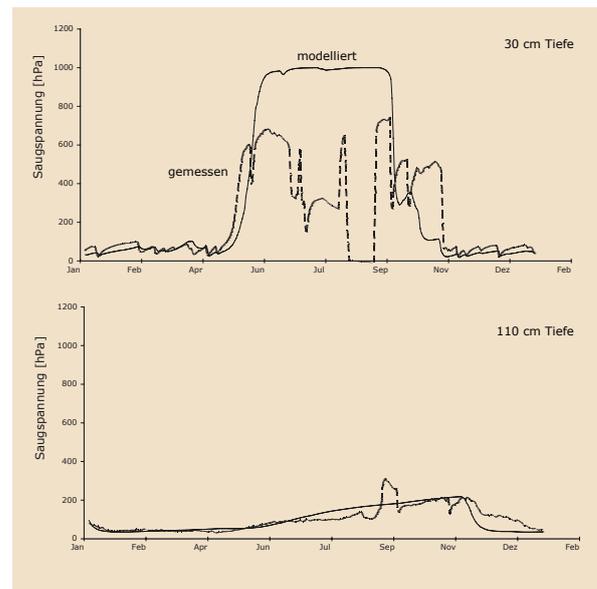


Bodenwasserhaushalt - Modellierung

Zur Modellierung des Bodenwasserhaushalts wird das eindimensionale Simulationsprogramm WHNSIM (HUWE 1992) verwendet. Hysterese sowie Makroporenfluss und präferentielles Fließen werden vernachlässigt. Die aktuellen Leitfähigkeiten werden über van-Genuchten Parameter berechnet, die durch Anpassung an die mittlere pF-Kurve eines Horizontes ermittelt werden. Die Verdunstung wird über die Grasreferenzverdunstung berechnet. Ein eigenentwickeltes Teilmodell Die Interzeptionsverdunstung wird auf Grundlage der gemessenen Bestandsniederschläge durch ein Interzeptionspeichermodell auf Tagesbasis berechnet. Die Modellkalibrierung geschieht durch Anpassung der gemessenen und berechneten Tensionen ebenfalls auf Tagesbasis.



Einleitung

Ziel der Modellierung des Bodenwasserhaushalts in Zusammenhang mit der Dauerbeobachtung ist die Berechnung der Sickerraten im Boden sowie der Wassermengen, die über die Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

Da sich die beiden genannten Größen bisher nicht direkt messen lassen, muss man sie aus messbaren Größen wie Klimaparametern, Saugspannungen und vielen anderen mittels numerischer Simulation berechnen.

Grundlagen

Die zur Herleitung der Sickerraten aufzustellenden Gleichungen sind sehr komplex und lassen sich nicht mehr analytisch lösen. Das Problem wird durch numerische Simulation gelöst, indem das zeitliche und räumliche Kontinuum in diskrete Abschnitte (Diskretisierung) unterteilt wird. Aus

Ziel

- Berechnung der Sickerraten im Boden,
- Wasseraufnahme von Pflanzen

Modelle

- WHNSIM eindimensional
- PENMAN-MONTEITH
- Interzeptionsmodul

Eingangsparameter

- kf-Werte Boden
- pF-Kurven Boden
- Durchwurzelung
- Bedeckungsgrad
- Saugspannungen
- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Globalstrahlung
- Windgeschwindigkeit

Differentialgleichungen werden so Differenzgleichungen, die den natürlichen funktionellen Zusammenhang umso näher beschreiben, je feiner die räumliche und zeitliche Diskretisierung durchgeführt wird. Dem steht heute weniger etwas seitens der zur Verfügung stehenden Rechnerleistungen im Wege, als seitens des damit verbundenen zunehmenden Parametrisierungsaufwandes. So lassen sich pF-Kurven beispielsweise im Gelände nur mit begrenzter räumlicher Auflösung bestimmen. Das gewählte Modell muß also den in der Praxis möglichen Parametrisierungsgrad berücksichtigen. Näheres zum Stand der Forschung findet sich z. B. in GSF (2000).

Durchführung

Modell

Es wird das eindimensionale Simulationsprogramm WHNSIM verwendet (HUWE 1992).

WHNSIM liegt das DARCY-Gesetz zugrunde. Hysterese sowie Makroporenfluß und präferentielles Fließen werden vernachlässigt. Der Boden wird vertikal in Kompartimente aufgeteilt, für die jeweils der Wassergehalt, die Wasserspannung, die Wurzelentnahme sowie die Sickerraten über die Kompartimentsgrenzen hinweg in Zeitschritten von einem Tag berechnet werden. Eine Veranschaulichung gibt Abbildung 3-1.

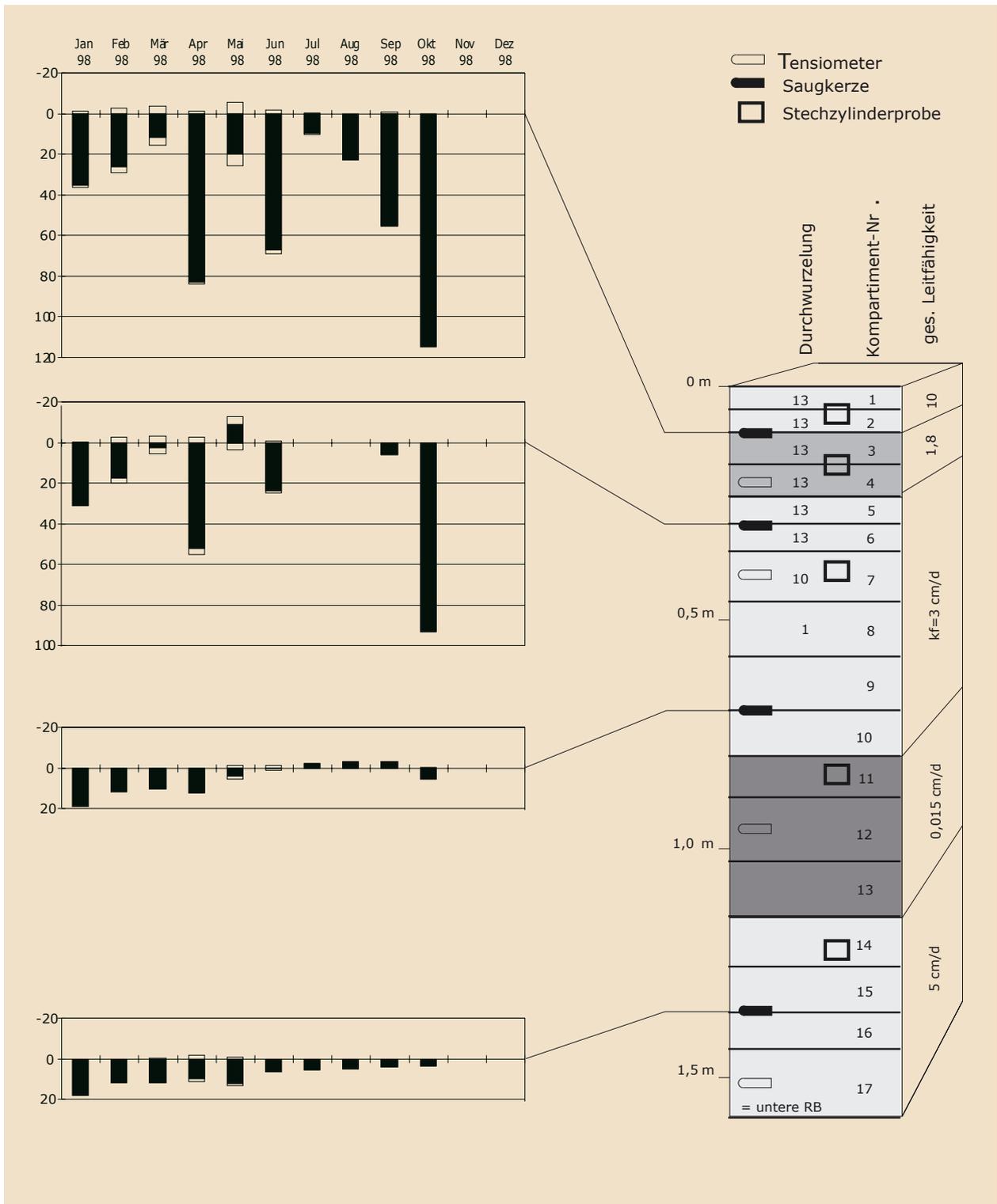
Klimawerte

Ziel der Klimamessungen ist es, die Verdunstung an den Standorten zu berechnen, einer wichtigen Output-Größe bei der Wasserhaushaltsmodellierung. Sie wird in Form der potentiellen Evapotranspiration berechnet und zwar nach PENMAN-MONTEITH über die sogenannte Grasreferenzverdunstung (DVWK 1996). Dazu werden die Tagesmittelwerte der Lufttemperatur, der relativen Luftfeuchtigkeit, der Globalstrahlung und der Windgeschwindigkeit verwendet. Sie werden aus den gemessenen Stundenmitteln berechnet. Fehlwerte werden über Regressionen mit Klimamessreihen geeigneter, nahegelegener Messstationen errechnet.

Bodenphysikalische Modellparameter

An den Messstellen werden an einer Profilgrube ungestörte Stechzylinderproben (100 ml) zur Labormessung der pF-Beziehung und der gesättigten Leitfähigkeit (kf-Wert) genommen.

Mit dem Programm SHYPFIT (DURNER 1995) werden für jeden Horizont die van Genuchten-Parameter an die gemessenen Labor-pF-Kurven angepaßt (VAN GENUCHTEN 1980). Dabei wird von einer unimodalen Porenverteilung ausgegangen. WHNSIM errechnet die pF-Kurve sowie die relativen ungesättigten Leitfähigkeiten aus diesen van Genuchten-Parametern. Zur Berechnung der absoluten ungesättigten Leitfähigkeiten werden die Mittel-



Diskretisierung und Parametrisierung von WHNSIM mit errechneten Sickerraten in den Saugkerzentiefen exemplarisch am Beispiel der Messstelle Kehl

werte aus den im Labor bestimmten gesättigten Leitfähigkeiten verwendet. (Beispielhafte räumliche Zuordnung siehe Abbildung).

Vegetationsparameter

Die errechnete potentielle Evapotranspiration wird im Verhältnis des Pflanzenbedeckungsgrades auf die potentielle Evaporation und die potentielle Transpiration aufgeteilt. Die aktuelle Evaporation wird in Abhängigkeit der Saugspannung in 5 cm Tiefe aus der potentiellen Evaporation berechnet.

Die potentielle Transpiration wird nach der jeweiligen Durchwurzelungsintensität auf die einzelnen Bodenkompimente verteilt. Die aktuelle Transpiration wird dann, für jedes Kompartiment getrennt, mit einer vegetationsstypischen Reduktionsfunktion in Abhängigkeit der gerade im jeweiligen Kompartiment herrschenden Saugspannung berechnet.

Die Durchwurzelungsintensität wird beispielsweise mittels Zählrahmen ermittelt (Basis: Anzahl von Feinwurzeln pro cm^2).

Interzeptionsmodell Landwirtschaft

In einem Forstbestand erreicht nicht sämtliches Niederschlagswasser auch den Boden. Anteile davon bleiben im Kronendach hängen und werden von dort direkt verdunstet. Diese Interzeptionsverdunstung kann in WHNSIM auf zwei verschiedene Arten berechnet werden. Zum einen als Funktion des Niederschlags und des Bedeckungsgrades (RIJTEMA 1965), zum anderen als Funktion des Niederschlags und des Blattflächenindex (HOYNINGEN-HUENE 1983) und zwar jedesmal auf Tagesbasis. Beide Ansätze sind für landwirtschaftliche Kulturpflanzen entwickelt worden.

Interzeptionsmodell Forstwirtschaft

Für Forstflächen wurde ein eigenes Interzeptionsmodell entwickelt, mit dem die tatsächlich (mit Trichter-Flasche-Sammlern) gemessenen 14-tägigen Bestandesniederschlagshöhen zwingend erhalten bleiben und entsprechend auf Tageswerte umgerechnet werden. Dabei wird von einem variablen Interzeptionsspeicher ausgegangen, von dem aus Anteile des Freilandniederschlags direkt verdunstet werden, ohne die Bodenoberfläche je zu erreichen. Diese Verdunstungsäquivalent reduziert die klimatologisch berechnete potentielle Evapotranspiration. Die Differenz erreicht den Boden. Der Interzeptionsspeicherinhalt wird nun iterativ solange variiert, bis die auf diese Weise berechneten Bestandesniederschläge aufsummiert über ein Probennahmeintervall mit den im Bestand gemessenen Intervallsummen übereinstimmen.

Modellkalibrierung

Im Prinzip sind alle erforderlichen Modellparameter wie k_f -Werte, Durchwurzelung usw. durch Messungen zugänglich, jedoch immer auch heterogenitätsbedingt mit Streuungen behaftet. Eine Feinabstimmung dieser Parameter im Rahmen dieser Streuungen wird durch die Modellkalibrierung erreicht. Dabei werden die vom Modell berechneten Saugspannungen mit den tatsächlich im Feld gemessenen Saugspannungen verglichen. Bei einer guten Modellkalibrierung stimmen beide in ihrem zeitlichen Ablauf wie auch in ihrer absoluten Höhe gut miteinander überein (vergl. Beispiel einer Anpassung auf Seite 1). Verfahren, die die Qualität dieser Anpassung objektivieren sollen, sind aktuell in der Diskussion, stehen aber bislang noch nicht zur Verfügung.

Literatur

Durner W. (1995): SHYFIT 0.22 User's Manual. Research Report 95.1, Department of Hydrology, University of Bayreuth, D-95440 Bayreuth, 1995.

DVWK (1996): Ermittlung der Verdunstung von Land- und Wasserflächen. DVWK Merkblätter zur Wasserwirtschaft 238/1996.

HUWE, B. (1992): WHNSIM. Ein Modell zur Simulation des Wasser-, Wärme- und Stickstoffhaushalts von Standorten mit unterschiedlicher Nutzung, Vers. 2.0. Programmdokumentation. Lehrstuhl für Bodenkunde und Bodengeographie, Abt. Bodenphysik, Universität Bayreuth, unveröffentl., 112 S.

GSF (2000): Methoden der Sickerwassermodellierung-Theorie und Praxis. Institut für Hydrologie. GSF-Bericht 18/00, Dezember 2000.

Impressum

Herausgeber	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit Baden-Württemberg
Titel	Bodenwasserhaushalt: Modellierung
Ausgabe	Dezember 2002
Kennung	U23-N023 (ehem. U2431-DBW03-de)
©	Nachdruck und Versand bei Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet
Bezug	ab Juni 2009 http://www.fachdokumente.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/91063/ ID Umweltbeobachtung U23-U61-N02