

Der Einsatz von Bodenfeuchtesensoren zur Erfassung der zeitlichen und räumlichen Dynamik von Bodenwasser in der Rekultivierungsschicht – Ergebnisse von Messungen auf der Deponie Seehausen

Dipl.-Ing. Bernd Hoppe, Dipl.-Ing. Andreas Graf,
AGRO-SAT Consulting GmbH Baasdorf, Schulstraße 3, D-06388 Baasdorf,
Telefon: 03496-55 09 29,
E-Mail: mail@agro-sat.de

1. Einleitung

Bodenfeuchtesensoren werden durch die Firma AGRO-SAT GmbH Baasdorf seit 1997 zur automatischen Erfassung der nutzbaren Feldkapazität für die Steuerung von Beregnungsanlagen eingesetzt. Die vorliegenden Messergebnisse ließen den Schluss zu, dass diese Technik auch im Deponiebereich zur Beurteilung des Wirkungswertes von alternativen Oberflächenabdichtungssystemen geeignet ist. Bisherige Erprobungen auf der Deponie Wismut AG, der Lysimeteranlage Lemförde, der Deponie Köthen und der Deponie Seehausen bestätigen das. Nachfolgend werden Ergebnisse des Bodenfeuchtesensoreneinsatzes in der Rekultivierungsschicht auf der Deponie Seehausen dargestellt.

2. Beschreibung des zum Einsatz gekommenen Bodenfeuchtemesssystems

Zum Einsatz kam das EnviroSCAN-System, ein komplettes und stationäres System zur vollautomatischen Erfassung der Bodenfeuchte im Bodenprofil. Das Bodenfeuchtesensorensystem besteht aus einer Loggereinheit mit Solarpanel. Maximal können 8 Sonden pro Logger angeschlossen werden. Pro Sonde sind maximal 16 Einzelsensoren möglich. Ein Sensor entspricht einer Messtiefe.

Funktionsprinzip: Der Sensor nutzt die elektrische Kapazität um die Bodenfeuchte zu messen. Das unterschiedliche Verhältnis von Luft und Wasser in verschiedenen Bodenschichten lässt sich so sehr schnell und hochgenau bestimmen. Diese Rohwerte werden mit Hilfe einer Kalibrationsgleichung entsprechend der Bodenart in Bodenwassergehalte umgerechnet und in einem Logger zwischengespeichert. Der Logger speichert nur die Rohdaten, die Umrechnung erfolgt im PC.

Die Messdaten werden automatisch und kontinuierlich aufgezeichnet. Die Datenabfrage kann mittels Laptop vor Ort und/oder im Büro über den PC per Funk, GSM oder Kabel erfolgen. Bei „EnviroSCAN plus“ ist die Datenabfrage auch über GPRS/Internet möglich.

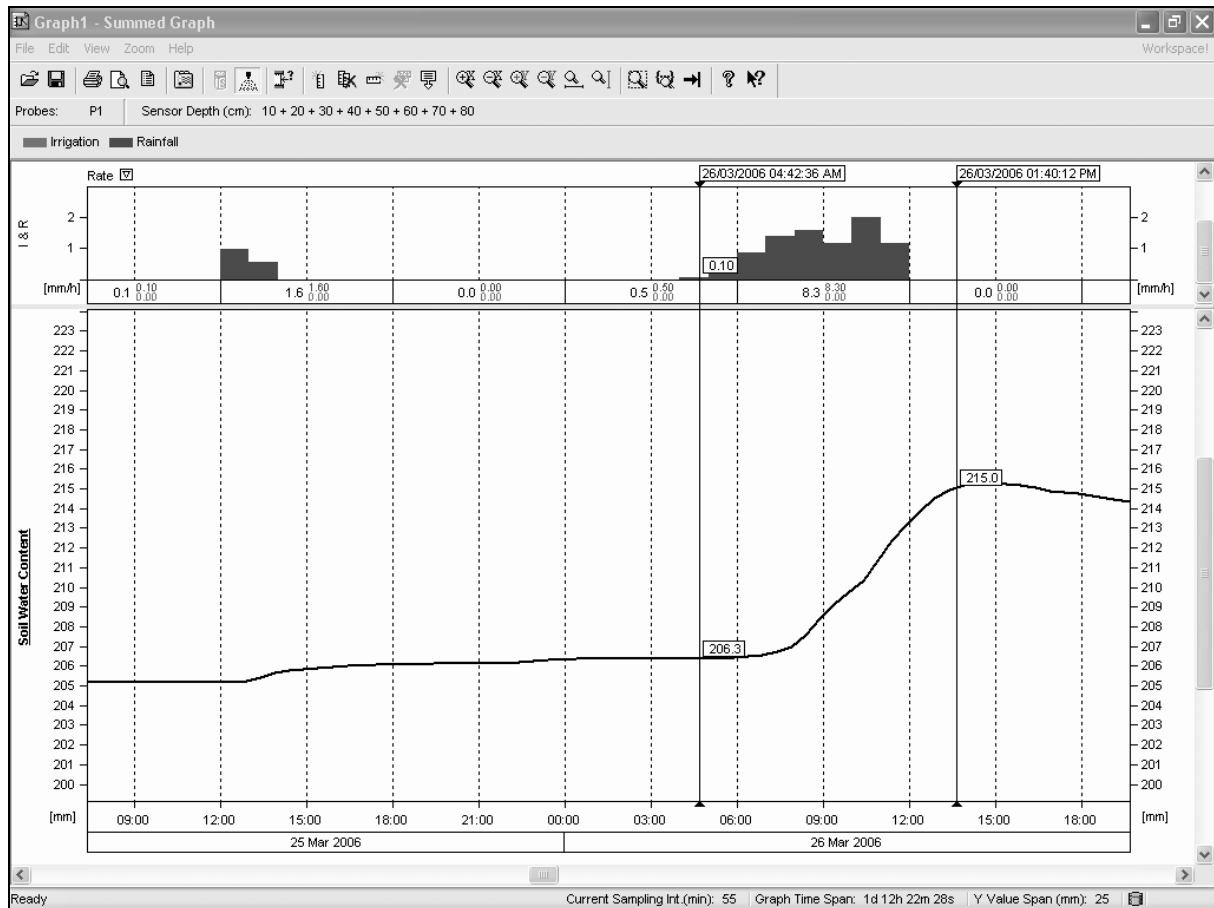
Die Software IrriMAX 6.1 stellt den Bodenfeuchteverlauf grafisch dar. Der Bodenfeuchteverlauf wird in den einzelnen Messschichten aufgezeigt (Eindringtiefe des Wassers in cm und die in der jeweiligen Bodenschicht gespeicherten mm Bodenwasser). Die Software erlaubt ein frei wählbares Aufzeichnungsintervall von 1 – 999 Minuten. Ein Datenexport in Windows Excel ist möglich. Die Sensoren vermitteln kontinuierlich ein visuelles Bild des Wassergehaltes im Boden und Wurzelbereich und der Wasseraufnahme durch Pflanzen.

Messumfang: Sämtliche Feuchtegehalte von gesättigt bis ofentrocken. Auflösung: Bodenwasser bis 1,2 %. Genauigkeit: Bei Kalibrierung auf den Bodentyp sehr hoch. Dafür spricht der Korrelationskoeffizient von $r = 0,992$. Jeder einzelne Sensor muss kalibriert werden, wenn absolute Bodenwasserwerte gewünscht werden.

Im Deponiebereich einsetzbare EnviroSCAN-Sondentiefen liegen zwischen 1 – 30 m. Sorgfalt setzt die Installation der Sondenrohre voraus. Ein entsprechendes Installationsset gewährleistet ein Minimum an Veränderungen des zu messenden Bodenprofils.

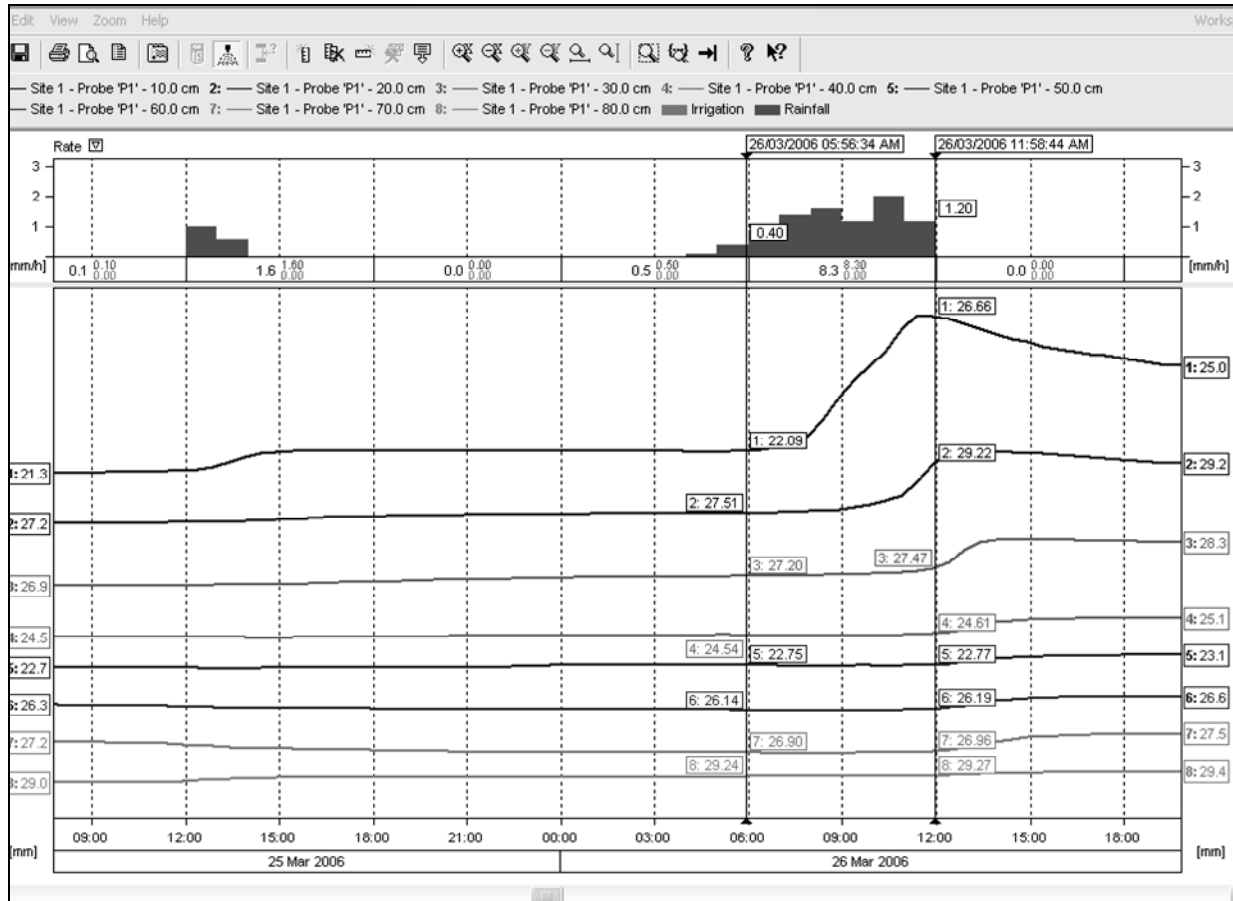
3. Ergebnisse Deponie Seehausen

In der Zeit vom 09.03. bis 24.04.2006 waren in der etwa 1 m starken Rekultivierungsschicht der Deponie Seehausen 2 Bodenfeuchtesonden eingebaut. Nach Niederschlägen wurden in Seehausen exakt die Wasserinfiltrationsrate sowie das Bodenwasser im Bodenprofil zeitlich und räumlich nachgewiesen. Die Daten wurden alle 10 cm bis 0,8 m Tiefe erfasst und aufgezeichnet. Die mit den Bodenfeuchtesensoren erfassten Werte stimmten mit den Daten des Deutschen Wetterdienstes Leipzig-Schkeuditz überein. Im nachfolgenden wird das Niederschlagsereignis vom 26.03.2006 beispielhaft ausgewertet.



Die grafische Darstellung der Software IrriMAX 6.1 zeigt in der Darstellung Summengraph, dass von den am 26.03.2006 von 3.00 bis 12.00 Uhr gefallenen 8,8 mm Niederschlag 8,7 mm eingedrungen sind. Die Differenz ist mit der Funktion „Lineal“ ablesbar. In diesem Fall sind vor dem Regen 206,3 mm, danach sind 215,0 mm ablesbar. Auf der Deponie Seehausen war das Aufzeichnungsintervall der Bodenfeuchteerfassung auf 30 Minuten eingestellt, so dass der zeitliche und räumliche Verlauf der Bodenfeuchtigkeit in diesem Intervall nachverfolgt werden konnte. Mit dem verschiebbaren „Lineal“ können alle 30 Minuten die absoluten

Bodenwasserwerte mit Datum und Uhrzeit in mm angezeigt und abgelesen werden. Die Daten wurden im gesamten Zeitraum auf dem Logger gespeichert und nach 7 Wochen mittels Laptop ausgelesen. Neben der grafischen Darstellung der erfassten Daten erfolgt auch die Ausgabe in Tabellenform (Datum, Uhrzeit, Sensor 1 bis 8, mm Bodenwasser).



In der Funktion Einzelgraphen der Software lässt sich die Gesamtbodenfeuchte auf die einzelnen Sensoren (= Messtiefen) aufsplitten. Ersichtlich ist, dass die eingedrunnenen 8,7 mm des Niederschlagsereignisses vom 26.03.2006 im Wesentlichen von den oberen 30 cm zeitlich und räumlich verzögert absorbiert worden sind. Das „Lineal“ zeigt die mm Bodenwasser in der jeweiligen Schicht (alle 10 cm bis 0,8 m Tiefe) als absolute Werte an.

Nach dem Erreichen der Feldkapazität der 10 cm-Schicht sickert das Wasser in die 20 cm-Schicht und nach dem Erreichen der Feldkapazität der 20 cm-Schicht wird das überschüssige Wasser an die 30 cm-Schicht abgegeben. Die Feldkapazität ist das maximale Wasserspeichervermögen eines Bodens unter natürlichen Bedingungen, das entgegen der Schwerkraft im Boden gehalten werden kann und nicht weiter versickert.

4. Schlussfolgerungen

Mittels kalibrierten Bodenfeuchtesensoren ist es möglich, kontinuierlich den Einfluss von alternativen Oberflächenabdichtungssystemen auf die **räumliche** und **zeitliche** Dynamik des Bodenwassers zu beurteilen und lückenlos zu dokumentieren. In

Verbindung mit einem Regenmesser werden die Interzeption, die reale Evapotranspiration, die Wasserinfiltrationsrate und die Wasserauffüllung im Bodenprofil exakt ermittelt. Die Software IrriMAX 6.1 visualisiert diese Informationen für den Nutzer und speichert die Daten fortlaufend auf dem PC.

Darüber hinaus erlaubt die grafische Auswertung der Daten mit dieser Software die Ermittlung der aktiven Wurzelzone des Bewuchses der Oberflächenabdichtung und der tatsächlichen Wasseraufnahme der Wurzeln in verschiedenen Bodentiefen. Daraus lässt sich die Verdunstungsleistung der verschiedenen Pflanzenarten ermitteln. Das ermöglicht es auch, fundierte Schlussfolgerungen für die Deponiebegrünung abzuleiten.

Je Testfeld sollten mindestens 3 Sonden á 5 Messtiefen zum Einsatz kommen, sofern die Rekultivierungsschicht auf dem gesamten Deponiekörper relativ homogen ist. Der Nachweis eines ausreichenden Grundwasserschutzes ist mit der Dokumentation in der Software IrriMAX 6.1 gegeben. Ein Aufzeichnungsintervall im Bereich 60 Minuten wird als ausreichend angesehen. Im Bereich Baasdorf, Landkreis Köthen, arbeitet ein Messsystem EnviroSCAN seit 2003 ganzjährig wartungsfrei und zuverlässig im 10-Minutenintervall. Der Einsatz von Sentek-Bodenfeuchtesensoren mit Datenlogger als ein komplett eigenständiges System zur Überwachung des Bodenwassers in einem integrierten Kontrollmessfeld (Testfeld) ermöglicht eine äußerst preiswerte und sichere Deponienachsorge. Die Kosten inklusive Einbau, Kalibrierung, Soft- und Hardware liegen bei ca. 7.000.- €/Testfeld. Mit der lückenlosen elektronischen Dokumentation bzw. den Ausdrucken (Grafiken, Exceltabellen) kann nach 10 – 15 Jahren gemäß DepV § 13 (4) die Entlassung aus der Nachsorge sicher beantragt werden.