

Martin Schmitz, Braunschweig

Bodenfeuchtemessung

Die Bodenfeuchtemessung ist sowohl für die Beregnungssteuerung als auch für andere ackerbauliche Maßnahmen eine wichtige Kenngröße. Da es jedoch nach wie vor an praxisgerechten Techniken zur Bodenfeuchtemessung mangelt, wurden verschiedene Sensoren untersucht. Wegen der großen Streuung der Messergebnisse kann eine Empfehlung für den Einsatz zur Beregnungssteuerung nicht gegeben werden.

Während Erfolge bei der betriebstechnischen Weiterentwicklung der Beregnungstechnik erzielt werden konnten, fehlt es nach wie vor an praxisgerechten Techniken zur Bodenfeuchtebestimmung. Die Fragestellung der Untersuchungen war, ob mit Hilfe von Bodenfeuchtesensoren die Beregnung exakt gesteuert werden kann. Nach der Literaturrecherche und ersten Erfahrungen mit verschiedenen Sensoren wurde ein Problem offensichtlich: Die Fähigkeit, den Bodenwassergehalt an einem Punkt im Boden zu messen, ist zwar von Sensortyp zu Sensortyp unterschiedlich, aber im Allgemeinen ausreichend.

Der Wassergehalt im Boden selbst ist aber unter Feldbedingungen auch über kürzeste Distanzen so heterogen verteilt, dass die Punktmessung an nur einer Stelle nicht ausreichend ist. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zur Mittelwertbildung über ein größeres Bodenvolumen oder über mehrere einzelne Sensormesswerte, um einen Messwert mit ausreichend geringer Messunsicherheit zu erzielen.

Da weder das vermessene Bodenvolumen noch die Gewichtung innerhalb dieses Volumens in der Praxis bekannt sind, muss die Streubreite des gesamten jeweiligen Messverfahrens Gegenstand der Betrachtung

sein. Derartige quantitative Daten über die Streubreite von Bodenfeuchtemessungen scheinen für moderne, preiswerte Messverfahren sehr selten oder nicht vorhanden zu sein.

Feldexperimente zur Messwertstreuung

Es ist zwar bekannt, dass die Variabilität der Bodenfeuchtemessungen sehr hoch sein kann; aber es existieren wenig Daten, welche diese Variabilität quantifizieren können. Angaben zum Einfluss des Bodenprobenvolumens auf die statistischen Eigenschaften einer Stichprobe finden sich in [1]. In [2] wird die statistische Verteilung von Messungen der Bodenwasserspannung mit Tensiometern in einem mit Tropfbewässerung ausgerüsteten Feld beschrieben.

Mit Versuchsergebnissen sollen die statistischen Eigenschaften hier an drei ausgewählten Verfahren exemplarisch aufgezeigt werden. Die Versuche sollten einen Eindruck vermitteln, wie hoch die Messwertstreuung bei Verfahren sein kann, die sich technisch von der Bodenprobennahme völlig unterscheiden. Darüber hinaus sollte untersucht werden, ob sich die Streubreiten von verschiedenen Verfahren überhaupt so weit voneinander unterscheiden, dass es sinnvoll wäre, nach Verfahren mit deutlich geringerer Streubreite zu suchen.

Versuchsaufbau

Es wurden unter zweijährigem Gras auf lehmigem Sandboden insgesamt 75 Bodenfeuchtesensoren, jeweils 25 Stück Time Domain Reflectometry (TDR)-, Granular Matrix Sensors (GMS)- und EC-Sensoren in einem quadratischen Raster mit rund 75 cm

Dipl.-Ing. Martin Schmitz war bis zum 31. Januar 2000 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Betriebstechnik und Bauforschung (FAL), Bundesallee 50, 38116 Braunschweig; e-mail: Heinz.Sourell@fal.de
Das Thema wurde als Dissertation am Institut für elektrische Messtechnik und Grundlagen der Elektrotechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. Varchmin) angenommen. Die Arbeit befindet sich im Druck.

Das Institut dankt dem Niedersächsischen Landesamt für Ökologie (NLÖ) für die finanzielle Unterstützung.

Schlüsselwörter

Bodenfeuchte, Bewässerungsmanagement, Beregnung

Keywords

Soil moisture, irrigation management

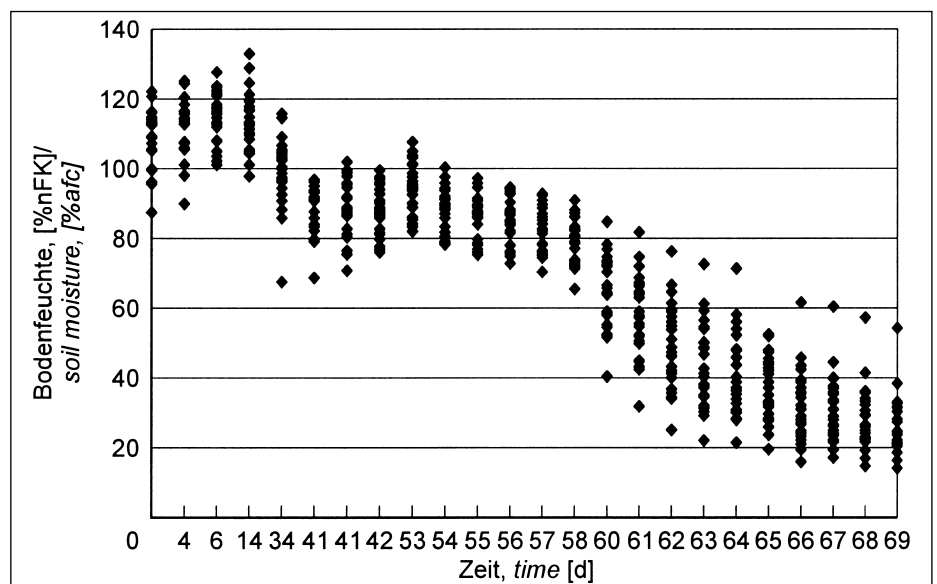


Bild 1: Messwerte der TDR-Sensoren

Fig. 1: Readings of TDR-sensors

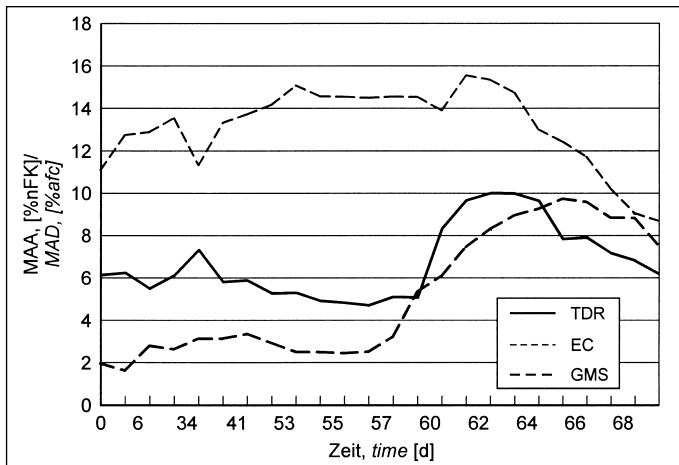


Bild 2: Mittlere absolute Abweichung (MAA) der TDR-, EC und GMS-Messwerte

Fig. 2: Mean absolute deviation of TDR-, EC and GMS-readings

Gitterabstand eingesetzt. Die Mitte der Sensoren wurde jeweils in 15 cm Tiefe im Hauptwurzelbereich des Grases plaziert.

Diese Anordnung sollte bei völliger Homogenität des Bodens und identischen Sensoren innerhalb jeder Gruppe gleiche Messwerte liefern. Die zu erwartenden Abweichungen innerhalb der Gruppen sollten qualitative und – aufgrund der relativ hohen Sensorzahl – auch quantitative Aussagen über die Streubreite der Werte jedes der drei Messverfahren ermöglichen. Die Feldkapazität des Bodens in 15 cm Tiefe lag bei 21,9 Vol%, der Welkepunkt bei 5,6 Vol%.

Es fand in der Vegetationszeit vor Versuchsbeginn keine Beregnung statt, so dass kein Einfluss der Beregnungstechnik auf die Verteilung des Bodenwassers angenommen werden muss. Die Messwerte wurden in der Regel täglich gegen 9:00 Uhr abgelesen. Die Auswertung der Messergebnisse erfolgte auf Basis des volumetrischen Wassergehaltes.

Ergebnisse

Bild 1 zeigt den zeitlichen Verlauf der Bodenfeuchtwerte jeweils für eine Gruppe von 25 Sensoren, umgerechnet in % nFK. Die Höhe der sich ergebenden vertikalen Punktansammlungen gibt einen optischen Eindruck der Streubreite. Bild 2 zeigt von den drei Gruppen den zeitlichen Verlauf der mittleren absoluten Abweichung.

Die drei Verfahren zeigen erhebliche Unterschiede in der Streubreite. Es fällt auf, dass sich diese mit der Austrocknung des Bodens verstärkt und damit gerade kurz vor Einsatz der eventuellen Beregnung die unsichersten Werte vorliegen. Es besteht die Annahme, die relative Änderung der Messwerte, bezogen auf einen Startzeitpunkt, unterläge einer geringeren Streubreite als die absoluten Werte.

Bild 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der TDR-Messwerte, von denen jeweils der Messwert des ersten Tages subtrahiert wurde. Es ergibt sich somit die Wasserbilanz seit

Beginn der Messungen. Wie am Verlauf der MAA (durchgezogene Linie) zu erkennen ist, liegt die Variabilität nur unwesentlich unter derjenigen der absoluten Werte.

Die Verläufe der relativen Werte der anderen beiden Verfahren sind hier nicht dargestellt, da sie den TDR-Verläufen sehr ähneln. Auch hier wurden die Vertrauensgrenzen für verschiedene Stichprobenumfänge zum einen nach MAA und zum andern nach der Standardabweichung berechnet. Hier zeigt sich ebenfalls kein nennenswerter Unterschied zwischen den beiden Verfahren.

Diskussion und Schlussfolgerungen

Unter der Annahme, diese Ergebnisse wären repräsentativ für die ganze Durchwurzelungstiefe und für andere Kulturen, kann nun die mögliche Einschränkung der Beregnungshöhe bestimmt werden.

Bei einer Vorgabe, den Boden von 40 %nFK bis 80 %nFK aufzufüllen, sei eine Einschränkung um ein Viertel, also 10 % nFK, als arbeitswirtschaftlich akzeptabel angenommen. Dann müssten in Abhängigkeit von der statistischen Sicherheit (Angaben für Vertrauensniveau, Stichprobenumfang [3]) für TDR und GMS jeweils neun und von den EC-Sensoren 20 Stück pro Tiefe eingebaut werden.

Dies erscheint zunächst viel zu viel zu sein. Es hängt vom Verlauf des vertikalen Bodenfeuchtegradienten gegen Ende eines Trockenintervalls(!) ab, in wie vielen Tiefen Messungen vorgenommen werden müssen: Angenommen, es wären vier (ein üblicher, wenn auch nicht durch Untersuchungen belegter Wert). Dann wären beispielsweise 40 GMS-Sensoren zu einem Stückpreis von etwa 40 DM, also insgesamt 1600 DM, nötig, um auf einer Fläche von etwa 10 m² die mittlere Bodenfeuchte mit ausreichender Genauigkeit zu ermitteln.

Jedenfalls ist die bei diesen Verfahren notwendige Anzahl pro Tiefe wesentlich höher als allgemein üblich, was die oft beobachteten Probleme bei der Beregnungssteuerung nach Bodenfeuchtemessungen erklären kann. Andererseits könnte schon eine Halbierung der Streubreite, die mit Blick auf die großen Unterschiede zwischen den Streubreiten der drei Verfahren nicht unrealistisch erscheint, die Zahl der notwendigen Sensoren auf ein akzeptables Maß drücken.

Für die direkte Messung der Bodenfeuchte ist es angebracht, zunächst den Schwerpunkt auf eine bessere räumliche Mittelwertbildung zu legen. Die Versuche haben gezeigt, dass dies aussichtsreich ist. Ebenso mag mit sinkenden Gerätekosten (GMS gegenüber dielektrischen Tensiometern) die Verwendung größerer Sensorzahlen sinnvoll sein. Dabei sind aber auch die arbeitswirtschaftlichen Gesichtspunkte zu beachten.

Literatur

Bücher sind mit • gezeichnet

- [1] Hawley, M. E., A. A. McCuen and T. J. Jackson: Volume Accuracy Relationship in Soil Moisture Sampling. J. Irrig. Drain. Div., Am. Soc. Civ. Eng. 108 (1982), pp. 1 – 11
- [2] Hendrickx, J. M. H. und P. J. Wierenga: Variability of soil water tension in a trickle irrigated Chile pepper field. Irrigation Science 11 (1990), pp. 23 – 30
- [3] • Sachs, L.: Angewandte Statistik. 4. Aufl., Springer-Verlag, Heidelberg, 1974

Bild 3: TDR-Messwerte relativ zu ihrem Wert am ersten Tag

Fig. 3: TDR-readings relative to day 1

