

# Bodenfeuchtemessung

Die UMEG setzt zwei verschiedene Verfahren der in-situ Bodenfeuchtemesstechnik ein. Das TDR-Verfahren und das FDR-Verfahren. Beide Verfahren basieren auf der Tatsache, dass die Dielektrizitätszahl von Wasser bedeutend höher ist, als die des Mineralbodens. Verfahrensunterschiede bestehen in den Sondengeometrien, den erfassten Bodenvolumen sowie den verwendeten Signalfrequenzen und Auswertemethoden. Der Einbau der Sonden erfolgt in Abhängigkeit der Bodennutzung komplett unterirdisch oder, um Bodenstörungen zu minimieren, schräg von oben. Die Datenplausibilisierung wird in Zusammenschau mit den Niederschlägen und bekannten bodenkundlichen Kennwerten durchgeführt.

FDR-Sonde ML2x



## Einleitung

Die zerstörungsfreien in-situ Bodenfeuchtemesstechniken basieren sämtlich auf der Tatsache, dass die Dielektrizitätszahl von Wasser bedeutend höher ist, als die des Mineralbodens. Deshalb ist es möglich, durch Messung der Dielektrizitätszahl auf den Wassergehalt des Bodens zu schliessen. Die Unterschiede zwischen den konkreten einzelnen Verfahren bestehen in den verwendeten Sondengeometrien, dem erfassten Bodenvolumen und den verwendeten Signalfrequenzen und Auswertemethoden.

Problematisch ist bei allen diesen Methoden, dass die Reichweite der Sensoren nicht sehr gross ist und die Messung dadurch zu einem erheblichen Anteil im durch den Sondeneinbau gestörten Boden erfolgt.

## Messprinzip

### FDR-Verfahren

Beim FDR-Verfahren (Frequency Domain Reflectometry) wird in der Frequenzdomäne gemessen, wodurch sich die Auswertelektronik gegenüber der TDR-Technik vereinfacht.

Zur Umrechnung des mV-Signals der FDR-Sonde ThetaProbe ML2x in Vol.-% Wassergehalt gibt der Hersteller ein Polynom an, das durch Kurvenan-

<b>Ziel</b>	in-situ Bodenfeuchtemessung
<b>Messprinzip</b>	Messung der Dielektrizität im FDR- oder TDR-Verfahren
<b>Genauigkeit</b>	+/- 5 Vol.-% absolut, bodenspezifisch kalibriert +/- 1 Vol.-%. Bei Feuchteänderung genauer
<b>Einbau</b>	unterirdisch oder schräg, 3-6 Parallelen pro Tiefe
<b>Plausibilisierung</b>	Vergleich mit Niederschlagsdaten und Porenverteilung des Bodens

passung an Kalibrierstützstellen anhand von verschiedenen mineralischen ( $C_{org}$  ca. 3%) und organischen Böden ( $C_{org}$  ca. 40%) ermittelt wurde (DELTA T DEVICES LTD. 1995):

$$\text{Vol.-%} = (1,07 + 6,4V - 6,4V^2 + 4,7V^3 - a_0) / a_1$$

mit

$$\text{Mineral. Böden: } a_0 = 1,6 \quad a_1 = 8,4$$

$$\text{Organ. Böden: } a_0 = 1,3 \quad a_1 = 7,7$$

Bisher wurden noch keine bodenspezifischen Kalibrierungen durchgeführt weshalb die Umrechnung mit den dargestellten Standardkoeffizienten für anorganische Böden erfolgt. Hierbei können Gesamtfehler von 5 Vol.-% absolut auftreten, gegenüber 1 Vol.-% absolut bei bodenspezifischer Kalibrierung. Wassergehaltsänderungen hingegen werden mit einer besseren Genauigkeit gemessen. Die Salinität von Böden hat ebenfalls einen Einfluss auf den Sensor-Output und muss bei der Kalibrierung mitberücksichtigt werden.

#### TDR-Verfahren

Beim TDR-Verfahren (Time Domain Reflectometry) wird die Laufzeit des Signals entlang der Sondenstäbe ausgewertet. Bei den verwendeten TDR-Sonden (TRIME-IT, TRIME-EC) der Firma IMKO geschieht das nach dem sogenannten TRIME-Verfahren. Bezüglich der Details wird auf das entsprechende Handbuch des Herstellers verwiesen (IMKO 1995).

#### Einbauverfahren

Um zu verhindern, dass Regenwasser entlang der Schäfte zum Messort gelangt, werden die Sonden vorzugsweise horizontal eingebaut. Bautechnisch ist dazu ein Installationsgraben zu ziehen. Wo es die Bodennutzung erlaubt, die Flächen also nicht befahren oder begangen werden, können die Sonden auch schräg eingebaut werden, wodurch die Bodenstörung vermindert wird.

Neben der Vermeidung von Schaftwasser muss



**FDR-Sonden im Schrägeinbauverfahren an der Messstelle Forst**



**TDR-Sonde im Grabeneinbauverfahren an der Messstelle Vellberg-Klein-Aldorf**



**TDR-Sonden im Grabeneinbauverfahren an der Messstelle Seewald-Besenfeld**

beim Einbau besonders auf das sorgfältige Einbringen der Sondenstäbe geachtet werden. Da die Eindringtiefe des Sondensignals gering ist, können sonst erhebliche zusätzliche Einbaufehler resultieren.

### Parallelenanzahl

FDR-Sonden werden in Parallelen von 3 bis 6 Stück je Horizont eingebaut, wobei aus Kostengründen in der Regel an der Untergrenze der notwendigen Parallelen bestückt wird.

### Datenplausibilisierung

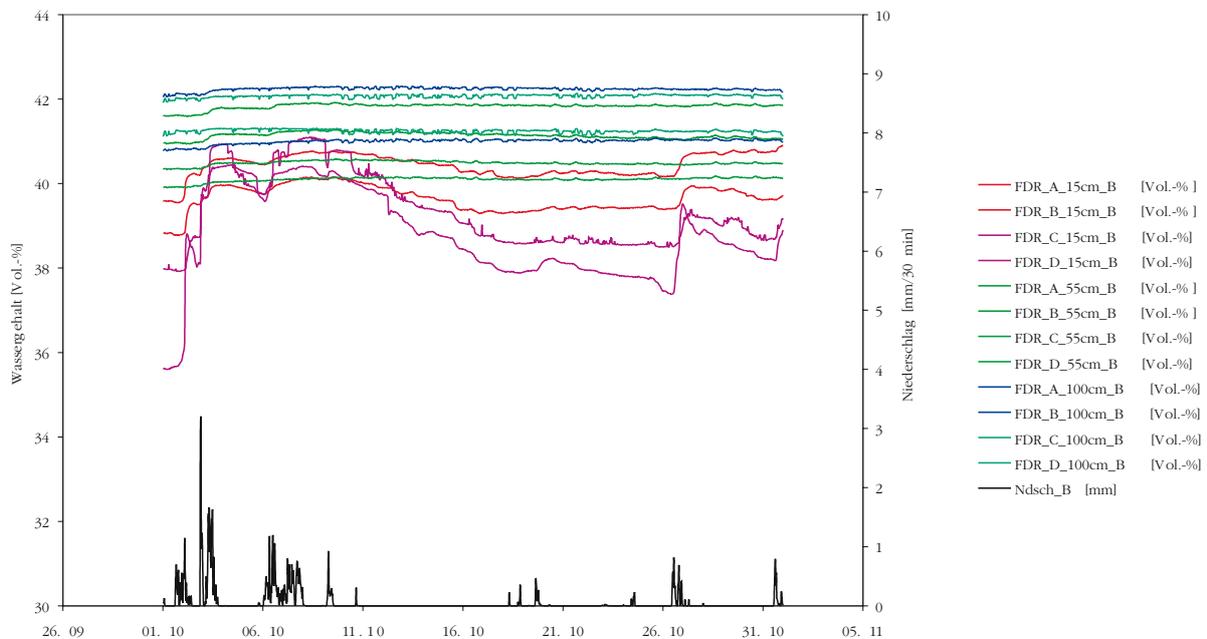
Nebenstehend sind beispielhaft Wassergehaltsmessungen aus dem Jahr 2001 zusammen mit den korrespondierenden Niederschlägen dargestellt. Es wird deutlich, wie die Wassergehalte der oberen Horizonte stärker und auch kurzfristiger auf Niederschlagsereignisse reagieren, wie die Wassergehalte der tieferen Horizonte, die gegenüber dem Input Niederschlag eine stärkere Dämpfung zeigen. Weitere Plausibilitätskriterien sind die gemessenen Maximalwerte, die ein direktes Mass für das

Porenvolumen des Bodens sind. Sind diese zu hoch oder ändern sie sich in der Zeit erheblich, kann auf Einbaufehler geschlossen werden.

### Literatur

DELTA T DEVICES LTD. 1995: User Manual Theta Probe Type ML2x

IMKO 1995: www.imko.de



### Beispielhafte Bodenfeuchte- und Niederschlagsmessungen aus Burghausen 2001 zur Plausibilisierung der Bodenfeuchtemessdaten

**Impressum**

Herausgeber UMEG Zentrum für Umweltmessungen,  
Umwelterhebungen und Gerätesicherheit  
Baden-Württemberg

Titel odenfeuchtemessung

Ausgabe November 2002

Kennung U24-U61-N02  
(ehem. U2431-DBW01-de)

© Nachdruck und Versand bei Quellenan-  
gabe und Überlassung von Belegexempla-  
ren gestattet

Bezug ab Juli 2009  
<http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/>  
ID Umweltbeobachtung U24-U61-N02