

## Bodenwasserhaushalt: Saugspannungsmessung

Die Kenntnis der Saugspannung ist zur Berechnung der Wasserflüsse im Boden notwendig. Die Messung erfolgt mit Tensiometern, bei denen der Unterdruck in einem wassergefüllten, mit dem Boden in Kontakt stehenden porösen Körper gemessen wird. Bevorzugt werden sie eingesetzt bei periodischem Wasserüberstau und Saugspannungen bis 500 hPa. Bei höheren Saugspannungen werden auch Equitensiometer eingesetzt, bei denen der Wassergehalt eines in den Boden eingebauten porösen Keramikkörpers gemessen wird, dessen pF-Kurve bekannt ist. Tensiometer müssen regelmäßig mit entgastem dest. Wasser gefüllt werden, Equitensiometer sind wartungsfrei. Die Datenpausibilisierung erfolgt in Zusammenschau mit den korrespondierenden Niederschlägen unter Berücksichtigung der Einbautiefen.

### Einleitung

Die Saugspannung des Bodens (Synonyme sind Wasserspannung, Matrixpotential oder Tension) stellt eine wichtige Ausgangsgrösse dar für die Berechnung der Wasserflüsse in einem Boden. So fließt beispielsweise auf gleicher örtlicher Höhe das Wasser immer vom Ort der niedrigeren Saugspannung zum Ort der höheren. Der Antrieb ist im wesentlichen die Kapillarkraft. Die Saugspannung eines Bodens ist über die sogenannte pF-Kurve mit dem Wassergehalt verknüpft. Diese Funktion ist bodenspezifisch und hauptsächlich von der Porengrößenverteilung abhängig.

### Messprinzip

Tensiometer

Ein poröser, wassergefüllter Körper (Tensiometerkerze aus Keramik) wird in den Boden eingebaut und steht damit mit dem Porensystem des Bodens



<b>Ziel</b>	in-situ Messung der Saugspannung
<b>Messprinzip</b>	Tensiometer messen Unterdruck im Bodenwasser  Equitensiometer messen Wassergehalt in porösem Körper bekannter pF-Kurve
<b>Genauigkeit</b>	Tensiometer ca. 5 hPa Equitensiometer ca. 50 hPa
<b>Einbau</b>	unterirdisch oder schräg, 3-4 Parallelen pro Tiefe
<b>Plausibilisierung</b>	Vergleich mit Niederschlagsdaten und Einbautiefe

in Kontakt. Die Kapillarkräfte des Bodens ziehen am Wasservorrat der Tensiometerkerze und erzeugen im Inneren des Körpers einen Unterdruck, dessen Saugkräfte nach bestimmter Zeit mit den Kapillarkräften des Bodens im Gleichgewicht stehen. Der Unterdruck im Wasser der Tensiometerkerze wird piezometrisch gemessen, er entspricht der Saugspannung im Boden.

#### Equitensiometer

Ein Equitensiometer ist eine FDR-Sonde, über die ein poröser Keramikkörper geklebt ist (Liu 1999). Bei gegebenen Saugspannungen wird sich in dieser Keramik immer ein (hysteresebedingt mehr oder weniger) definierter Wassergehalt einstellen, der per FDR-Technik gemessen wird. Der Vorteil gegenüber der Messung mit herkömmlichen Tensiometern besteht im geringen Wartungsaufwand und der Ausdehnung des Messbereichs über die 950 hPa hinaus, ab denen das Tensiometerwasser einfach verkocht. Nachteilig ist, dass die Messgenauigkeit im Bereich geringer Saugspannungen schlecht ist und im Bereich der Wassersättigung Überstauhöhen prinzipiell nicht gemessen werden können. Des weiteren unterliegen die Equitensiometer einer sondeneigenen Hysteresis.

Da die Keramikkörper nicht vollkommen identisch hergestellt werden können, ist die Beziehung Saugspannung zu Sensorausgangsspannung für jedes Equitensiometer individuell. Sie wird deshalb vom Hersteller mit in der Bodenkunde üblichen pF-Apparaturen ermittelt und als Tabellen mit diskreten Stützstellen zu jeder Sonde mitgeliefert.

Die Beziehung zwischen mV-Ausgang des Equitensimeters und der Wasserspannung ist nichtlinear. Um für die Auswertung eine stetige Umrechnung von mV in Wasserspannung zu ermöglichen, muss zwischen den gelieferten Kalibrierstützstellen interpoliert werden. Dazu ist eine lineare Interpolation unzureichend. Als besser geeignet haben sich mehrere Polynome erwiesen, die unterschiedliche Wertebereiche abdecken.



**Tensiometer T8, Fa. UMS mit externer Befüllung**



**Equitensiometer, Dr. Liu (FDR-Sonde mit porösem Ausgleichkörper)**

Hinsichtlich der Anschlüsse wird auf das Delta-T-Manual zu den FDR-Sonden verwiesen.

Equitensiometer sind wartungsfrei. Defekte, die bei der Datenplausibilisierung erkannt werden (hier evtl. zusätzlich Frostbruch des Keramikkörpers), führen zum Austausch der betreffenden Sonde.

### Einbau

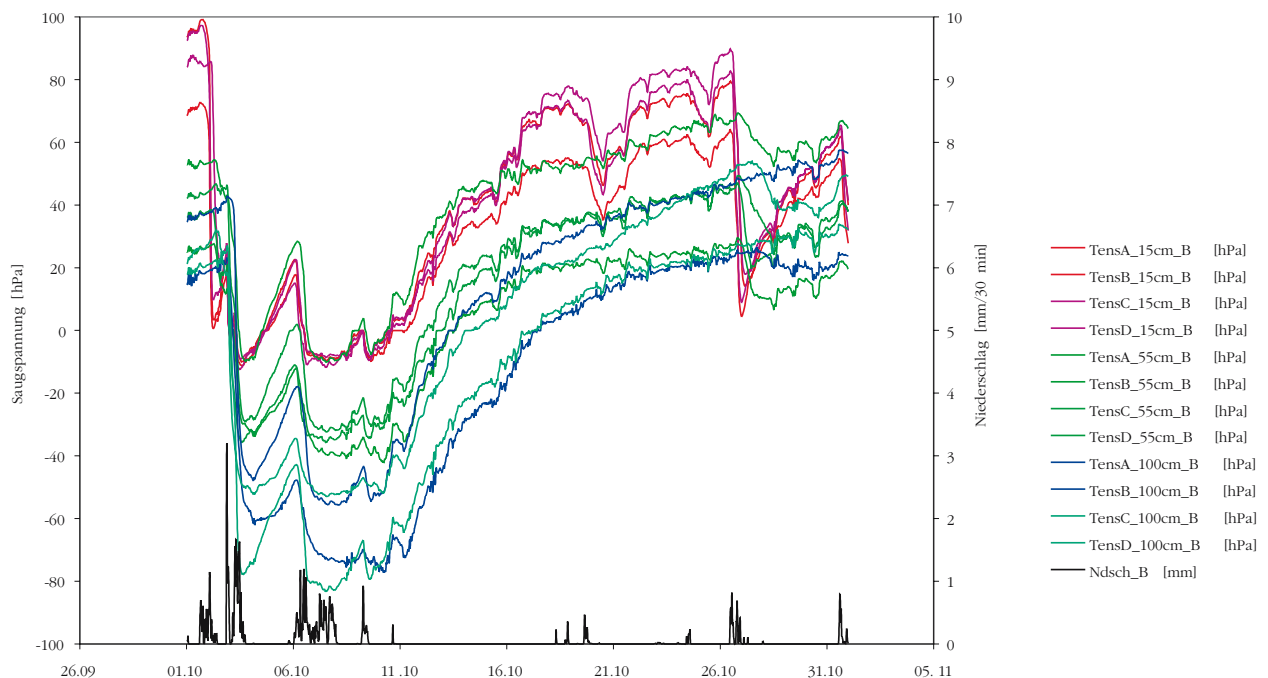
#### Tensiometer

Tensiometer werden in mehreren Parallelen pro Tiefe eingebaut. Die Tensiometer sind mit externer Befüllmöglichkeit ausgestattet, das heisst, sie sind im eingebauten Zustand über Edelstahlkapillaren befüllbar. Das Befüllen wird in Trockenperioden regelmäßig durchgeführt.

Analog zu den Wassergehaltssensoren werden die Tensiometer je nach geforderter Befahr- oder Begehbarkeit von Gräben ausgehend horizontal bis schräg, oder, störungsärmer,



Revisionschacht zum Befüllen unterirdisch verlegter Tensiometer



Beispielhafte Saugspannungs- und Niederschlagsmessungen aus Burghausen, Dezember 2001 zur Plausibilisierung der Saugspannungsmessdaten

zumindest schräg von oben eingebaut. Es wird passgenau vorgebohrt, der Kontakt zum Porensystem des Bodens wird mit gereinigtem Quarzmehl hergestellt. Details zu den jeweiligen Einbaupositionen sind den jeweiligen Messstellenbeschreibungen zu entnehmen.

Es werden Tensiometer der Firma UMS verwendet. Ab Werk weisen diese Tensiometer einheitliche Kalibrierungen auf (T6 0,1 mV/hPa, T8 1 mV/hPa). Aufgrund der Drift der Druckaufnehmer müssen jährlich Kontrollkalibrierungen durchgeführt werden.

In frostgefährdeten Bodentiefen sind die Tensiometer über den Winter hinweg entleert werden.

#### Equitensiometer

Der Einbau der Equitensiometer erfolgt prinzipiell gleich wie bei den Tensiometern. Equitensiometer sind ab Sommer 2001 im Einsatz.

#### Datenplausibilisierung

Oben stehend sind beispielhaft Tensiometerdaten in Zusammenhang mit den korrespondierenden Niederschlägen dargestellt. Die Datenplausibilisierung erfolgt unter Berücksichtigung der Einbautiefen durch Bewertung der Reaktionen auf Niederschlagsereignisse sowie der absoluten Werte. Beispielsweise zeigen leerlaufende Tensiometer trotz anhaltender Trockenheit abnehmende Werte an.

Die Equitensiometer liefern nach individueller Umrechnung ebenfalls Saugspannungen. Die Plausibilisierung wird auf gleiche Weise wie bei den Tensiometern durchgeführt.

#### Literatur

UMS 1995: Bedienungsanleitung T6

UMS 2001: Bedienungsanleitung T8

Liu 1999: Eine neue Methode zur Messung des Matrixpotentials. Unveröffentlichte Mitteilung. [www.bodenfeuchtemessung.de](http://www.bodenfeuchtemessung.de).

#### Impressum

Herausgeber	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg
Titel	Saugspannungsmessung
Ausgabe	November 2002
Kennung	U24-U61-N03 (ehem. U2431-DBW02-de)
©	Nachdruck und Versand bei Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet
Bezug	ab Juli 2009 <a href="http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/">http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/</a> ID Umweltbeobachtung U24-U61-N03