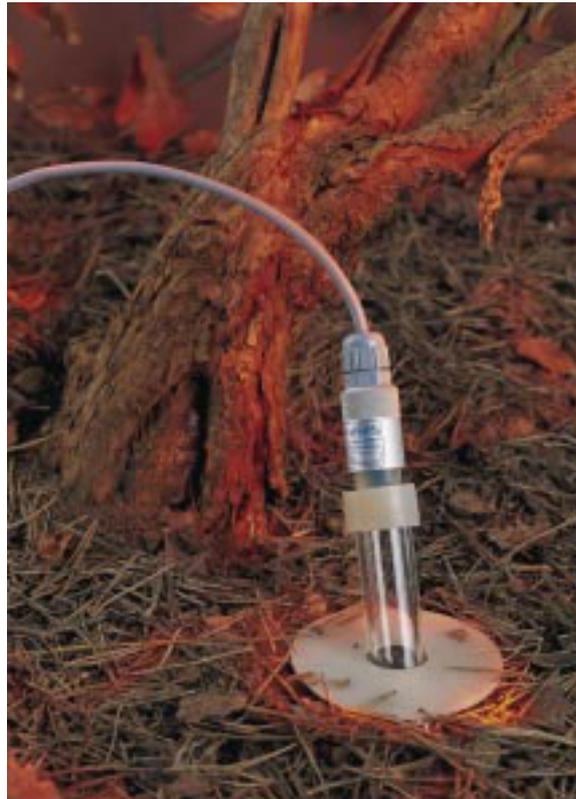


Bedienungsanleitung

Version 1.7



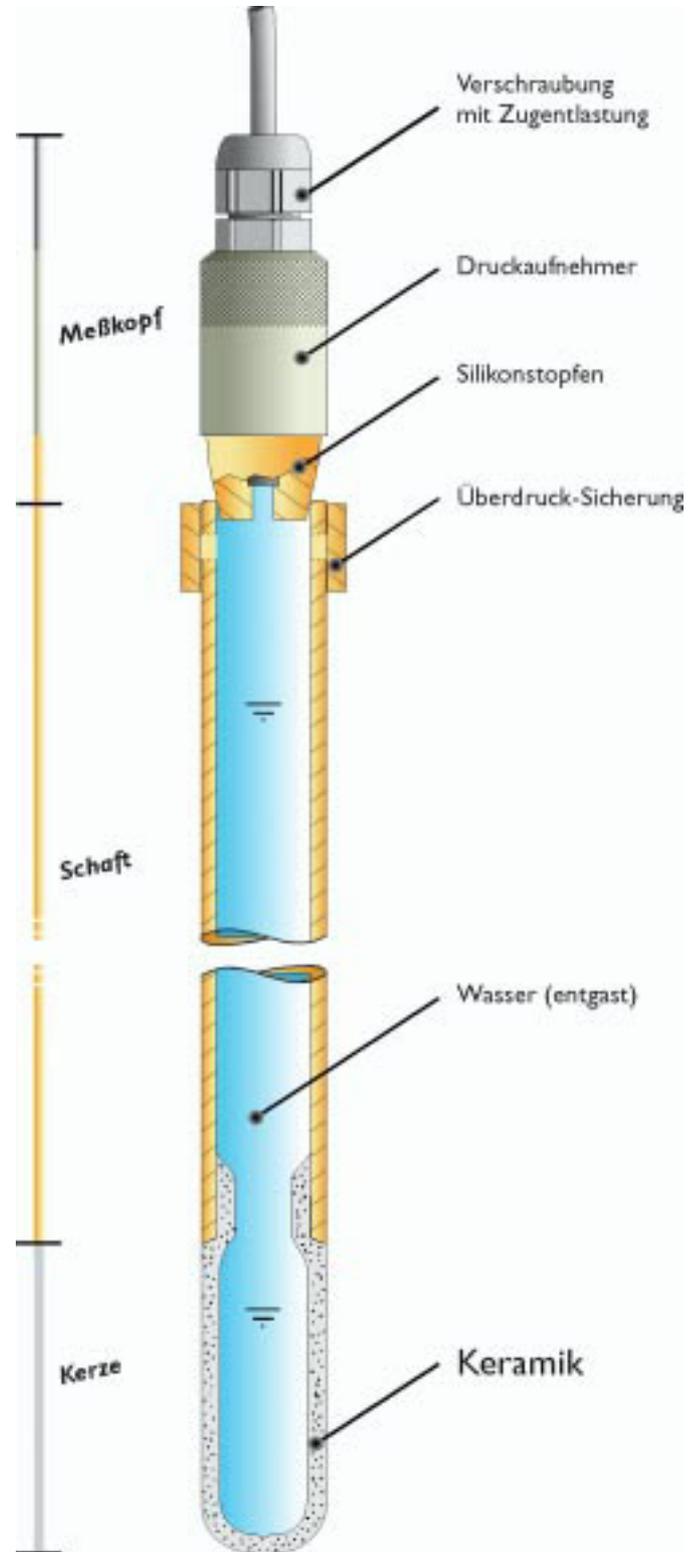
T3

Druckaufnehmer-Tensiometer

Inhaltsverzeichnis

1	Skizze Tensiometer "T3"	3
<hr/>		
2	Allgemeine Beschreibung	4
2.1	Aufbau des Tensiometers	5
2.1.1	Tensiometer-Meßkopf	5
2.1.2	Tensiometer-Schaft	6
<hr/>		
3	Allgemeine Instruktionen	8
3.1	Anschließen des Tensiometers an ein Anzeigegerät oder Datenlogger	8
3.2	Geländearbeit (am Einsatzort)	9
3.3	Ausbau des Tensiometers	10
3.4	Überprüfung des Befüllzustandes	11
3.5	Befüllung des Tensiometers	11
3.6	Kalibrierung	13
3.6.1	Nullpunktskontrolle	13
3.7	Wartung und Lagerung	14
<hr/>		
4	Meßprinzip und Grenzen der Tensiometrie	15
4.1	Theorie des Wassers als Meßgröße	15
4.2	Theorie des Wassers als druckübertragendes Medium	16
4.3	Meßbereich und Standzeit	17
4.3.1	Druckaufnehmer	17
4.3.2	Porengröße der verwendeten Keramik	17
4.3.3	Zustand des Tensiometerwassers	18
4.3.4	Umgebungsdruck	19
4.3.5	Umgebungstemperatur	19
<hr/>		
5	Technische Daten	20
<hr/>		

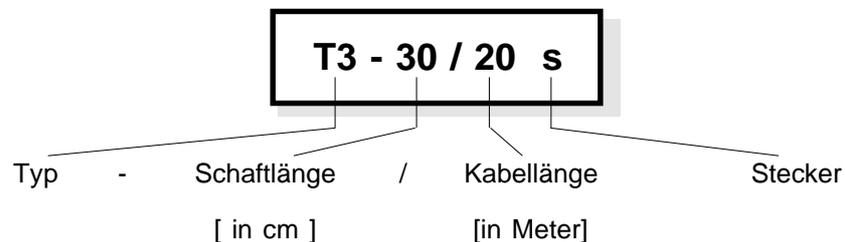
1 Skizze Tensiometer T3



2 Allgemeine Beschreibung

Mit dem Kauf Ihres Tensiometers vom Typ T3 haben Sie einen Meßfühler erworben, der sich neben seiner vielseitigen Einsatzmöglichkeiten durch sein äußerst einfaches Handling auszeichnet.

Wie Ihr Tensiometer ausgestattet ist erkennen Sie an der Bezeichnung auf dem Typenschild:



Elektronische Druckaufnemetensiometer sind hochauflösende Meßfühler zur kontinuierlichen Messung der Bodenwasserspannung, die in einem breiten Feld hydrologischer, bodenphysikalischer und ökosystematischer Fragestellungen eingesetzt werden.

Das T3 wird für Bodenwasserspannungsmessungen im ungesättigten Bereich eingesetzt. Es mißt die Wasserspannung des Bodens und wandelt diese in ein definiertes, kontinuierliches elektrisches Signal um. Dieses Signal kann mit einem Voltmeter und Spannungsversorgung oder *INFIELD 5* Handanzeigegerät abgelesen oder mit einem Datenlogger automatisch erfaßt werden.

Die Größe der Wasserspannung (auch Saugspannung) dient als unmittelbares Maß für die Wasserverfügbarkeit von Böden für Pflanzen und ist damit ein wichtiger, pflanzenphysiologischer Parameter.

Im ökosystemaren Bereich werden Tensiometer für hydrologische Untersuchungen, z.B. Stoffeintrags- und Stofftransportstudien, Sickerwasserstudien oder zur Messung der Wasserspannung als charakteristische Kenngröße eingesetzt.

Neben diesen Einsatzmöglichkeiten werden Tensiometer u.a. auch als Steuerfühler für *UMS-Bewässerungsanlagen* und für die *UMS-Bodenwasser-Gewinnungsanlage* eingesetzt. Rückschlüsse aus der Wasserspannung auf den volumetrischen Wassergehalt des Bodens sind nur bei genauer Kenntnis der Textur des Bodens möglich (siehe Scheffer/Schachtschabel).

2.1 Aufbau des Tensiometers

2.1.1 Tensiometer-Meßkopf

Der Meßkopf besteht aus einem Druckaufnehmer, der Meß-, Versorgungs- und Druckausgleichsleitung, dem Silikonkautschukstopfen, einem Aluminiumgehäuse sowie dem Typenschild.

Das Prinzip des Druckaufnehmers (auch Druckwandler) basiert auf dem "piezoresistiven Effekt" von Siliziumhalbleitern, deren spezifischer elektrischer Widerstand sich bei Verformung ändert und über eine "Wheatston`sche Brücke" zu einem definierten Signal verarbeitet wird. Diese Verformung wird durch den Druck (bzw. die Wasserspannung) auf das sehr dünne, und daher auf Druckstöße empfindliche Siliziumplättchen erreicht. Der Druckaufnehmer wird mit einer stabilisierten Gleichspannung (10,6 V) versorgt. Das Signal verhält sich direkt proportional zur Versorgungsspannung.

Meßfehler, die durch Umgebungstemperaturschwankungen bedingt sind, werden durch eine Kompensationsschaltung weitgehend eliminiert.

Das Signal verhält sich direkt proportional zur angelegten Wasserspannung, wobei 0 hPa \approx 0mV und 1000 hPa \approx 103 mV entsprechen. Die Signale variieren je nach Druckaufnehmer in einem Bereich von \pm 3 mV.

Den genauen Zusammenhang zwischen Wasserspannung und Signal entnehmen Sie bitte dem beiliegenden Kalibrierprotokoll (entfällt bei Tensiometern, die für die Messung mit Infield-Handgeräten ausgelegt sind. Die Signale dieser Tensiometer sind alle gleich, da sie bereits im Stecker abgeglichen wurden).

Da die Wasserspannung gegen den atmosphärischen Luftdruck gemessen wird, muß dieser über die Mess- und Versorgungsleitung herangeführt werden. (Dazu befinden sich für den Druckausgleich drei kleine Löcher im Kabel).

Mit dem kegelförmigen Silikonstopfen wird der Meßkopf nach der Befüllung des Tensiometers auf den Schaft gesteckt.

In der Schutzkappe befindet sich eine Zugentlastung für die Leitung. Es sollte trotzdem jede Gewalteinwirkung verhindert werden. (Befestigen Sie die Leitung derart am Tensiometerschaft, daß niemand über die Leitung stolpern kann).

Das Gehäuse reflektiert zwar einen großen Teil der Sonneneinstrahlung, trotzdem sollte direktes Sonnenlicht vermieden werden (Temperaturdrift!).

Die Sensoroberfläche wird von *UMS* mit einem isolierenden Überzug versehen. Dadurch wird verhindert, daß elektrische Erdpotentiale auf den Sensor übertragen werden und das Meßergebnis beeinflussen.

2.1.2 Tensiometer-Schaft

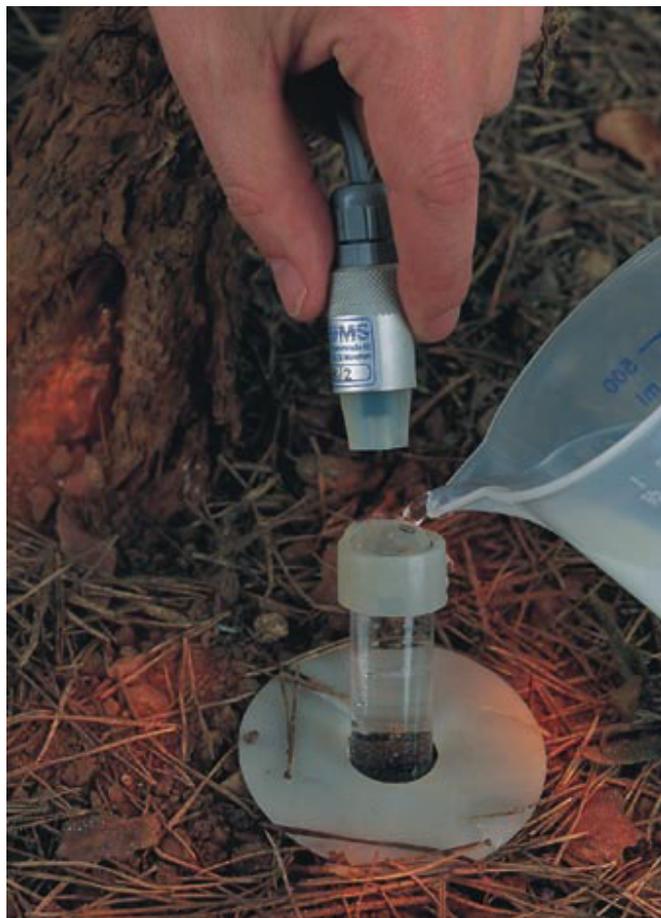
Der Tensiometerschaft setzt sich aus der Keramik (auch Tensiometerkerze), dem Plexiglasschaft und dem Überdruckschutz zusammen.

Die Tensiometerkerze hat zwei Funktionen. Sie muß zum einen wasserdurchlässig sein, damit die Wasserspannung des Bodens auf das Tensiometerwasser und über dieses auf den Druckaufnehmer übertragen werden kann und muß zum anderen luftundurchlässig sein, damit sich im Tensiometerschaft eine "Wasserspannung" (ein Unterdruck) aufbauen kann.

Sie wirkt somit als “semipermeable Membran”. Um das zu erreichen, werden für Tensiometer selektierte Keramiken mit einem homogenen Porengefüge bei definiertem Porendurchmesser verwendet.

Das Tensiometerwasser muß entgast und entionisiert sein, damit es bei differierenden Drücken die Wasserspannung des Bodens ohne Volumenveränderung (z.B. werden zunächst gelöste Gase bei steigender Wasserspannung gasförmig) auf den Druckaufnehmer “inkompressibel” übertragen kann.

Am oberen Schaftende befinden sich zwei gegenüberliegende Bohrungen, über die ein Silikongummiring gespannt ist. Dadurch kann sich der bei zu raschem Aufstecken des Meßkopfes aufbauende Überdruck über die Bohrungen abbauen. Der Druckaufnehmer ist somit gegen Überdruck geschützt.



Befüllen des T3

3 Allgemeine Instruktionen

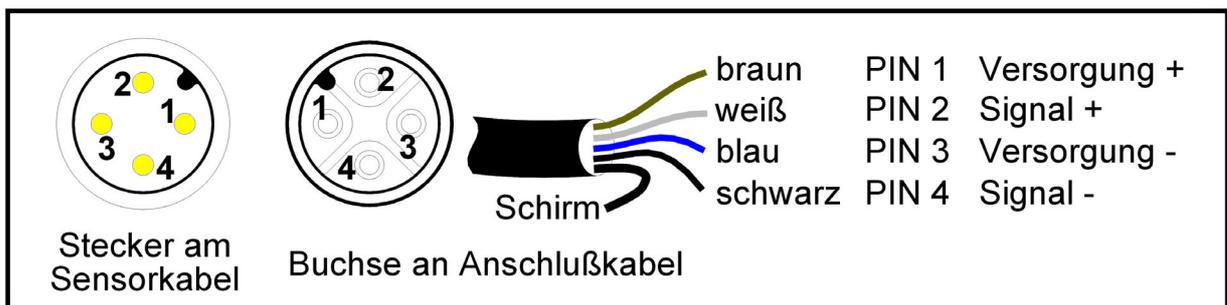
3.1 Anschließen des Tensiometers an ein Anzeigegerät oder Datenlogger

Der Druckaufnehmer arbeitet als asymmetrische Wheatstone`sche Vollbrücke und ist an vier Leitungen angeschlossen:

Tensiometer ohne Stecker und mit grauem Kabel haben folgende Konfektion:

- Gelbe Litze für Tensiometersignal minus; grüne Litze für Tensiometersignal plus
- Braune Litze für Versorgung minus; weiße Litze für Versorgung plus

Tensiometer neuerer Bauart haben ein schwarzes Kabel mit Stecker M12/IP67:



Pin- und Farbbelegung für UMS Anschlußkabel CC-4

Verbinden Sie die Signal minus Leitung (schwarz bzw. gelb) nicht mit dem Minus-Signal-Eingang Ihres Anzeigegerätes oder Datenloggers, falls es mit der Versorgung minus verbunden ist. Signal minus und Signal plus dürfen nicht mit der Versorgung minus verbunden werden. Die Signale liegen bei einer Versorgungsspannung von 10,6 Vdc zwischen 3,2 und 6,8 V max., normalerweise 5 V von der Versorgungsmasse entfernt.

Da der Druckaufnehmer als asymmetrische Wheatstone`sche Vollbrücke arbeitet, muß dieser auf eine bestimmte Weise angeschlossen werden. Lesen Sie dazu bitte die Bedienungsanleitung Ihres Anzeigegerätes oder Datenloggers.

3.2 Geländearbeit (am Einsatzort)

Sie nehmen dazu folgendes mit:

1. Das befüllte Tensiometer
2. Einen Bodenbohrer mit einem Durchmesser von mindestens 20 mm
(bei UMS erhältlich)
3. Ihr Anzeigegerät (bzw. den Datenlogger)
4. Einen Eimer
5. Die Einschlämppaste, die Sie angerührt haben
6. Ein Becherglas, ca. 500 ml.

Legen Sie also im Gelände an den gewünschten Stellen jeweils den richtigen Schaft zum entsprechenden Meßkopf und stülpen Sie dann die Ablaufmanschette über den Tensiometerschaft.

Setzen Sie das Bohrloch an der gewünschten Stelle in die gewünschte Tiefe. Bei sehr steinhaltigen Böden muß einige Male nachgebohrt werden. Sollte die Wandung des Bohrloches überhaupt nicht halten, so können *UMS*-Hüllrohre verwendet werden.

Füllen Sie nun je nach Bodenart zwischen 20 ml (bei tonigen Böden) und 200 ml (bei sehr steinhaltigen Böden) der zähflüssigen Paste ein. Setzen Sie gleich darauf das Tensiometer in den Boden. Befestigen Sie das Kabel am Schaft direkt über der Bodenoberfläche.

3.3 Ausbau des Tensiometers

Soll das Tensiometer ausgebaut werden, dann nehmen Sie die folgenden Utensilien mit ins Gelände:

1. Das PE-Kerzenfläschchen mit ca. 10 ml entionisiertem Wasser
2. Einen ca. 5 Liter-Kanister mit Wasser (Leitungswasser)
3. Tesa-Band und wasserfesten Fettstift (oder Folienstift)
4. Einen Stock je Tensiometer mit 4 bis 25 mm Durchmesser und der entsprechenden Schaftlänge als Länge, wenn Sie das Tensiometer später wieder an der gleichen Stelle einsetzen wollen. Der Stock sollte an einem Ende gut abgerundet sein (optimal ist die Kerzenform des Tensiometers).

Vorgehensweise:

Nehmen Sie das Tensiometer am Schaft und ziehen diesen, möglichst ohne ihn zu verkanten (ohne seitliche Belastung) aus dem Boden. Führen Sie nach der Entnahme das bis etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllte PE-Fläschchen durch leichtes Drehen im Uhrzeigersinn wieder über die Kerze.

Drücken Sie nun den Stock mit leichter Drehbewegung in das leere Bohrloch. Kennzeichnen Sie den Bohrstock mit der Tensiometernummer. Ist das Tensiometer an einem Logger angeschlossen, so sollte auch der Meßkanal auf dem Kabelende notiert werden.

Achtung!

Die Tensiometer sollten beim Einsetzen und Herausziehen nicht gedreht werden.

Müssen sie z.B. nach einer Trockenperiode herausgezogen werden (Tensiometer sitzt fest), wirkt am Schaft entlanglaufendes Wasser Wunder. Kann das Tensiometer noch nicht herausgezogen werden, drehen Sie es mit wenig Kraftaufwand im Uhrzeigersinn heraus.

3.4 Überprüfung des Befüllzustandes

Um festzustellen, ob das Tensiometer noch richtig befüllt ist, kontrollieren Sie, ob sich eine Luftblase im Schaft direkt unter dem Meßkopf befindet. Diese Blase sollte immer so klein wie möglich sein oder besser nicht vorhanden sein. Ist sie länger als 2 cm, ziehen Sie den Stopfen ab und füllen den Schaft wieder bis zum Rand mit entionisiertem Wasser auf. Danach wird der Stopfen wieder aufgesteckt.

3.5 Befüllung des Tensiometers

Stellen Sie den Tensiometerschaft in ein Gefäß mit entionisiertem Wasser. Die Kerze soll mindestens 20 cm im Wasser stehen. Der Schaft selbst wird nicht mit Wasser gefüllt, da anderenfalls in der Kerzenwandung Lufteinschlüsse entstehen. Warten Sie, bis nach ca. 30 Minuten der Wassermeniskus im Tensiometerschaft über der Kerze erkennbar ist. Entleeren Sie jetzt den Schaft und befüllen Sie ihn bis zum Rand mit entionisiertem Wasser.

Stecken Sie den Meßkopf mit einer leichten Drehbewegung auf den Schaft und schließen Sie das Tensiometer an Ihr Anzeigegerät an.

Legen Sie nun um die Tensiometerkerze ein trockenes Tuch (es wird trockener Boden simuliert). Damit sollte eine Wasserspannung von 850 hPa (abzüglich der Schaftlänge, z.B. Schaftlänge 30 cm ==> $850 - 30 = 820$ hPa) erreicht werden können. Der Schaft muß dabei vertikal mit der Kerze nach unten gehalten werden.

Treten jetzt an der Schaftwand Blasen auf, so können diese durch leichtes seitliches Klopfen aufsteigen. Ziehen Sie danach den Meßkopf nochmals ab, um den Schaft wieder bis an die obere Kante mit Wasser zu befüllen. Wird jetzt der Meßkopf aufgesteckt, sollte die Wasserspannung sehr schnell ansteigen, wenn Sie um die Kerze ein trockenes Tuch gelegt wird.

Wickeln Sie die Tensiometerkerze nun in ein feuchtes Tuch oder stellen Sie sie in ein mit Wasser gefülltes Gefäß, sodaß mindestens die Kerze mit Wasser bedeckt ist.

Ihr Tensiometer ist einsatzbereit.

Beachten Sie bitte, daß jeder Meßkopf unabhängig von der Schaftlänge kalibriert wurde.

Der vertikale Anteil der im Tensiometerschaft stehende Wassersäule h wirkt sich aufgrund des hängenden Gewichts als hydrostatisches Potential p auf den Druckaufnehmer aus. Bei T3 Tensiometern setzt sich die Wassersäule zusammen aus der Schaftlänge sowie der Kerzenlänge von 3 cm. Dieser zusätzlich Druck läßt sich, z. B. für eine Schaftlänge von 30 cm ($h = 30 \text{ cm} + 3 \text{ cm} = 0,33 \text{ m}$), wie folgt berechnen:

$$p = \text{Dichte} \times g \times h = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times 0,33 \text{ m} = 3237 \text{ N/m}^2 = 32,37 \text{ hPa}$$

Näherungsweise entspricht also 1 cm Wassersäule einem Druck von 1 hPa. Dieser Wert muß vom Meßwert abgezogen werden. Bei einer Einbaulage in einem bestimmtem Winkel wirkt sich nur die senkrechte Komponente aus.

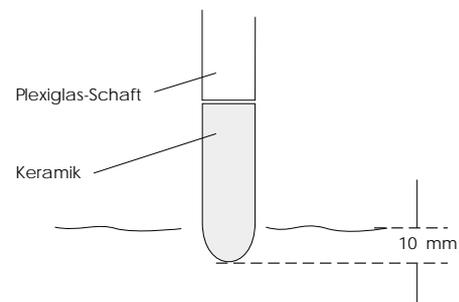
3.6 Kalibrierung

Die Überprüfung der Druckaufnehmerkalibrierung beschränkt sich im allgemeinen auf die Nullpunktskontrolle, da dieser Wert sehr viel stärker driftet als die Steigung. Sollte auch die Steigung kalibriert werden, bietet UMS dies als Service an.

3.6.1 Nullpunktskontrolle:

Dazu muß das Tensiometer richtig befüllt sein.

Stellen Sie das Tensiometer in ein Becherglas, und zwar derart, daß die Kerzenspitze ca. 10 mm im Wasser steht.



Der Meßwert sollte sich über ca. 5 Minuten (je nach Befüllzustand) stabilisieren. Jetzt können Sie an Ihrem Handgerät, Logger oder DMM den Meßwert ablesen. Dieser sollte um nicht mehr als ± 5 hPa von Null variieren. Ist das aber der Fall, so sollte dieser Wert auf dem Kalibrierprotokoll mit Datumsangabe eingetragen werden. Um den Nullpunkt an Ihrem Anzeigegerät zu korrigieren, lesen Sie bitte die Anleitung zum entsprechenden Anzeige- oder Erfassungsgerät.

3.7 Wartung und Lagerung

3.7.1 Reinigen des Tensiometers

Reinigen Sie den Tensiometerschaft mit einem feuchten Tuch (Wasser) oder Waschbenzin. Verwenden Sie bitte weder Säuren oder Lösungsmittel, da diese die Klebeverbindung oder den Schaft selbst angreifen können. Der Meßkopf selbst braucht nicht gereinigt zu werden.

3.7.2 Lagerung

Stellen Sie das Tensiometer möglichst vertikal in einen Eimer mit Wasser, damit die Kerze nicht austrocknen kann. Damit sich keine Algen bilden, sollte das Tensiometer im Dunkeln aufbewahrt werden. Dauert die Lagerung länger als ca. 3 Monate, so kann das T3 auch trocken gelagert werden.

Befüllte Tensiometer müssen vor Frost geschützt werden.

4 Meßprinzip und Grenzen der Tensiometrie

4.1 Theorie des Wassers als Meßgröße

Mit der Wasserspannungsmessung (Saugspannung) als unmittelbarer Meßgröße der Wasserverfügbarkeit von Böden für Pflanzen wird die Summe der Wasserhaltekräfte im Boden (außer osmotischem Potential, Differenzdruck- und Gravitationspotential) gemessen.

Je nach Sättigungszustand des Bodens (bzw. Grundwasserspiegel) wird durch die als idealisiert semipermeable Membran betrachtete Keramik (Al_2O_3 Sintermaterial) Wasser vom ansonsten hermetisch dichten Tensiometer entsprechend der im Boden herrschenden Wasserspannung angesaugt. Der sich dadurch im Tensiometer einstellende atmosphärische Unterdruck ist - unter Vernachlässigung der oben genannten Potentiale - abzüglich der vertikalen Tensiometerlänge gleich dem Wasserspannungswert im Boden. (Die im Tensiometer stehende Wassersäule wirkt sich aufgrund des hängenden Gewichts als *hydrostatisches Potential* p auf den Druckaufnehmer aus, weshalb sie nach der folgenden Gleichung zu addieren wäre:

$$p = \text{Dichte} \times g \times h \quad (1 \text{ hPa (Pascal)} = 1 \text{ N/m}^2)$$

Dies ist bereits bei den Kalibrierwerten im Kalibrierprotokoll berücksichtigt.

Beispiel: Die Höhendifferenz vom Druckaufnehmer h_1 zur Keramikspitze beträgt $h_2 = 10 \text{ cm}$,

$$\begin{aligned} p &= 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.1 \text{ m} \\ &= 981 \text{ kg/ms}^2 && (1 \text{ N} = \text{kgm/s}^2) \\ &= 981 \text{ N/m}^2 && (1 \text{ hPa (Hektopascal)} = 100 \text{ N/m}^2) \\ p &= 9,81 \text{ hPa} \end{aligned}$$

Meßprinzip und hydrostatischen Zusammenhang zeigt die folgende schematisierte Abbildung:

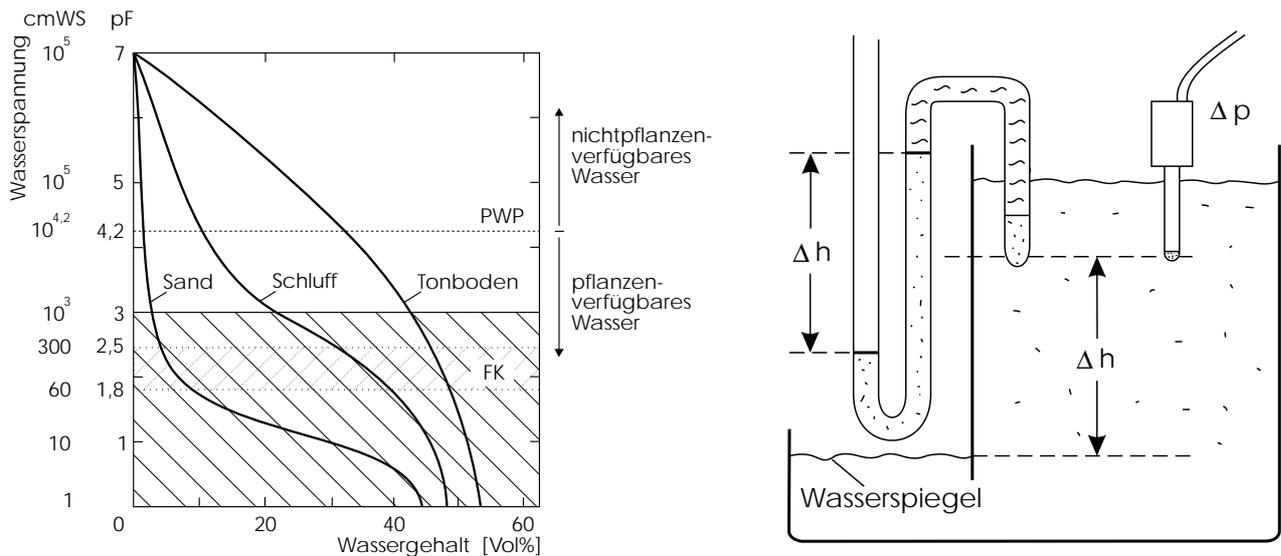


Abb.1: Meßprinzip und hydrostatischer Zusammenhang (aus Lehrbuch der Bodenkunde, Scheffer/Schachtschabel 1981)

4.2 Theorie des Wassers als druckübertragendes Medium

Da entionisiertes und entgastes Wasser mit einem Kompressionsmodul von nahezu eins als idealisiert inkompressibel betrachtet werden darf, kann es als druckübertragendes Medium im Bereich $p_0 = 0$ hPa bis $p_1 = 950$ hPa atmosphärischer Unterdruck (atu) im Temperaturbereich von $> 0^\circ\text{C}$ bis $< 30^\circ\text{C}$ ohne Volumenänderung agieren (s. Dampfdruckkurve von Wasser).

Das heißt, daß das Tensiometer bei mechanischer Dichtheit im genannten Druckbereich bei Druckänderungen zur Druckübertragung von der Keramikspitze zum Druckumformer (Sensor) nur äußerst wenig Wasser über die Keramik austauscht (bei Verwendung von relativ starren Materialien wie Acrylglas und Druckaufnehmer), was, wie im folgenden erläutert, die Standzeit des Tensiometers bis zur erneuten Befüllung verlängert.

4.3 Meßbereich und Standzeit

Die Größe des Meßbereiches ist von den folgenden Parametern abhängig:

1. Druckaufnehmer
2. Porengröße der Keramikkerze
3. Zustand des Tensiometerwassers
4. Umgebungsdruck
5. Umgebungstemperatur

4.3.1 Druckaufnehmer

Der Druckaufnehmer ist geeignet, Drücke im Bereich von +3000 hPa bis -3000 hPa (theor. Wert) zerstörungsfrei aufzunehmen und im Bereich +1000 hPa bis -1000 hPa linear (Linearitätsfehler < 0.1%) zu messen.

4.3.2 Porengröße der verwendeten Keramik

Um die Wasserspannung im Boden meßbar zu machen wird ein semipermeables Medium eingesetzt, das Wasser transmittieren läßt, jedoch gasundurchlässig ist. Nur dadurch kann sich im Tensiometer ein zum Außendruck relativer Unterdruck aufbauen.

Der Lufteintrittspunkt der Keramik (bubble-point), der u.a. den Meßbereich begrenzt, läßt sich über die folgende Formel der Kapillarspannung errechnen:

$$K = \frac{40 \cdot \sigma}{D}$$

D = Porendurchmesser [in μm , 10^{-6} m]

σ = Oberflächenspannung [in dynes/cm]

(Wasser: 0°C:75,6; 20°C:72,7; 50°C:67,8)

K = Kapillarspannung [in hPa]

Luft kann eindringen, wenn die Druckdifferenz von Keramikinnenseite zu Keramikaußenseite größer wird als die Kapillarspannung, da dann der Wasserfilm in den größten Poren (dem größten Porengang) reißt.

Da der Lufteintrittspunkt von der größten Porenkette abhängig ist, sollte die Keramik möglichst homogen sein. Damit der Strömungswiderstand für Wasser nicht zu groß wird, darf der Porendurchmesser nicht zu klein sein. Die verwendete Keramik besitzt eine Porengröße von 1 μm bei hoher Homogenität der Porenverteilung, kann Gasstaudrücke von theoretisch 3000 hPa sperren (nur bei mit Wasser gesättigter Keramik) und ist damit für den Tensiometereinsatz optimal geeignet. Durch diese feine Porosität kann sich die Kerze im Laufe der Zeit mit Mikroorganismen zusetzen. Die Kerze muß dann mit Waschbenzin längere Zeit gespült werden.

4.3.3 Zustand des Tensiometerwassers

Das Tensiometerwasser stellt die eigentliche Begrenzung des Meßbereiches dar, was sich aus dem abgebildeten 2-Phasendiagramm für Wasser- und Wasserdampf ergibt.

Sind im Tensiometerwasser Gase gelöst, steigt der Dampfdruck des Gemisches an, wodurch der Meßbereich stark reduziert wird.

Aus diesem Grund ist darauf zu achten, entionisiertes Wasser bestmöglich zu entgasen (z.B. durch Abkochen).

Sind im Tensiometerwasser keine Gase gelöst, kann (die Diffusion von in Wasser gelösten Gasen durch die Keramik unberücksichtigt) der Meßbereich beliebig oft durchlaufen werden.

Befinden sich jedoch gelöste Gase im Tensiometerwasser, die weit vor Erreichen des Vakuums gasförmig werden, so findet ein erneuter Wasseraustausch durch die Keramik statt, so daß wiederum gelöste Gase des Bodenwassers in das Tensiometerwasser gelangen können. Aus dem sich daraus ergebenden exponentiellen Zusammenhang folgt, daß das Tensiometerwasser also gut entgast sein muß, um eine hohe Standzeit (= die Zeit, bis das Tensiometer frisch befüllt werden muß) zu erreichen.

Sind die Wasserspannungswerte niedrig muß das Tensiometerwasser entsprechend seltener regeneriert werden. Dies gilt auch für sich wenig verändernde Wasserspannungswerte.

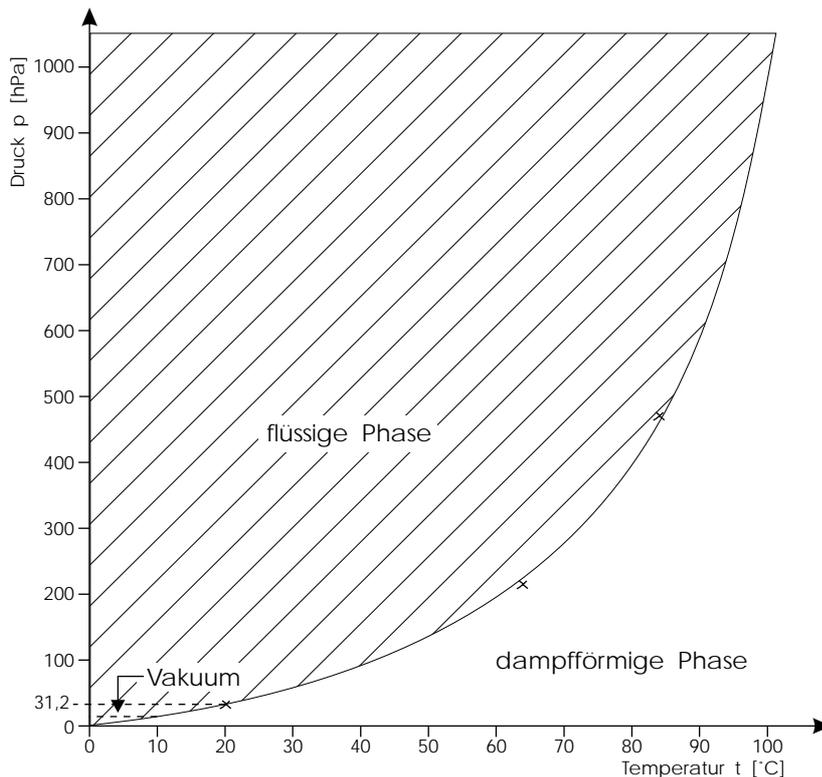


Abb.2: 2-Phasendiagramm von Wasser/Wasserdampf

4.3.4 Umgebungsdruck

Der maximale Meßwert ist unmittelbar vom Umgebungsdruck abhängig.

4.3.5 Umgebungstemperatur

Der maximale Meßwert ist durch den temperaturabhängigen Dampfdruck von Wasser von der Umgebungstemperatur abhängig (siehe Abb. 5).

Wir wünschen Ihnen bei Ihren Messungen viel Erfolg.

Für evtl. Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

5 Technische Daten

Abmessungen	Kerzenlänge: ca. 50 mm Kerzendurchmesser: ca. 20 mm Schaftlänge: frei wählbar, Material Acrylglas Meßkopfhöhe: ca. 40 mm, unterer Durchmesser 14 mm
Kabellänge	5 m Standard, frei wählbar
Meßprinzip	Messung des Bodenwasserpotentials über Diaphragma, Wasser und Druckumformer
Meßbereich	0 bis 850 hPa = pF 2,9 abzüglich Schaftlänge (1 cm = 1 hPa)
Signal	0 bis 100 mVdc \pm 3 mV, exakte Werte lt. Kalibrierprotokoll
Impedanz	\approx 2,6 k Ω
Temperaturdrift	Temperaturkompensiert, typ. Drift: 0,5% FS über 25 °C
Hysterese	typ. 0,1% FS
Stabilität über 1 Jahr	typ. 0,5% FS
Sensor	piezoresistiver Druckumformer, zerstörungsfreie Drucklast +/- 3000 hPa
Elektronik	assym. Wheatstone´sche Vollbrücke
Common mode	Signalabstand zur Masse bei 10,6 V Versorgung: 2,8 bis 6,8 V
Versorgung	10,6 Vdc (5-15 Vdc), stabilisiert
Stromaufnahme	\approx 1,3 mA

Vorbehaltlich technischer Änderungen
im Sinne einer Produktverbesserung.

© 2001 UMS GmbH, München.



Umweltanalytische
Mess-Systeme GmbH

Gmunderstraße 37
D-81379 München

Tel.: ++49 (0)89 / 12 66 52 - 0
Fax: ++49 (0)89 / 12 66 52 - 20
eMail: info@ums-muc.de
www.ums-muc.de