

Bewertung von Ackerschlägen mit Hilfe der hydrologischen Datenerfassung

Fortschritt der dynamischen Bodenfeuchteerfassung

Die räumliche Änderung der Bodenarten verursacht die ungleiche Verteilung des vorliegenden Wassergehaltes im Oberboden. Dies gilt auch für gleiche Niederschläge. Zur hydrologischen Bewertung landwirtschaftlicher Flächen kommen gegenwärtig überwiegend geo-physikalische Verfahren zum Einsatz, die auf Grundlage der getroffenen Analysen eine Vorhersage von Bewässerungs- und Entwässerungszuständen erlauben. Die Entwicklung eines Gerätes zur dynamischen Ermittlung der Bodenfeuchte ermöglicht die Erfassung der Bodenfeuchte einer dünnen Bodenschicht ($h = 3 \text{ cm}$).

Dipl.-Ing. sc. agr. Cornelius Jantschke ist Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet: Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion (Prof. Dr. K. Köller), Garbenstrasse 9, 70593 Stuttgart; e-mail: cornelius.jantschke@uni-hohenheim.de. In einem durch das BMBF geförderten Kooperationsprojekt forscht er gemeinsam mit Dr. Rolf Becker (IMKO Mikromodul技术) an der Entwicklung einer dynamischen Bodenfeuchtesonde.

Schlüsselwörter

Dynamische hydrologische Bewertung, Bodenfeuchte, Time Domain Reflectometry (TDR), TRIME

Keywords

Dynamic hydrological evaluation, soil moisture, Time Domain Reflectometry TDR, TRIME

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 06306 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/local/fliteratur.htm> abrufbar.

Teilflächenspezifische Landwirtschaft und die damit verbundene Datenerfassung ermöglichen es, auf der Grundlage empirischer Daten die landwirtschaftliche Produktion zu verbessern. Die feldspezifischen Daten müssen durch geo-physikalische Methoden erfasst werden.

Seit der Realisierung der dynamischen Bodenfeuchte-Messung ist es möglich, eine schnelle hydrologische Bewertung von Ackerschlägen durchzuführen. Die Entwicklung basiert auf der Time Domain Reflectometry (TDR). Dabei stellt eine unmittelbare Maschinenkontrolle das Ziel der Entwicklung dar.

Um die erfassten Feuchtedaten für weitere Studien nutzen zu können, müssen die Daten unter räumlicher Zuordnung erfasst werden. Unter zur Hilfenahme ergänzender Messungen (elektrische Leitfähigkeit, Wetterdaten, Dokumentation des aktuellen Zugkraftbedarfs) gewinnen diese Messwerte an Aussagekraft.

Methoden

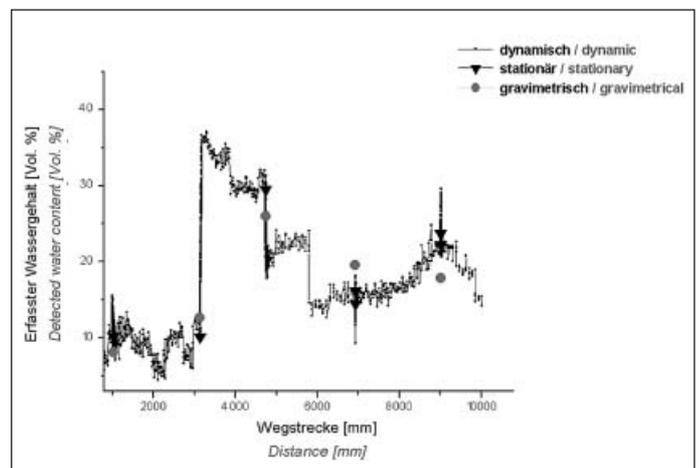
TDR Messungen unterliegen gegenüber Objekten, die nicht durch die übliche Bodendichte wiedergegeben sind, einer gewissen Störanfälligkeit und führen daher zu Fehlmessungen. Neben massiven Objekten führen beispielsweise auch luft- oder wassergefüllte Volumina zu einer Störung der

Messwertgenauigkeit. Gabelförmige 2- oder 3-Stab Sonden sind besonders anfällig für Störungen durch Steine im Messvolumen. Nachteilige Einflüsse verschiedener Bodenarten wurden für zahlreiche Oberböden Süddeutschlands quantifiziert. Das Störpotenzial ist auf die dynamischen Messungen übertragbar (Verformung von Wellenmustern, mögliches Auftreten von Totalreflexion, Vorliegen von unterrepräsentierten Porenvolumina). Abhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit der dynamischen Sonde und des Bodenflusses um sie, ergibt sich ein insgesamt höheres Störungspotenzial. Durch Modifikationen des Anstellwinkels, Abwandlungen der Sondengeometrie und die Weiterentwicklung der zugrunde liegenden Elektronik (IMKO) konnte das durchschnittliche Abweichen von Messwerten signifikant verringert werden (Bild 1). Mit der genannten dynamischen Sonde wird eine dünne Bodenschicht feuchtespezifisch charakterisiert (@-3 cm). Der Wellenleiter befindet sich unter dieser Platte. Sie ist durch die Verwendung von Spezialkeramik außerordentlich abriebfest. Zur Dimensionierung wurde das elektrische Feld simuliert und analysiert. Die dargestellten Linien geben 95 % der Feldenergie wieder und zeichnen somit ein deutliches Bild der genutzten Feldenergie (Bild 2).

Die zusätzliche Erfassung der elektrischen Leitfähigkeit (EM 38) ergänzt den vorlie-

Bild 1: Dynamische Erfassung des Wassergehalts im Vergleich zur statischen Erfassung (TRIME P2G) und der Verifizierung durch gravimetrische Bestimmung (DIN 18121)

Fig. 1: Online detection of water content vs. TRIME P2G and gravimetric evidence (DIN 18121)



genden Datensatz. Das EM 38 entstammt der Geotechnik und gibt einen aktuellen Summenwert der auftretenden elektrischen Leitfähigkeit (dS/m) in Tiefen von 1 bis 1,5 m wieder. Dadurch können Zustände von Be- und Entwässerung identifiziert werden. Mit zunehmend erfassten Feuchtwerten in verschiedenen Tiefenschichten und der gleichzeitigen Erfassung aktuellen Niederschlags und aktueller Bewässerung kann durch Bilanzierung eine Bestimmung des sich räumlich ändernden Feldwasserstatus erfolgen. Die Grundlage dafür wird durch Wetterdaten und den gegenwärtigen Wassergehalt des Oberbodens gebildet.

Ergebnisse

Durch die Erfassung von Bodenfeuchte in flachen Bodenschichten wird die Datengrundlage für ein einfaches mathematisches Modell geschaffen. Dessen Nutzung ermöglicht die Vorhersage vorherrschender Bedingungen in den betrachteten Oberbodenschichten. Dies erfordert die automatische Zuordnung von dynamischer TDR Messung (dTDR) und dem Summenwert der Feuchte (0 bis -1 m). Die technische Umsetzung erfolgt durch die Nutzung des Analog-Ausgangs der dTDR Sonde unter zu Hilfenahme der seriellen Schnittstelle des EM 38. Beide Messwerte werden räumlich zugeordnet (GPS/Glonass). Zusätzlich zur volumetrischen Feuchte werden in diesem Datensatz auch Messdauer, Position, Eindringtiefe der Sonde und die Kraft (drei Achsen) dokumentiert. Versuche im Labor und in der Bo-

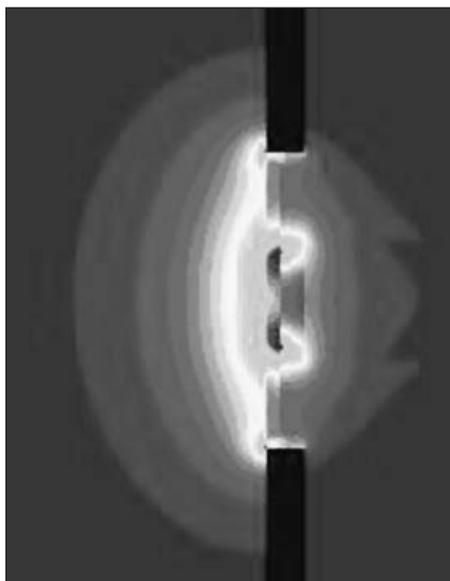
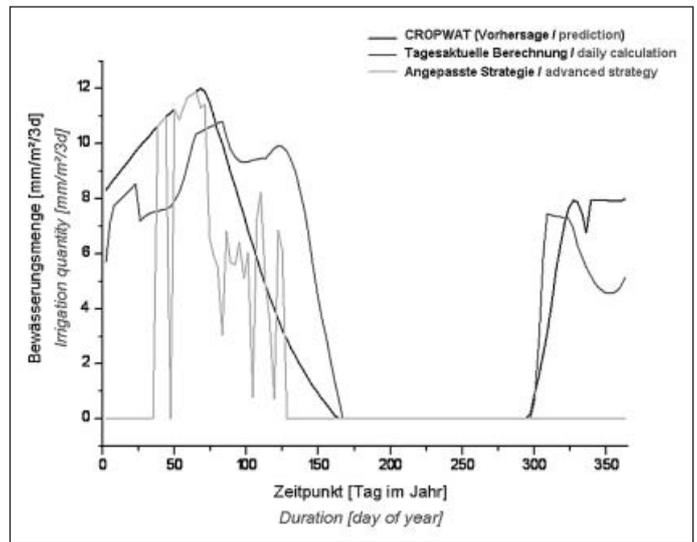


Bild 2: Feldverteilung an der dynamischen Bodenfeuchte-Sonde (außen, links; sondenseitig, rechts)

Fig. 2: Field distribution of the dynamic sensor (outside, left; inside, right)

Bild 3: Vergleich verschiedener Bewässerungsstrategien unter zu Hilfenahme von Ersatzdaten

Fig. 3: Comparing different irrigation strategies due to variation of decisive data



denrinne zeigten eine hohe Regression zwischen stationären TDR - Messungen und durch dTDR aufgezeichneten Daten. Die gravimetrische Referenzmessung ist signifikant zutreffend (Bild 1). Der aufgezeichnete Datensatz bildet die Grundlage zur Erfassung wechselnder hydrologischer Eigenschaften.

Vorangegangene stationäre Referenzierungen dieses Bewertungsansatzes zeigten hervorragende Ergebnisse. Die Bestimmung momentaner Entwässerung konnte in einer Obstplantage für relevante Bodentiefen nachgewiesen werden (Wurzelzone). Diese Versuchsreihe wurde an Litchi in Hanglagen eines tropischen Standortes durchgeführt. Dabei wurden Vorhersagemodelle für Pflanzenwasserbedarf und der grundsätzliche Penman-Monteith Ansatz verwendet. Der erste Schritt der Bewertung erfolgte an verschiedenen Punkten der Plantage. Hier wurden TDR Sonden und Tensiometer installiert, um den Wechsel des Bodenwasserstatus in den Tiefen -12, -25, -45, -70 und -100 cm zu dokumentieren. Durch die gewonnenen Daten wurden Aussagen über den aktuellen Bewässerungsbedarf ermöglicht. Mit der Nutzung zusätzlicher lokaler Wetterdaten konnte feldspezifisch modelliert werden. Ein späterer Referenzierungsprozess führte schließlich zur Modifikation des geschätzten Pflanzenwasserbedarfs. Grundlage zur Schätzung des Wasserbedarfs ist der Pflanzenkoeffizient für Litchi. Die genannte Modifikation wurde durch die Kopplung von Ersatzdaten wie Xylem-Fluss-Messungen und die Bestimmung vorliegender aktueller Photosyntheseraten abgeglichen. Dadurch konnten erste Hinweise durch die Auswertung der Bodenfeuchte-Daten verbessert werden. Bild 3 zeigt einen Vergleich dreier Bewässerungsszenarien: CROPWAT (Referenzberechnung über FAO Datenbanken), aktuelle feldspezifische Berechnung der Bewässerungsmengen im Abgleich mit Wetterdaten und eine verbesserte Bewässerungsberechnung unter gleichzeitigem

Ableich durch berechnete Entwässerungszustände und des gegenwärtig vorherrschenden Saftflusses im Xylem der Pflanze.

Der Ansatz dynamischer Bodenfeuchte-Erfassung bietet schlüssige Daten für dünne Bodenschichten. Die gegenwärtigen Zustände der tieferliegenden Bodenschichten werden gleichzeitig durch die berührungslose Messung der elektrischen Leitfähigkeit unter Bildung von Summenwerten erfasst. Allerdings bleibt die Messung in hohem Maße von Einflussgrößen abhängig (Wassergehalt, Porengröße, Salzgehalt). Der durch dTDR ermittelte Wassergehalt dient hier als Referenzgröße für die Messung elektrischer Leitfähigkeit. Die alleinige Erfassung des Wassergehalts durch ein EM 38 ist ausgeschlossen. Dennoch bietet die Kombination der beiden Datensätze eine klare Bewertungsgrundlage von Be- und Entwässerungszuständen. Die Forschungsergebnisse müssen für die Sicherung einer absoluten Aussagekraft und die Ermittlung der Kern-Daten weiter verifiziert werden.

Fazit

Stationäre Versuche ergaben eine signifikante Korrelation zwischen erfassten und modellierten Be- und Entwässerungszuständen nach definierten Niederschlägen oder bekannten Bewässerungsereignissen. Der kürzlich entwickelte dynamische Bodenfeuchte Sensor ermöglicht eine Datenerfassung im Zeitraster von 1 Hz. Dadurch wird grundsätzlich eine hydrologische Charakterisierung möglich. Ein systembedingtes Limit ist allerdings die Eindringtiefe der Sonde und deren Messfeldgröße. Dadurch wird Bodenfeuchte nur für dünne Bodenschichten wiedergegeben. Das Vorhersagemodell muss dies durch die Erfassung von Ersatzdaten kompensieren, um eine Aussage über den gesamten Wurzelraum zu ermöglichen. Die Kombination zweier Datensätze ist vielversprechend. Hierdurch werden tieferliegende Bodenschichten über Summenwerte wiedergegeben.