

Rohrsonden zur Wasseranteilsbestimmung

P. CEPUDER und G. HAUER

Kurzfassung

Die Neutronensonde gilt als eines der besten indirekten Messgeräte zur Erfassung des Bodenwasseranteils. Gesundheitliche Bedenken und neue Messtechniken haben jedoch auch weitere Messsysteme auf den Markt gebracht. Speziell die IAEA versucht Alternativen zur radioaktiven Messtechnik zu finden. Im Rahmen einer Kooperation der IAEA und Fachinstituten aus Australien, Frankreich, Österreich und den USA wurden TDR (Time Domain Reflectometry) und FDR (Frequency Domain Reflectometry) mit der radioaktiven Technik verglichen.

Das Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft erprobte von Juni 2000 bis Mai 2002 an drei unterschiedlichen Bodenstandorten im Marchfeld diese drei verschiedenen Messtechniken zur Ermittlung des Bodenwasseranteils. Als Geräte wurden die Rohrsonden TRIME (TDR), DIVINER 2000 (FDR) und SOLO 40 (radioaktiv) verwendet. Die Sondenrohre wurden bis in eine Messtiefe von 1 m eingebaut, und die Messungen erfolgten in Tiefenabschnitten von 10 cm. Die Messungen wurden einmal wöchentlich durchgeführt. In diesen Versuchsjahren wurden alle Systeme im Feld geeicht und mit den Standardkalibrierungen verglichen. In Bezug auf die Handhabung ist der Diviner der Firma Sentek das benutzerfreundlichste Gerät. Nach zweijähriger Feldmessung mit Kalibrierung erwies sich die FDR-Methode präziser als die TDR-Methode.

Abstract

At three locations in Lower Austria (sandy, loamy and clay soil conditions) different soil water measuring systems (TDR- and FDR-method as well as Neutron Probe) were compared. All three systems used access tubes to a depth of 1 m with three replications each. Experiments had started in June 2000 and

measurements were taken once a week till May 2002. After comparing the field-calibration FDR-method has proved to be better in results and handling than TDR. This projects was in co-operation with the Joint Division FAO/IAEA.

Einleitung und Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Studie wurden langfristige Beobachtungen des Bodenwasserhaushaltes an drei unterschiedlichen Bodenstandorten im Marchfeld durchgeführt. Das Ziel dieser Studie war der Vergleich von Rohrsondenmesssystemen zur Wasseranteilmessung, die Erprobung ihrer Handhabung und die Feststellung ihrer Standorttauglichkeit.

Die nachfolgende Beschreibung von Material und Methoden wird in diesem Artikel nur in groben Umrissen aufgezeigt. Detailliertere Ausführungen darüber sind in ZARTL et al. (2001) enthalten.

Material und Methoden

Pro Standort und Messsystem wurden je drei Sondenrohre eingebaut. Die Rohre sind im Dreieck angeordnet und haben einen Abstand von 30 bis 100 cm. Alle Rohre wurden durch eine kombinierte Bohr-Schlagtechnik mit den vom Hersteller empfohlenen Geräten im Frühjahr 2000 eingebaut. Beim Einbau der Rohre wurden Bodenproben in 20 cm Schichten entnommen, welche dann hinsichtlich Kornverteilung und organischer Substanz weiter analysiert wurden.

Standort 1 befindet sich auf dem Gelände der Versuchswirtschaft Groß Enzersdorf. Die Bodenoberfläche ist ganzjährig mit Gras bedeckt. Bei der Bodenart dieses Standortes handelt es sich nach dem österreichischen Texturdreieck um einen lehmigen Schluff. Standort 2 und 3 befinden sich auf bewirtschafteten Feldern. Diese wurden bis April 2001 unbepflanzt belassen und danach wurde Gras angebaut. Somit wurden die für die Kalibrierung notwendigen feuchten und

trockenen Bodenwasserverhältnisse in der Wurzelzone ermöglicht. Die Bodenart von Standort 2 ist sandiger Schluff; die Bodenzusammensetzung des dritten Standortes entspricht einem lehmigen Schluff.

Messsysteme

Die drei verwendeten Messsysteme sind: Time Domain Reflectometry Methode (TDR), Frequency Domain Reflectometry Methode (FDR) und radioaktive Methode mit Neutronenstrahlung.

Time Domain Reflectometry:

TDR ist eine indirekte Methode zur Bestimmung des Wasseranteils. Sie basiert darauf, dass Wasser eine höhere Dielektrizitätskonstante hat als Feststoff und Luft (TOPP et al., 1998; TOPP et al., 1985). Bei dieser Methode wird die Ausbreitungsgeschwindigkeit und Abschwächung einer elektromagnetischen Welle hoher Frequenz gemessen (GHz). Bei dieser Studie kam die Trime-T3-TDR Rohrsonde zum Einsatz.

Frequenzy Domain Reflectometry:

Es wird die elektrische Kapazität, die von der Dielektrizitätskonstante von Boden, Luft und Wasser abhängt, zwischen zwei Elektroden gemessen. Die elektrische Kapazität, die sich um den Sensor einstellt, ist abhängig von der Zusammensetzung des Boden-Wasser-Luft-Kontinuums. Für die wöchentlichen Messungen wurde der Diviner 2000 der Firma Sentek verwendet (PALTINEANU et al., 1997; CAMPBELL, 1990).

Radioaktive Methode:

Diese Methode beruht auf der Wechselwirkung der Neutronenstrahlung mit der Bodenmaterie. Schnelle Neutronen (0,1 - 10 MeV), welche von einer radioaktiven Quelle, wie z.B. ^{226}Ra - ^{9}Be oder ^{241}Am - ^{9}Be , ausgesandt werden, werden durch Kollisionen mit Atomkernen abgebremst und in ihrer Richtung geändert (OULD MOHAMED et al., 1997;

Autoren: Dipl.-Ing. Dr. Peter CEPUDER und Dipl.-Ing. Genia HAUER, Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Muthgasse 18, A-1190 WIEN

CHANASYK et al., 1996; EVETT et al., 1995). Die statistische Wahrscheinlichkeit einer Kollision, der sogenannte Streuungsquerschnitt, hängt von der Massenzahl des betrachteten Kerns ab und ist für Wasserstoff am größten (KASTANEK, 2000). Es wurde die Neutronensonde Solo 40 der Firma Nardieux Humisol verwendet.

Für alle drei Systeme ist ein guter Kontakt von Sondenrohr und Bodenmaterial unerlässlich, da größere Hohlräume die Messung beeinflussen. Besonders sensitiv reagieren TDR und FDR auf Hohlräume direkt um das Sondenrohr, da die Messintensität mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt. Der Messbereich des TDR Systems ist mit einem 16 cm hohen, zusammengepressten Zylinder, welcher in Sensorplattenrichtung eine Tiefenwirkung von maximal 6 cm hat, zu vergleichen; der Messbereich der FDR-Sonde gleicht einer 10 cm hohen Scheibe mit 10 cm Radius. Bei der Neutronensonde ist der kugelförmige Einflussbereich von der Stärke der radioaktiven Quelle abhängig und mit einem Radius von 10-15 cm etwas größer. Daher wirken sich Störungen durch Hohlräume bei der Neutronensonde nicht so gravierend aus.

Ergebnisse

Kalibrierung

Es wurden alle drei Messsysteme im Feld kalibriert. Hierzu wurden zu drei ausgesuchten Zeitpunkten je zehn ungestörte Stechzylinderbodenproben bis in 1 m Tiefe an jedem Standort entnommen. Der Wassergehalt wurde alle 10 cm gravimetrisch bestimmt und über das Volumen auf den Wasseranteil umgerechnet. Um den Verlauf der Kalibrierbeziehung für das gesamte Wasseranteilsspektrum (15-40 %) festlegen zu können, war es notwendig, die Bodenprobenahme während eines trockenen, mittleren und feuchten Bodenzustandes durchzuführen.

Die von den jeweiligen Firmen empfohlene Standardkalibrierung kann zur Bestimmung des absoluten Wasseranteils nicht verwendet werden. Die Messergebnisse mit Standardzeichnung verdeutlichen, dass alle Geräte für die jeweiligen Standortverhältnisse kalibriert wer-

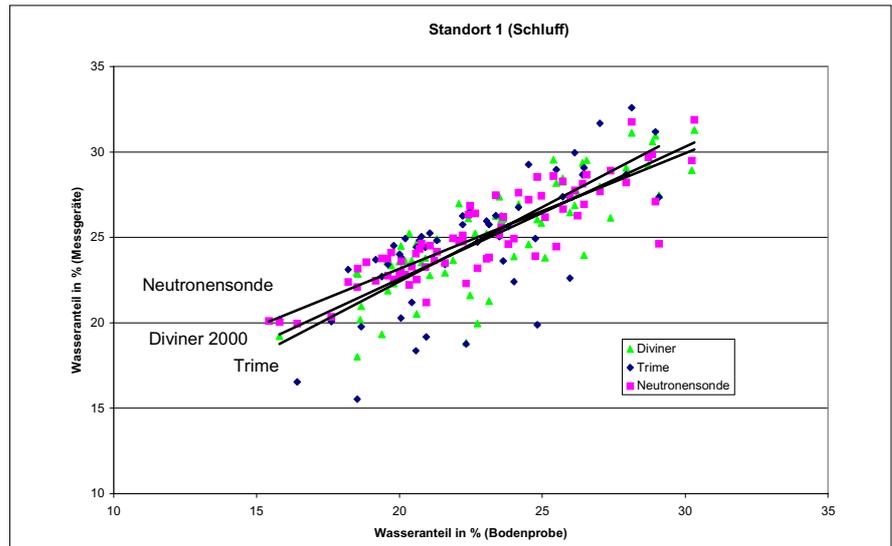


Abbildung 1: Feldkalibrierung Standort 1

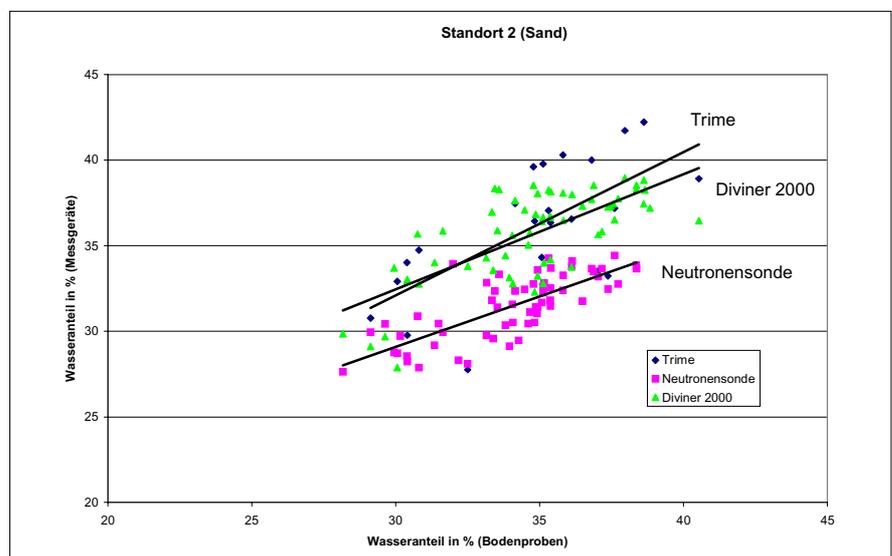


Abbildung 2: Feldkalibrierung Standort 2

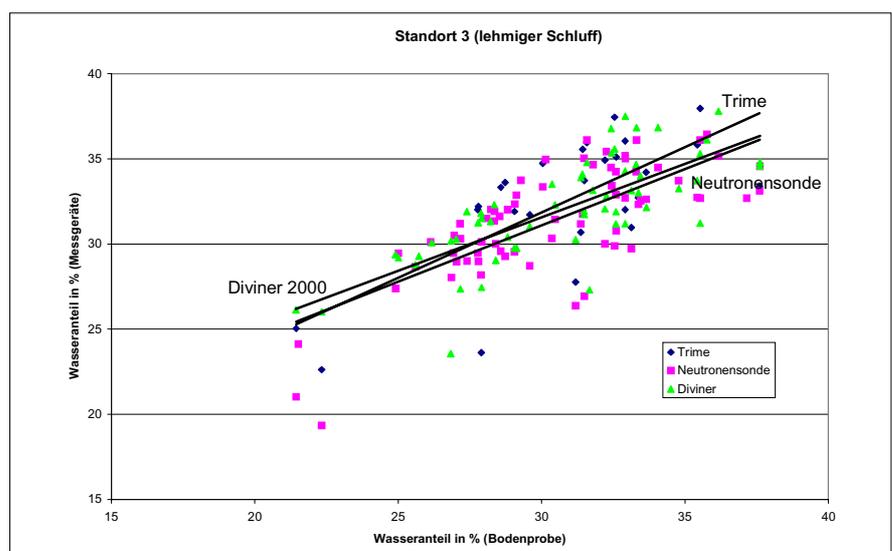


Abbildung 3: Feldkalibrierung Standort 3

Tabelle 1: Kalibrierfunktionen

	Standort 1	Standort 2	Standort 3
Trime	$y = 0.872x + 4.980$ $r^2 = 0.570$	$y = 0.838x + 6.957$ $r^2 = 0.448$	$y = 0.767x + 8.833$ $r^2 = 0.503$
Diviner	$y = 0.774x + 7.099$ $r^2 = 0.667$	$y = 0.673x + 12.262$ $r^2 = 0.511$	$y = 0.628x + 12.746$ $r^2 = 0.568$
Neutronensonde	$y = 0.676x + 9.639$ $r^2 = 0.768$	$y = 0.590x + 11.389$ $r^2 = 0.583$	$y = 0.661x + 11.259$ $r^2 = 0.544$

den mussten. Für Bewässerungszwecke wiederum kann die Standardkalibrierung ausreichend sein, wenn die relativen Wasseranteilsschwankungen gut nachvollziehbar sind.

Die *Abbildungen 1 bis 3* zeigen die Abweichungen zwischen Standardkalibrierung und Feldkalibrierung. Am Standort 1 bewegte sich die mittlere Standardabweichung für das TDR Gerät um 7,3 Vol%. Für das FDR Gerät ergaben sich 0,7 Vol% und die Neutronensonde hatte 0,9 Vol%. Auch am Standort 2 wich das TDR Gerät mit 4,4 Vol% am stärksten ab; FDR hatte 1,7 und die Neutronensonde 0,6 Vol%. Die tiefer liegende Eichgerade der Neutronensonde am Standort 2 (Sand) ist auf die für einen Schluffboden angepasste Standard Eichung zurückzuführen. Auch für den 3. Standort hat das TDR Gerät mit einer Standardabweichung von 8,0 Vol% die höchsten Streuungen; FDR liegt mit 2,4 etwas über der Neutronensonde mit 1,2 Vol%.

Die in *Abbildung 4* dargestellten Wasseranteile an allen 3 Standorten zeigen nach der Kalibrierung die Unterschiede zwischen den Messgeräten. Die Wasseranteile des TDR Gerätes liegen fast immer über den Messwerten der anderen

Messgeräte. Am besten stimmen FDR und Neutronensonde überein. Die Unterschiede zwischen FDR und Neutronensonde am Standort 3 sind auf die verschiedenen Messbereiche und die mit der Tiefe stark wechselnden Wasseranteile zurückzuführen.

Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Projektes wurden drei verschiedene Wasseranteilmesssysteme verglichen, deren Feldtauglichkeit und Handhabung geprüft und getestet. Für alle Messsysteme ist es notwendig eine standortspezifische Kalibrierung durchzuführen. Die vom Hersteller empfohlenen Standardkalibrierungen können nicht an allen Standorten eingesetzt werden. Im Rahmen dieses Projektes wurde die Kalibrierung im Feld anhand von Bodenproben, deren Wassergehalt gravimetrisch bestimmt wurde, durchgeführt. Der Einbau ist für alle Rohrsonden ähnlich und erfordert etwas Erfahrung, da ein guter Kontakt des Rohres mit dem Boden für zuverlässige Messungen unbedingt erforderlich ist. In Bezug auf die Handhabung ist der Diviner der Firma Sentek das benutzerfreundlichste Gerät. Die Messung kann schnell und unkompliziert durchgeführt

werden. Nach abgeschlossener Kalibrierung wurden zwischen FDR- Methode und der Neutronensondenmessung die besten Übereinstimmungen erreicht.

Literatur

CAMPBELL, J. E. 1990: Dielectric properties and influence of conductivity in soils at one to fifty Megahertz. SSSA, Vol. 54.

CHANASYK, D.S. and M.A. NAETH, 1996: Field measurement of soil moisture using neutron probes. Canadian Journal of Soil Science 1996, 76 "Modelling and Measurement of Soil Water Content", Proceedings of the Baier and Robertson Symposium, Canada.

EVETT, S.R. and J.L. STEINER, 1995: Precision of Neutron Scattering and Capacitance Type Soil Water Content Gauges from Field Calibration. Soil Sci. Soc. of America Journal, Vol. 59: 961-968, 1995.

KASTANEK, F., 2000: Skriptum Bodenphysik. Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien.

OULD MOHAMED, S., P. BERTUZZI, A. BRUAND, L. RAISON and L. BRUCKLER, 1997: Field Evaluation and Error Analysis of Soil Water Content Measurement using the Capacitance Probe Method. Soil Sci. Soc. of America Journal, Vol. 61: 399-408, 1997.

PALTINEANU, C.C. and J.L. STARR, 1997: Real-time Soil Water Dynamics Using Multisensor Capacitance Probes: Laboratory Calibration. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 61, 1997: 1576-1585.

TOPP, G.C. and J.L. DAVIS, 1985: Measurement of Soil Water Content using Time-domain Reflectometry (TDR): A Field Evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J., Vol. 49, 1985:19 - 24.

TOPP, G.C. and P.A. FERRE, 1998: Measuring Water Content in Soil using TDR: A State-of-the-Art in 1998, Consultants' meeting on "The comparison of three soil water assessment methods", Joint FAO/IAEA Division, Nov. 98 Vienna.

ZARTL A., P. CEPUDER und W. LOISKANDL, 2001: Erfahrungen mit Rohrsonden zur Wassergehaltsbestimmung an unterschiedlichen Standorten. Bericht über die 9.Lysimetertagung, BAL Gumpenstein.

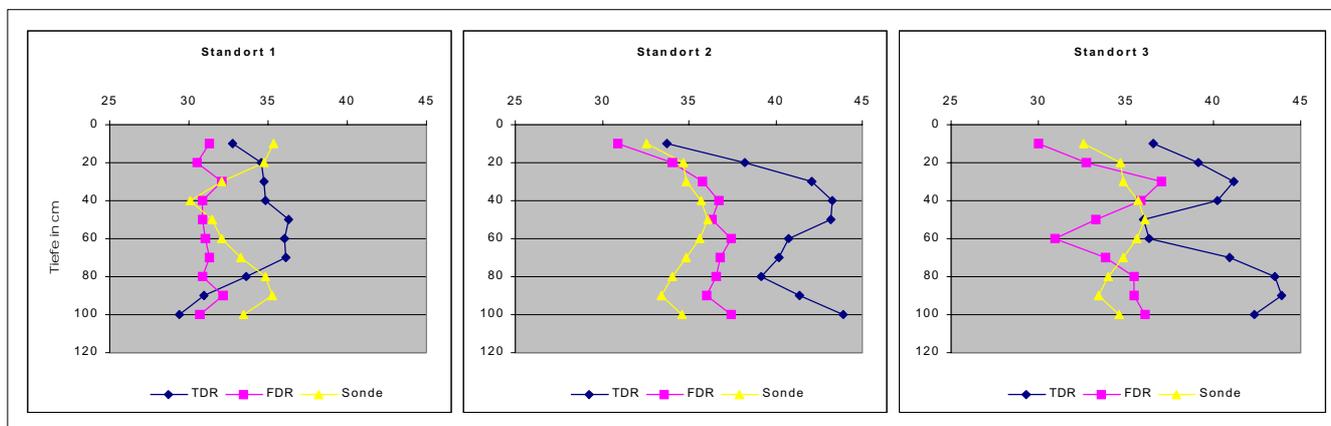


Abbildung 4: Wasseranteil in Vol% für TDR-Trime, FDR-Diviner, Neutronensonde am 27.März 2001

