassersäule und/oder Druckerzeugung simuliert werden können, reichen diese Methoden für die Erzeugung von Wasserspannungen oberhalb von pF 4,2 nicht mehr aus. Das pF-Meter kann aber durch die Kalibrierung bei definierten Luftfeuchtebedingungen auch den Wertebereich oberhalb von pF 4,2 auflösen. So entspricht beispielsweise eine Bodenprobe im Gleichgewichtszustand bei 90 % relativer Luftfeuchte einem pF-Wert von 5. Lediglich der pF-Wert 7 ist ein theoretischer Messwert, da er nur unter Bedingungen im Trockenschrank bei 105 °C auftritt. Die Sensoren werden deshalb bis zu einem pF-Wert von ca. pF 6,5 kalibriert und der Bereich bis pF 7 durch Extrapolation der Kalibrierkurve abgedeckt. Durch das thermische Messverfahren werden die Messwerte nicht vom Salzgehalt der Bodenlösung beeinflusst.

3 Schaftmontage (optional)

Für die Montage eines Schaftes (Art.-Nr.: 4241S) am pF-Meter ist die Kappe der Kabelverschraubung des Sensors abzuschrauben und über das gesamte Kabel zu entfernen (Abb. 3a). Anschließend wird das Sensorkabel durch den PVC-Schaft geführt (Abb. 3b):

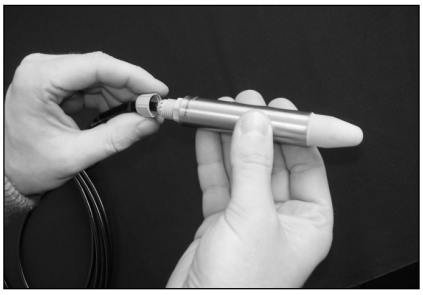


Abb. 3a: Entfernen der Kappe an der Kabelverschraubung

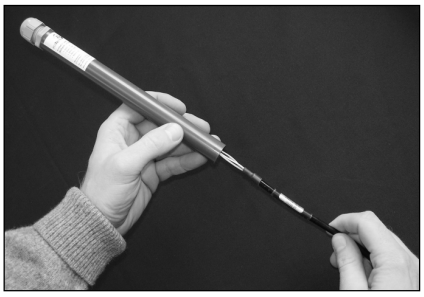


Abb. 3b: Durchführen des Sensorkabels

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

Nun wird der Schaft mit dem Gewindeanschluss am Sensor handfest verschraubt (Abb. 3c+d):

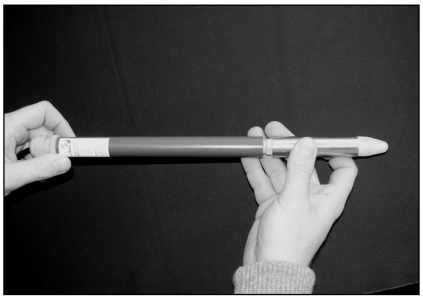


Abb. 3c: Ansetzen des Schaftes am Gewindeanschluss

Abb. 3d: Verschraubung des Schaftes mit dem Sensor

Zuletzt ist durch Anziehen der Kabelverschraubung am oberen Schaftende eine Zugentlastung des Kabels vorzunehmen (s. Abb. 3e).

Abb. 3e: Zugentlastung am oberen Schaftende

4 Installation

- Achten Sie beim Umgang mit pF-Metern und besonders beim Einbau darauf, dass am Übergang vom Edelstahlschaft zum Gleichgewichtskörper eine gewisse Bruchgefahr besteht.
- Vor dem Einbau muss das pF-Meter angefeuchtet werden (10 Sekunden Eintauchen des porösen Gleichgewichtskörpers in Wasser genügt).
- pF-Meter dürfen im tropfnassen Zustand nur vorsichtig und vorzugsweise senkrecht transportiert werden, da sonst Wasser in die im Kabel befindliche Luftausgleichskapillare gelangen und den Luftaustausch verlangsamen kann.
- Der Sensor sollte senkrecht oder geneigt in den Boden eingebracht werden, damit die Entlüftungskanüle richtig arbeiten kann.
- Kabel dürfen ohne vorherige Absprache mit uns nicht verlängert werden!

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

4.1 Sensoreinbau

Zum Einbau wird an der vorgesehenen Stelle mit einem Bohrer (z.B. Stech- o. Edelmanbohrer) ein Loch bis in die gewünschte Tiefe gebohrt. Das untere Ende des Bohrlochs sollte mit einem ca. 25 mm starken Bohrer ausgebohrt werden, damit der Boden um das pF-Meter herum nicht mehr als nötig gestört wird. Nun wird eine geringe Menge des **skelettfreien** erbohrten Bodenmaterials (möglichst aus der Einbautiefe) mit Wasser zu einer mehr oder weniger zähflüssige Suspension angerührt und unmittelbar vor der Installation in das Bohrloch gegeben. Diese Menge muss in jedem Fall ausreichend bemessen werden, um das pF-Meter vollständig zu umschließen. Ist der Boden im Bereich, wo das pF-Meter eingebaut werden soll, sehr trocken, kann das Wasser aus der frisch eingefüllten Suspension sehr schnell vom Boden aufgesaugt werden, wodurch die Paste zähflüssiger wird und u.U. nach dem Eindrücken des pF-Meter keinen optimalen Anschluss an die umgebende Bodenmatrix ermöglicht. Der Wassergehalt der Suspension sollte daher den Feuchteverhältnissen des Bodens angepasst werden.

Das pF-Meter sollte vorsichtig aber zügig in die zuvor eingefüllte Suspension eingedrückt werden. Oberhalb des pF-Meters verbleibende Hohlräume um das Kabel oder den Schaft sind zu verfüllen, was ebenfalls mit Bodensuspension erfolgen kann.

4.2 Kabelverlegung

Die Kabel der pF-Meter sind grundsätzlich für den dauerhaften Einsatz im Boden ausgelegt. Eine Verlegung in Kabelkanälen ist vor allem bei drohendem Tierverbiss oder großer Druckbelastung (vor allem in steinigen Böden) zu empfehlen.

Bei Datenlogger-Systemen mit pF-Metern werden die pF-Meter meist über einen Anschlussverteiler (SDI-12-Verteilerbox) mit dem Datenlogger verbunden (Näheres hierzu in Kap. 5). Diese Verteilerbox ist zwar wasserdicht, muss aber dennoch gegen direkten Witterungseinfluss geschützt werden. Dasselbe gilt für den Druckausgleichsfilter am Kabelende, kurz vor dem Sensorstecker (Kap. 5.1.3). Auch dieser muss so untergebracht werden, dass er gegen Wasser und Verschmutzung geschützt ist. Bei einer Behinderung des freien Luftaustauschs durch die Filterfläche kann die Reaktionsgeschwindigkeit des Sensors auf Feuchteschwankungen im Boden erheblich verlangsamt werden.

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

5 Messbetrieb

5.1 Messbetrieb im Digitalmodus (SDI-12)

5.1.1 Was ist SDI-12?

SDI-12 steht für die Kommunikation von Mikroprozessor-gesteuerten Sensoren in Umwelt-Messsystemen mit batteriebetriebenen Datenloggern über eine serielle Datenschnittstelle mit 1200 baud. Das SDI-12-Bus-System hat drei wichtige Vorteile:

1. Multisensoren, die mehrere Parameter gleichzeitig messen, können alle Messwerte über ein einzelnes Kabel an einen SDI-12-Datenlogger übertragen (z.B. enviLog Maxi). Das pF-Meter misst neben der Wasserspannung immer auch die Temperatur und kann beide Werte nacheinander an den Datenlogger übermitteln.
2. Es können viele Multisensoren über ein einzelnes SDI-12-Kabel und kaskadenartig angeordnete Unterverteiler (SDI-12-Verteilerboxen) mit dem Datenlogger verbunden werden (s.u.).
3. An die Eingangsbuchsen der SDI-12-Verteilerboxen können beliebige, SDI-12-fähige Sensoren angeschlossen werden (Sensoren für Bodenfeuchte und Temperatur, Multiparametersensoren für Klima, Wasserqualität u.a.). Weitere Informationen unter www.sdi-12.org.

5.1.2 Aufbau eines Mess-Systems mit pF-Metern im SDI-12-Modus

Für den Aufbau einer Monitoring-Station mit mehreren pF-Metern werden diese über SDI-12-Verteilerboxen an den SDI-12-Datenlogger (enviLog Maxi) angeschlossen (Abb. 4):

Abb. 4: SDI-12-Verteilerbox für den Anschluss von bis zu 7 Sensoren und/oder weitere Verteilerboxen

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228
85 044 770
Fax +49(0)228
85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

Diese Verteilerboxen verfügen über 7 SDI-12-Eingangsbuchsen, an die z.B. 6 SDI-12-Sensoren und eine weitere Verteilerbox angeschlossen werden können (Abb. 5):

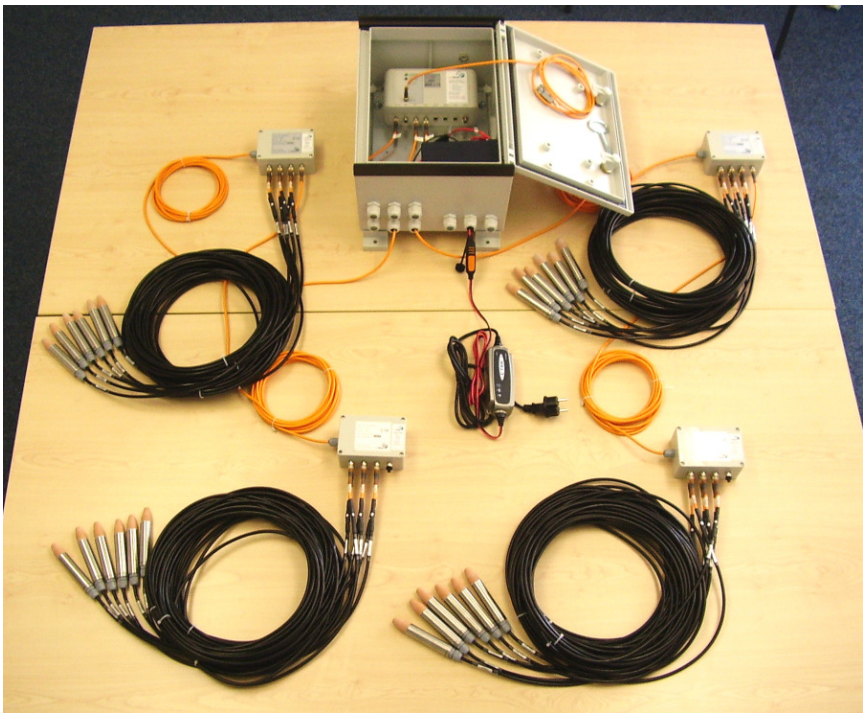


Abb. 5: Mess-System, bestehend aus Datenlogger enviLog Maxi, 4 SDI-12-Verteilerboxen und 24 pF-Metern

Die Abbildung zeigt ein Mess-System mit 24 pF-Metern, welche über 4 SDI-12-Verteilerboxen mit dem Datenlogger enviLog Maxi verbunden sind. Die Datenkabel der oberen beiden Verteilerboxen sind direkt an den Datenlogger angeschlossen. Die unteren beiden SDI-12-Verteilerboxen sind jeweils mit dem siebten SDI-12-Port der oberen beiden Verteilerboxen verbunden. Da die siebte Anschlussbuchse der unteren zwei Verteilerboxen jeweils noch unbelegt ist, könnten hier weitere SDI-12-Verteilerboxen oder auch Sensoren angeschlossen werden.

Im dargestellten Aufbau werden 48 Messwerte von 24 Sensoren über 2 SDI-12-Kabel an den Datenlogger übertragen. Die Verteilung der Sensoren auf die Eingangsbuchsen der verschiedenen Verteilerboxen ist dabei unerheblich, da jeder Sensor an seiner Seriennummer und SDI-Kennziffer vom Datenlogger erkannt wird und die Messwerte sensorspezifisch in einer zuvor festgelegten Reihenfolge in einer Messwerttabelle aufgelistet werden.

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

5.1.3 Sensorkennzeichnung

Am Ende des Anschlusskabels befindet sich hinter dem Anschlussstecker zunächst die SDI-12-Kennziffer (z.B. SDI 0 bis SDI 9). Danach folgen ein weißer, im Kabel eingeschweißter Filter für den Druckausgleich (s.u.) und schließlich die Seriennummer des Sensors (z.B. B1014B).

Im Betrieb mit ecoTech-Datenloggern wird die SDI-Kennziffer jedes pF-Meters per Software mit seiner Seriennummer verknüpft und ist wichtig für die Programmierung der Kanäle im Datenlogger (s. Anleitung Datenlogger). Die Seriennummer selbst tritt nach der Vergabe der SDI-Kennung im normalen Messbetrieb nicht mehr in Erscheinung.

Abb. 6: pF-Meter-Kabel mit Kennziffern

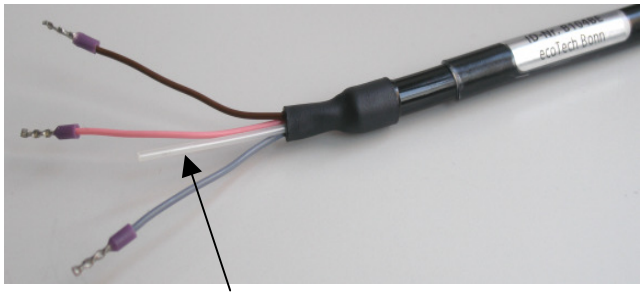
5.1.4 Adernbelegung (SDI-12-Modus)

Die Adernbelegung von pF-Metern für den Digitalbetrieb und für den Analogbetrieb ist unterschiedlich. Alle pF-Meter haben ein vieradriges Kabel, von dem jeweils nur drei Adern genutzt werden. Im SDI-12-Modus sind dies:

Braun Plus Versorgung (12 V DC)

Rosa SDI-12-Signal

Grau Minus Versorgung (12 V DC) / GND



Druckausgleichskanüle

Verpolungsgefahr!

Abb. 7: Adernbelegung eines pF-Meters im SDI-12-Modus

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

Beim Einsatz der pF-Meter mit unserem Datenlogger enviLog Maxi werden die Kabel werkseitig mit einem vierpoligen M8-Stecker versehen. Die Belegung mit den drei Adern im SDI-Modus ist dann wie folgt:

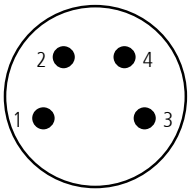
Polbild des 4-poligen Kabelsteckers (Steckseite Stecker, M8)

Pin 1 Minus Versorgung (12 V DC) / GND (grau)

Pin 2 SDI-12-Signal (rosa)

Pin 3 Plus Versorgung (12 V DC; braun)

Pin 4 nicht belegt



5.1.5 SDI-12-Kommunikation mit pF-Metern

Beim Anschluss von bis zu 7 pF-Metern an SDI-Verteilerboxen ist die Reihenfolge der Sensorstecker in den Gehäusebuchsen beliebig (s.o.). Da es sich um ein BUS-System handelt, werden die Sensoren aufgrund ihrer Seriennummer/SDI-12-Kennziffer vom Datenlogger automatisch erkannt.

Kommandos für die Kommunikation von SDI-Sensoren

In den nachfolgenden SDI-12-Kommandos entsprechen a und b der SDI-12-Sensoradresse. Als mögliche Adressen können 0 bis 9, a bis z und A bis Z ausgewählt werden. Werkseitig wird die SDI-12-Adresse 0 eingestellt, auf Kundenwunsch werden auch andere Adressen voreingestellt.

- aI! Sensor sendet Identifikation und Seriennummer
- aM! pF-Wert und Temperatur messen; Antwort: 0092 (2 Werte in 9 Sekunden)
- aM1! Temperatur messen; Antwort: 0031 (1 Wert in 2 Sekunden)
- aM2! pF-Wert messen; Antwort 0081 (1 Wert in 8 Sekunden)
- aM3! Versorgungsspannung messen; Antwort 0021 (1 Wert in 2 Sekunden)
- aD0! Messwerte ausgeben
- aAb! SDI-12-Adresse von a nach b ändern

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

5.2 Messbetrieb im Analogmodus

5.2.1 Adernbelegung

Für die Messung der Wasserspannung im Analogmodus ist der Anschluss der Kabeladern am pF-Meter wie folgt vorzunehmen (s. Abb.):

Braun Plus Versorgung (12 V DC)

Grau Minus Versorgung (12 V DC) und Basis für das analoge Ausgangssignal

Weiß Analoges Ausgangssignal

Bezugsbasis zum analogem Ausgang Weiß (+) ist Kabelader Grau (-)

Verpolungsgefahr!

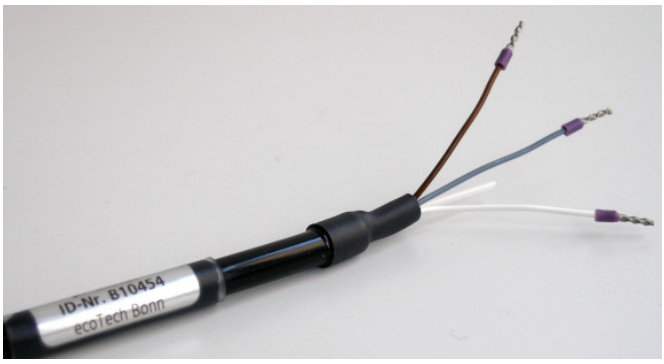


Abb. 8: Adernbelegung eines pF-Meters im Analogmodus

Zuerst ist die Versorgungsspannung Braun (+) und Grau (-) anzulegen. Nach ca. 15 Sekunden Spannungsversorgung wird das Messsignal z. B. mittels Volt-/Multimeter [zwischen Weiß (+) und Grau (-)] abgegriffen. Die angezeigte Voltzahl entspricht dem vorhandenen pF-Wert. Die Skala erstreckt sich von 0 ... 7.

Besonders zu beachten ist, dass die Belüftungskanüle nicht geknickt, verschmutzt oder verstopft wird. Ferner darf kein Wasser in die Kanüle eindringen!

5.2.2 Messwertausgabe

Ein pF-Meter kann im Analogbetrieb theoretisch dauerhaft mit 12-V-Spannung versorgt werden. Für diesen (eher seltenen) Fall ist das pF-Meter so programmiert, dass es den pF-Wert nicht kon-

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

tinuierlich neu bestimmt, sondern alle 15 Minuten einen Messvorgang, also eine Heizphase mit anschließender Messwertberechnung (s.o.) auslöst. In der Phase zwischen den Einzelmessungen wird – bei weiter anliegender Spannung – der zuletzt gemessene pF-Wert im Sensorspeicher bereitgehalten und kann von einem Datenlogger oder auch einem handelsüblichen Multimeter/Voltmeter zu einem beliebigen Zeitpunkt abgelesen werden. Die Daten werden so aufbereitet, dass der in Volt ausgegebene Wert genau der gemessenen Wasserspannung (als pF-Wert) entspricht. Es liegt bei Dauerspannungsversorgung also immer ein Messwert vor, der jederzeit abgegriffen werden kann. Eine Ausnahme bildet lediglich der in 15-minütigen Abständen durchgeführte Messvorgang, während dem das pF-Meter für ca. 5 Sekunden keinen Messwert bereit hält.

5.2.3 Messintervall

Im Loggerbetrieb wird in der Regel ein Messintervall von Minuten oder Stunden vorgegeben, zu dem der Datenlogger aus dem Standby-Modus „erwacht". Im Moment des „Aufwachens" schaltet der Logger Spannung auf die Sensoren und zeichnet dann – nach Ablauf der Wartezeit (s.u.) – die Messwerte auf. **Achtung:** Die Messintervalle dürfen nicht kürzer als 15 Minuten sein (Erläuterung s. Kap. 6), können aber beliebig lang gewählt werden.

5.2.4 Strombedarf

Beim Einschalten des Loggers verbraucht jedes pF-Meter 55 mA, bei 20 Sensoren also > 1 A Strom. Es muss sichergestellt sein, dass der Datenlogger diese Stromstärke liefern kann, ansonsten muss die Stromversorgung der Sensoren anderweitig sichergestellt werden.

5.2.5 Wartezeit

Mit Wartezeit bezeichnet man die Periode zwischen dem Moment des Aufwachens/Einschaltens des Loggers und dem Abrufen der Messwerte von den einzelnen Sensoren. Mit dem Aufwachen des Loggers wird Spannung an die angeschlossenen Sensoren angelegt. Die in diesem Moment beginnende Heizphase der pF-Meter dauert 5 Sekunden, danach wird – wie oben beschrieben – der Messwert ausgegeben und kann vom Datenlogger aufgezeichnet werden.

Die Wartezeit kann in der Regel in der Software eines Datenloggers eingestellt werden. Bei der Verwendung verschiedener Analog-Datenlogger hat sich in den vergangenen Jahren gezeigt, dass eine Wartezeit von 5 Sekunden für pF-Meter nicht ausreicht. Es ist daher eine Wartezeit von 15-20 Sekunden einzustellen und zu überprüfen, dass damit die Messung einwandfrei funktioniert. Um den Stromverbrauch des Datenloggers einzuschränken, kann diese Phase ggf. verkürzt werden, aber dies ist je nach Datenlogger-Fabrikat unterschiedlich und muss im Einzelfall geprüft werden.

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228
85 044 770
Fax +49(0)228
44 7709

www.ecotech-Bonn.de

6 Wichtige Betriebshinweise für den Umgang mit pF-Metern

A. Die Messintervalle dürfen nicht kürzer als 15 Minuten sein!

Erläuterung: Das Messprinzip beruht auf der kontrollierten Zufuhr eines Wärmeimpulses und dessen Auswirkung auf die Temperatur im Messkopf. Folgen die künstlichen Wärmeimpulse in sehr kurzen Abständen aufeinander, kommt es schrittweise zu einer Erwärmung des Sensorelements, was zu Verfälschungen des Messwertes führt. Damit die einzelnen Messvorgänge sich nicht aufsummieren, muss zwischen den einzelnen Messungen ausreichend Zeit vergehen, bis die zugeführte Energie wieder abgeführt wurde und der Sensorkopf wieder die ursprüngliche Temperatur erreicht hat. Das Messintervall muss daher mindestens 15 Minuten betragen.

B. Die Einbautiefe darf nicht geringer als 10 cm sein!

Erläuterung: Das pF-Meter reagiert aufgrund seines Messprinzips empfindlich auf Temperaturschwankungen. In der Regel sind die Temperaturamplituden bereits in 20 cm Bodentiefe so stark gedämpft, dass eine Messung in dieser Tiefe auch dort möglich ist, wo der vegetationsfreie Boden der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt ist. Eine Vegetationsschicht dämpft Temperaturschwankungen im Boden zusätzlich ab, so dass ein pF-Meter unter einer Grasdecke auch in Bodentiefen von 10 bis 15 cm zuverlässige Werte liefert.

C. pF-Meter dürfen nicht im nassen Zustand transportiert werden!

Erläuterung: Das Sensorkabel ist mit einer Druckausgleichskanüle versehen. Diese sorgt dafür, dass die in einem ausgetrockneten Sensorkopf enthaltene Luft bei der Wiederbefeuchtung des Bodens nach hinten durch das Kabel abgeführt werden kann. Auf diese Weise wird vermieden, dass bei gleichzeitiger Benetzung der gesamten Messkopfoberfläche ein Luftpolster im Sensor eingefangen wird, Wasser daher nur langsam in den Sensorkopf eindringen kann und der Sensor infolgedessen nur mit Verzögerung auf die Wiederbefeuchtung reagiert.

Bei abrupten Bewegungen vollständig wassergesättigter Sensoren können sich in der Druckausgleichskanüle Menisken bilden, die den Luftaustausch behindern und nur durch eine gründliche Austrocknung von Sensor und Kabel oder durch Überdruck (nur nach Absprache mit uns) zu beseitigen sind.

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-5312[illegible] Bonn
Fon [illegible]0228
[illegible]4 770
Fa[illegible]8
[illegible]709
www.ecoTech-Bonn.de

D. pF-Meter müssen vertikal oder nach unten geneigt installiert werden, damit sich kein Wasser in der Belüftungskanüle sammeln kann!

Erläuterung: Die Ursache hierfür liegt ebenfalls in der Funktion der unter „C" bereits beschriebenen Durckausgleichskanüle. Damit der Luftaustausch einwandfrei funktionieren kann, darf kein Wasser in die Kanüle eindringen, was bei horizontalem Einbau und einer vorübergehenden Wassersättigung des Bodens geschehen könnte. Das in der Kapillare eingeschlossene Wasser kann dann dort über längere Zeit verbleiben und den Luftaustausch behindern. Dies hätte wiederum eine Verlangsamung der Reaktionsgeschwindigkeit des Sensors auf Feuchteänderungen zur Folge.

E. Der im Kabel eingeschweißte Filter (Abb. 6, Kap. 5.1.3) muss trocken untergebracht werden und darf nicht mechanisch versperrt werden.

F. Vermeiden Sie Schäden bei der Installation durch sorgfältige Präparation der Bohrlöcher! Näheres hierzu s. im Kap. 4 „Einbau".

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Nikolausstraße 7
D-53129 Bonn

Fon +49(0)228 85 044 770
Fax +49(0)228 85 044 7709

www.ecoTech-Bonn.de

7 Technische Daten

Allgemein

• Messbereiche	pF 0 ... pF 7, -40 ... +80 °C
• Ausgangssignal	digital (SDI-12), optional analog
• SDI-12-Signale	pF-Wert 0 ... 7, Temp. in °C
• Analogsignal	0 ... 7 V DC für pF 0 ... pF 7
• Stromversorgung	9 -13 V DC
• Stromverbrauch	55 mA bei Messung
• Wartezeit (Einschaltdauer des Datenloggers vor Beginn der eigentlichen Messung)	15-20 sec
• Einschaltdauer pro Messung	5 sec bei Dauerstromversorgung: autom. Messintervall 15 min. (nur im Analogbetrieb)
• Kleinstes Messintervall	15 min.
• Messprinzip	Wärmekapazität
• Auflösung:	0,01 pF, 0,1 °C
• Abmessungen	100 mm lang, D = 20 mm
• Kabel	5 m, andere auf Wunsch (max. 20 m)
• Gehäuse	Edelstahl
• Messkopf	Keramik

Wenn Sie Fragen zum Einsatz von pF-Metern haben, wenden Sie sich bitte an uns:

ecoTech Umwelt-Meßsysteme GmbH

Fon: 0228/85 044 770

Fax: 0228/85 044 7709

eMail: ecoTech@ecoTech-bonn.de

© ecoTech GmbH. Kopie, Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte darf nur mit unserer Zustimmung erfolgen.