

# **SIMPEL- Ein einfaches, benutzerfreundliches Bodenwassermodell zum Einsatz in der Ausbildung**

*SIMPEL- a simple, user-friendly soil water model for educational use*

*Georg Hörmann*

## **1 Einleitung**

Im Rahmen der Studiengänge "Agrarwissenschaften" und "Geographie" und "Biologie" wird an der Universität Kiel auch das Fach "Wasserwirtschaft" (meist als Nebenfach mit Schwerpunkt Landschaftswasserhaushalt) angeboten. Aufgrund des hohen Anteils an Mathematik und Statistik wird Hydrologie traditionell als "schwer" angesehen. Trotzdem nahm die Zahl der Studierenden regelmäßig zu, da besonders in den letzten Jahren die Hydrologie als angewandte Wissenschaft für ökologische Fragestellungen immer wichtiger wurde.

In der Hydrologie selbst rückte die theoretisch und praktisch komplizierte Modellbildung und -anwendung immer mehr in den Mittelpunkt und gehört inzwischen zur Ausbildung.

Um diese Entwicklung auch in die Nebenfächer einzubringen, wurde nach Wegen gesucht, um ein hydrologisches Modell in der praktischen Ausbildung einzusetzen, die vor allem im sog. "Ökologischen Großpraktikum" stattfindet.

Ziel der Lehrveranstaltungen ist es, das traditionelle Basiswissen, aber auch das Verständnis für moderne Methoden wie z.B. Computermodelle zu vermitteln.

## **2 Problemstellung**

Die Art und der Umfang von EDV-Vorwissen hat sich in den ökologisch orientierten Studiengängen in den letzten Jahren grundlegend geändert: Die meisten Studierenden bringen inzwischen allgemeine EDV-Kenntnisse mit, wobei großer Wert auf den Umgang mit Anwendungsprogrammen (sog. Office-Pakete, Statistiksysteme) gelegt wird. Sie sind in der Praxis mittlerweile stärker gefragt als Programmierkenntnisse. Der früher noch in einzelnen Exemplare aufgetretene Typ des "Hackers" müßte zumindest in den Biowissenschaften inzwischen auf der "Roten Liste" stehen. Die Ansprüche an die Benutzerschnittstelle orientieren sich an den Standards der modernen, grafischen Betriebssysteme - der gleiche Komfort wird auch bei der Verwendung von Modellen in der Ausbildung erwartet.

Ganz anderes dagegen die Situation in der (nicht nur) hydrologischen Modellbildung: Die meisten Simulationsprogramme erfordern immer noch tiefere Kenntnisse in FORTRAN und sind schwer zu erlernen und zu bedienen. Erfahrungsgemäß wird die meiste Zeit bei der Einarbeitung in Simulationsmodelle mit dem Erlernen der Datenformate und der (oft nur in Ansätzen vorhandenen) Benutzerschnittstelle verbracht. Diese Situation mag noch tragbar sein bei Hydrologie als Hauptfach, aber nicht wenn nur einige wenige Stunden zur Verfügung stehen.

Die Ziele zur Einführung von Wasserhaushaltsmodellen in "Hydrologie als Nebenfach" können deshalb wie folgt beschrieben werden: Die Studierenden sollen die grundsätzlichen Komponenten eines Modells verstehen lernen und die Wasserbilanz einer Fläche modellieren.

### 3 Ausgangsbasis

Im Rahmen des "Großen Ökologischen Praktikums" werden die wichtigsten hydrologischen Parameter (Klima, Bodenphysik) erhoben, mit denen eine klimatische Wasserbilanz der betreffenden Fläche erstellt wurde. Dieses Verfahren sollte durch eine simulierte Wasserbilanz ergänzt werden.

Die Aufgabe der Modellierung wurde zunächst einer Arbeitsgruppe "EDV" übertragen, die dazu ein konventionelles Richards-Modell benutzte. Es zeigt sich schnell, daß die Einarbeitungszeit in Technik und Inhalt des Modells viel zu viel Zeit in Anspruch nahm - die Diskussion der Inhalte war oft aus Zeitmangel nicht mehr möglich. Außerdem verlangen Richards-Modelle oft Daten, die im Rahmen eines interdisziplinären Praktikums aus Zeitgründen nicht erhoben werden können (Ku-Kurven, Makroporen etc.). Der Versuch, mit gängigen Modellen zu arbeiten wurde daher aufgegeben und durch einen anderen Ansatz ersetzt: es sollte ein möglichst einfaches Modell entwickelt werden, das alle wesentlichen Komponenten enthält und trotzdem einfach zu verstehen und zu bedienen ist.

In den letzten zwei Jahren wurde deshalb versucht, die Modellauswertung auf das Wesentliche zu beschränken und so einfach zu gestalten, daß jeder Studierende mit PC-Anwendungswissen damit Wasserbilanzen simulieren kann. Neben den oben erwähnten allgemeinen Zielen müssen folgende praktische Voraussetzungen erfüllt sein:

Das Modell muß

- auf Anhieb funktionieren, auch bei Anwendern ohne EDV-Erfahrung
- kostenlos an die Studierenden weitergegeben werden können
- Agrar- und Waldökosysteme simulieren können.
- mit Daten einer bodenkundlichen Kartierung zu parametrisieren sein.

### 4 Software und Implementierung

Aufgrund des hohen Aufwands bei der Programmierung von Benutzerschnittstellen kam der Einsatz von traditionellen Programmiersprachen nicht in Frage, sondern nur die Anwendung eines fertigen Simulationspakets oder eines Tabellenkalkulationsprogramms.

Die Verwendung eines kommerziellen Tabellenkalkulationsprogramms (Excel) hat gegenüber der traditionellen Programmierung einige Vorteile, die besonders bei einem Einsatz in der Ausbildung zum Tragen kommen:

- die Benutzerschnittstelle entspricht dem Stand der Technik
- jeder Rechenschritt ist einzeln darstellbar, am Bildschirm (auch als Grafik) sichtbar
- die Modelle sind mit "Copy & Paste" einfach zu erweitern und zu koppeln (Verdunstungsmodule)
- die Programme sind weiter verbreitet als spezielle Modellpakete wie Matlab, Stella etc.
- Änderungen der Eingabeparameter und der Modellstruktur sind sofort sichtbar
- die Übernahme von Daten (Klima) ist kein Problem
- viele Studenten bringen Vorkenntnisse mit

Durch die Wahl des Simulationsprogramms war auch die Entscheidung über den Modelltyp vorgegeben: Darcy-Modelle sind in Excel nur mit viel Mühe und unter hohem Verbrauch von Rechner-Ressourcen zu realisieren. Es wurde deshalb ein einfacher Speicheransatz gewählt, wie er oft in der Praxis (WEGEHENKEL 1995) aber auch in globalen Klimamodellen verwendet wird (VITERBO et al. 1994, SAUSEN et al. 1994).

## 5 Komponenten des Modells

Wie vorher schon erwähnt, sollte das Modell alle wichtigen Komponenten zur Berechnung des Wasserhaushalts von grundwasserfernen Ökosystemen beinhalten. Im Folgenden werden die Speicher, die abgebildeten Prozesse und die notwendigen Eingabeparameter beschrieben.

### 5.1 Speicher

Als Minimum wurden folgende Speicher angesehen: Blattdach, Streuschicht, Boden. Der Blattspeicher ist der einzige Speicher, der mit variabler Größe implementiert wurde (Funktion des Blattflächenindex oder Leaf Area Index (LAI)). Boden und Streuspeicher werden fest vorgegeben, da sie sich auch in der Praxis nur wenig ändern. Der Streuspeicher kann auch dazu verwendet werden, das Abtrocknen der obersten Bodenschicht zu simulieren.

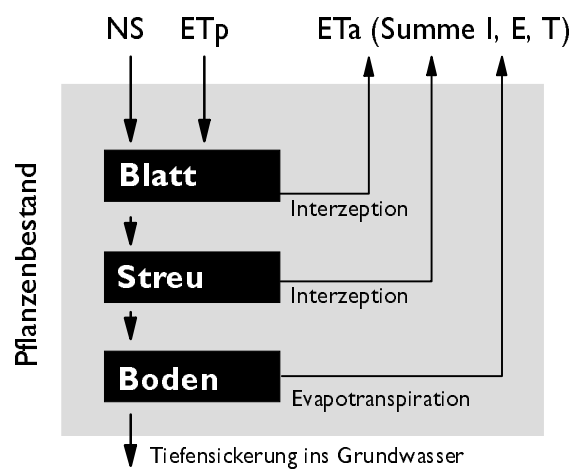


Abb. 1: Aufbau des Speichermodells (NS: Niederschlag; ETa und ETp: aktuelle und potentielle Verdunstung; E: Verdunstung; T: Transpiration; I: Interzeption)

Components of the box model (NS: Rainfall; ETa and ETp: actual and potential evaporation, consisting of E: soil evaporation, I: interception, T: transpiration)

### 5.2 Eingabedaten

Die Eingabedaten wurden so ausgewählt, daß die Parameter einfach zu erheben sind. Sie sind eingeteilt in Zeitreihen (Klimadaten, LAI) und statische Parameter.

#### 5.4.1 Zeitreihen

Alle Zeitreihen müssen in gleichen Abständen (äquidistant) vorliegen, in der Regel als Tageswerte. Die Niederschlagswerte werden in der Regel von der nächsten Klimastation übernommen, die potentielle Verdunstung wird entweder vom Wetterdienst übernommen oder nach Haude aus Temperatur und Feuchte um 14h berechnet. Die zugehörigen Koeffizienten werden automatisch aus einer Tabelle entnommen.

Der Blattflächenindex dient als Steuergröße für den Blattspeicher. Es müssen mindestens folgende Werte eingegeben werden: Vegetationsbeginn (oder Beginn des Auflaufens),

Erreichen des maximalen LAI, Ernte oder Blattfall. Die für die Berechnung des Speichers erforderlichen Tageswerte werden durch lineare Interpolation berechnet.

Die Wurzeltiefe wird im Modell als Konstante betrachtet. Diese Annahme ist für Wälder durchaus realistisch, die Entwicklung von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen wird dadurch nicht korrekt abgebildet - der Fehler hält sich jedoch in Grenzen, da der Bodenspeicher im Wurzelraum meist nur im Sommer limitierend auf die Verdunstung wirkt, nachdem die eingegebene Wurzeltiefe erreicht wurde.

#### 5.4.2 Statische Parameter

Die Auswahl der statischen Parameter orientiert sich am Meßprogramm im Gelände. Alle Eingabewerte können notfalls aus der Bodenkundlichen Kartieranleitung entnommen werden. Im einzelnen werden folgende Werte benötigt:

- Bodenphysikalische Kennwerte: Wassergehalt bei Feldkapazität und permanentem Welkepunkt im Wurzelraum
- Verdunstungslimit (Grenzwert, ab dem die aktuelle Verdunstung kleiner als die potentielle wird, siehe später)
- Startwerte für Bodenfeuchte und Inhalt des Streuspeichers.
- Wurzeltiefe (als konstant angesehen)
- Glugla-Koeffizienten
- Kulturart (zur Berechnung der Verdunstung)
- maximaler Speicherinhalt bei voller Ausbildung des Blattdachs
- minimaler Speicherinhalt (Interzeptionskapazität der Äste im Winter, wird bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen auf 0 gesetzt)
- Krümmungsfaktor der Streu-Abtrocknungskurve

#### 5.3 Prozesse

Das Modell baut auf dem sog. Speicheransatz auf. Die einzelnen Speicher sind: Blatt, Streu und Boden (siehe Abb. 1). Die einzelnen Algorithmen werden im folgenden kurz vorgestellt.

##### 5.5.1 Interzeption

Die Interzeption wurde als einfacher Überlaufspeicher implementiert, dem die Berechnung des maximalen Speicherinhalts vorgeschaltet ist.

Zunächst wird aus der Datenreihe des LAI das Maximum herausgesucht, dem der maximale Speicherinhalt zugeordnet wird. Anschließend wird aus den interpolierten Tageswerten des LAI die aktuelle Speicherkapazität berechnet.

Fällt Niederschlag auf die Blätter, so wird zunächst der Speicher aufgefüllt. Anschließend wird die Interzeptionsverdunstung subtrahiert, die maximal so hoch sein kann wie die Speicherkapazität. Die verbleibene Niederschlagsmenge und der restliche Verdunstungsanspruch werden an den Streuspeicher weitergegeben. Im Gegensatz zu anderen Modellen wird das nicht verdunstete Wasser an den Boden weitergegeben und nicht in den nächsten Zeitschritt übernommen, da dies im Winter u. U. zu wochenlangem Sättigen des Speichers führen kann.

### 5.5.2 Streuinterzeption

Der Streuspeicher ist ähnlich wie der Interzeptionsspeicher als Überlaufspeicher mit konstanter Speichergröße implementiert. Die maximale Verdunstung wird nach einer von THAMM (1996) ermittelten Abtrocknungskurve (Abb. 3) begrenzt, die über einen sog. Krümmungskoeffizienten gesteuert wird, der angibt welcher Anteil maximal verdunsten kann. Ein Krümmungsfaktor 2 limitiert die Verdunstung auf die Hälfte des aktuellen Speicherinhalts. Die aus diesen Verfahren resultierenden Abtrocknungskurven sind in Abb. 2 dargestellt. Der verbleibende Niederschlag (Speicherüberlauf) und Verdunstungsanspruch wird an den Boden weitergegeben, wobei der restliche Speicherinhalt in den nächsten Zeitschritt übernommen wird. Theoretisch wäre mit diesem Verfahren auch eine Modellierung der Abtrocknung der obersten Bodenschicht möglich.

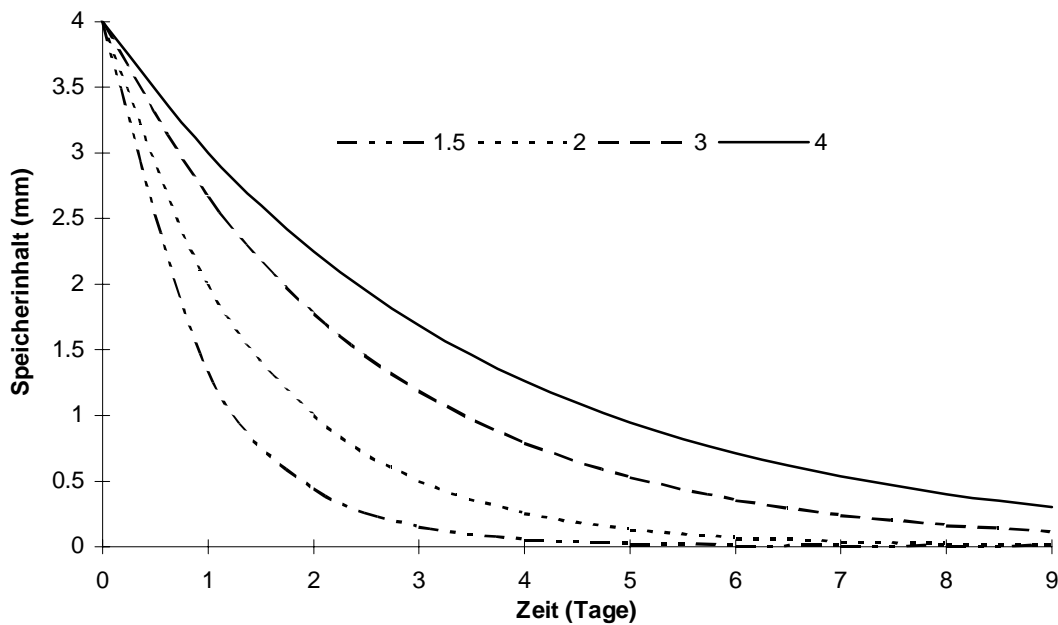


Abb. 2: Abtrocknung der Streuschicht mit verschiedenen Krümmungsfaktoren

Drying of the litter layer with different reduction factors

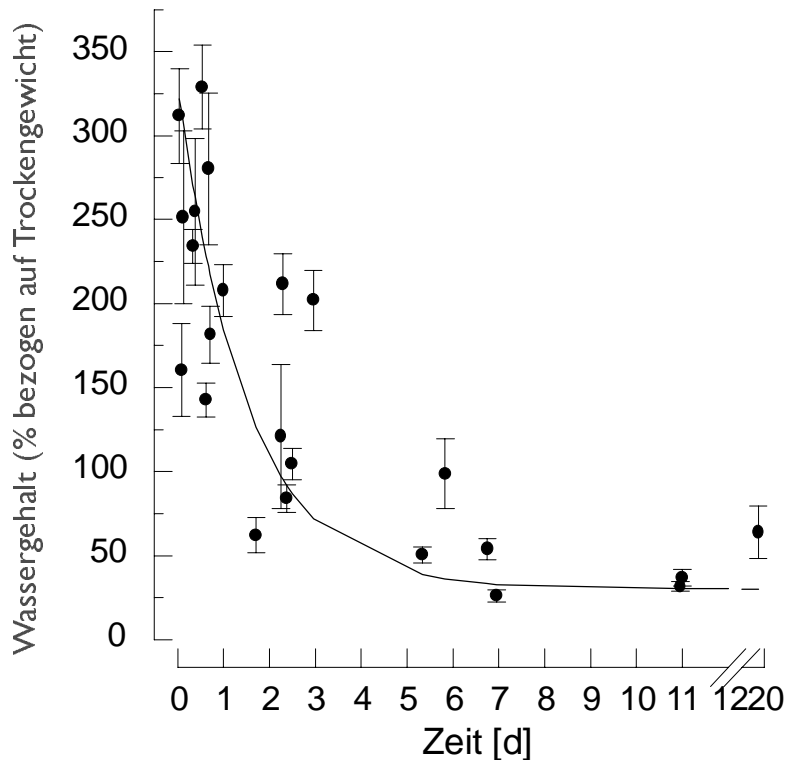


Abb. 3: Gemessene Abtrocknungskurve (aus THAMM 1996, Standort: Buchenwald bei Bornhöved, Schleswig-Holstein)

Measured drying curve of litter (from THAMM 1996; Beach forest, Bornhöved, Northern Germany)

### 5.5.3 Evapotranspiration

Bisher wurden Niederschlag und Verdunstung immer an das tieferliegende Element weitergegeben - im Bodenspeicher ist dies jedoch nicht mehr möglich. Es muß deshalb ein Algorithmus gefunden werden, der die potentielle Verdunstung in Abhängigkeit vom Bodenspeicher zur aktuellen transformiert. Aus den z. B. bei ERNSTBERGER (1987) dokumentierten Methoden wurde ein einfacher, linearer Ansatz gewählt, der folgendermaßen beschrieben werden kann (Abb. 4): solange der Bodenwasserspeicher über einem Grenzwert (im Modell "Reduktionsbeginn" genannt, oft ungenau als "Welkepunkt" bezeichnet) liegt, ist die potentielle gleich der aktuellen Verdunstung. Sinkt der Speicher unter diesen Wert, so wird die potentielle Verdunstung um einen Faktor reduziert, der proportional zum bis zum permanenten Welkepunkt verbleibenden Speicherinhalt ist.

Auf eine Einbeziehung der absoluten Höhe der Verdunstung als zusätzlicher Variable zur Berechnung des Reduktionsfaktors wurde verzichtet, weil eine stärkere Reduzierung der Verdunstung meist nur im Sommer an Tagen mit hohen Verdunstungsraten stattfindet.

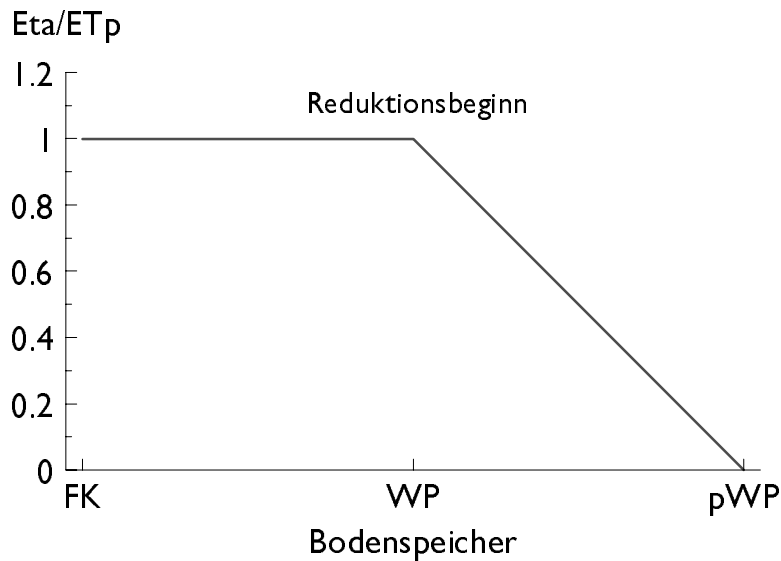


Abb. 4: Reduktionsfunktion von ETp zu Eta in Abhängigkeit vom verfügbaren Bodenwasser (FK: Feldkapazität; WP: Welkepunkt; pWP: permanenter Welkepunkt)

Function to reduce potential evaporation (ETp) to actual evaporation (ETA) as a function of soil water content (FK: field capacity; WP: wilting point; pWP: permanent wilting point)

#### 5.5.4 Tiefensickerung

Ein Nachteil von Überlaufspeichern ist ihre starre Struktur: eine Sickerung nach unten tritt nur ein, wenn der Speicher überläuft. Im Extremfall könnte deshalb in feuchten Sommern der Speicher konstant nahe Feldkapazität gefüllt sein ohne daß ein Fluß nach unten auftritt. Dieses Problem wird im Allgemeinen durch sog. Auslaufkurven gelöst, die einen Abfluß in Abhängigkeit vom Füllstand des Speichers generieren. Diese Speicherkoeffizienten sind in der Regel für reale Speicher konzipiert (Hochwasserbecken) und müssen für Böden neu angepaßt werden. Einen Ausweg aus diesem Dilemma bietet der Ansatz von Glugla (GLUGLA 1969), der auch die Länge der Bodensäule mit einbezieht und so etwas näher an den bodenphysikalischen Grundlagen bleibt.

## 6 Beispiele

Die folgenden Abbildungen zeigen verschiedene Bildschirmausdrucke des Modells. Abb. 5 zeigt im unteren Rand die einzelnen, in unterschiedlichen Arbeitsblätter aufgeteilte Teilmodelle: das eigentlich Modell an erster Stelle "Speichermodell", dahinter die Verdunstungsberechnung ("Haude-Verdunstung"), gefolgt vom Eingabebereich des Blattflächenindex ("Lai") und der Berechnung der Blatt-Interzeptionskapazität ("Interzeptionskapazität").

32	29.01.95	0.00	0.00	0.00	Min. Blattz (ns-ep)	-23	
33	30.01.95	0.00	0.23	0.23	Speichermodell	182	↓
Speichermodell / Haude-Verdunstung / LAI / Interzeptionskapazität							
Bereit							

Abb. 5: Aufbau des Modells (Ausschnitt eines Bildschirmausdrucks). Die Reiter zeigen die einzelnen Teilmodelle

Structure of the model (part of a screen dump). The tabs show the sub-models.

Abb. 6 zeigt den Eingabebereich für die statischen Parameter (Zellen Y3 bis Y13). Alle Angaben des Wassergehalts werden in Vol.-% angegeben und anschließend vom Programm in den Wassergehalt der Wurzelzone in mm umgerechnet.

Microsoft Excel - PRAK96.XLS			
Datei Bearbeiten Ansicht Einfügen Format			
Extras Daten Fenster ?			
Arial 10 F X U			
Z1			
	X	Y	Z
1	<b>Bodenphysikalische Kennwerte</b>		
2	Speicher		
3	<b>Feldkapazität</b>	25	Wassergehalt Vol. %
4	<b>Perm. Welkepunkt</b>	12	Wassergehalt Vol. %
5	<b>Reduktionsbeginn</b>	20	Wassergehalt Vol. %
6	<b>Wurzeltiefe</b>	100	(cm)
7	<b>Kapazität Blattinterzept</b>	2	(mm) bei max. LAI
8	<b>Min. Kap.</b>	0.1	(mm)
9	<b>Koeff. c</b>	150	
10	<b>Lambda</b>	0.00	
11	<b>Kapazität Streuschicht</b>	2	(mm)
12	<b>Startwert Streu</b>	1	(mm)
13	<b>Startwert Boden</b>	20	(Vol.-%)
14			

Abb. 6: Eingabebereich des Modells (Zellen Y3 bis Y13)

Input-area of the model (Data entry in cells Y3 to Y13)



## 7 Vergleich mit Darcy-Modellen

Um eine Einordnung des Modells zu erleichtern, werden im folgenden die Ergebnisse von SIMPEL mit denen eines konventionellen, auf der Richards-Gleichung basierenden Modells "VAMOS" (BORNHÖFT 1993) verglichen.

VAMOS wird routinemäßig zur Modellierung des Bodenwasserhaushalts im Rahmen des Bornhöved-Projekts eingesetzt. Die ungesättigte Leitfähigkeit wurde aus Gelände-pF-Kurven nach van Genuchten abgeleitet, als untere Randbedingung werden Tensiometerwerte in 2 m Tiefe eingesetzt. Die Interzeptionsberechnung erfolgt nach BRADEN (1985), die Reduktion von ET<sub>p</sub> zu ET<sub>a</sub> wurden in Anlehnung an FEDDES ET AL. 1978 berechnet. Sie unterscheidet sich von dem SIMPEL-Ansatz dadurch, daß der Faktor nicht nur vom vorhandenen Bodenwasser, sondern auch von der Höhe der ET<sub>p</sub> anhängig ist.

Um Fehler durch unterschiedliche Eingabedaten auszuschließen wurde das Haude-Modul von SIMPEL nicht verwendet, sondern die nach Sverdrup gemessenen Werte aus dem VAMOS-Datensatz übernommen.

Die Basisdaten stammen vom Standort "Acker Banck" (Braunerde aus Geschiebesand unter Ackernutzung), einem der Schwerpunkträume des Projektzentrums Ökosystemforschung (genauere Angaben zum Standort siehe PROJEKZENTRUM ÖKOSYSTEMFORSCHUNG 1992). Die bodenphysikalischen Daten, die Zeitreihe des Blattflächenindex und die maximale Wurzeltiefe wurden aus den Eingabedaten des Darcy-Modells extrahiert.

Aus dem 8 jährigen Datensatz des Projektzentrums wurden die Jahre 1989, 1991 und 1992 ausgewählt, in denen extreme Bedingungen auftraten, um die Grenzen der Modelle zu testen und ein möglichst breites klimatisches Spektrum abzudecken. Das Jahr 1989 war durch einen trockenen Sommer und 2 Regenereignisse mit jeweils 100mm gekennzeichnet, 1991 war ein durchschnittliches Jahr und 1992 wurde als Jahr mit dem "Nordsommer 1992" bekannt, einer 6wöchigen Trockenperiode.

Abb. 7 zeigt den Vergleich der Jahressummen. Im Allgemeinen weichen die Ergebnisse von SIMPEL und VAMOS um nicht mehr als 10% der Jahressummen voneinander ab. Bedingt durch die unterschiedlichen Methoden bei der Reduktion von ET<sub>a</sub> nach ET<sub>p</sub> und der Interzeptionsberechnung lassen sich die Ursachen der Abweichungen nicht eindeutig zuordnen - hier wären Messungen der einzelnen Komponenten wie z. B. der Interzeption erforderlich, die an diesem Standort nicht durchgeführt werden konnten.

Der Bodenwassergehalt der Wurzelzone (Abb. 8) wird in allen Jahren erstaunlich gut wiedergegeben, die Unterschiede zwischen beiden Modellen sind meist nicht größer als 10%. Obwohl teilweise in den trockenen Perioden im einfachen Modell weniger Wasser entzogen wurde, konnte doch der Verlauf im Nordsommer 1992 gut wiedergegeben werden. Eine bessere Anpassung der Gehalte wäre durch eine Änderung der Wurzelextraktion bzw. den Glugla-Koeffizienten möglich (Sommer 1991).

Die Sickerung in das Grundwasser, die in Abb. 9 als Zeitreihe dargestellt ist, zeigt deutlich die Nachteile von Speichermodellen. Aufgrund des einfachen und starren Algorithmus von Simpel wird der Abfluß zwar über einen größeren Zeitraum korrekt wiedergegeben, zeigt jedoch bei höherer zeitlicher Auflösung größere Differenzen, die besonders im Herbst 1991 deutlich werden. Über das Jahre gerechnet bewegen sich die Differenzen jedoch durchaus in einem akzeptablen Rahmen (Abb. 7). Auch hier könnte durch eine Modifikation des Glugla-Koeffizienten eine bessere Anpassung erreicht werden.

## Jahressumme (mm)

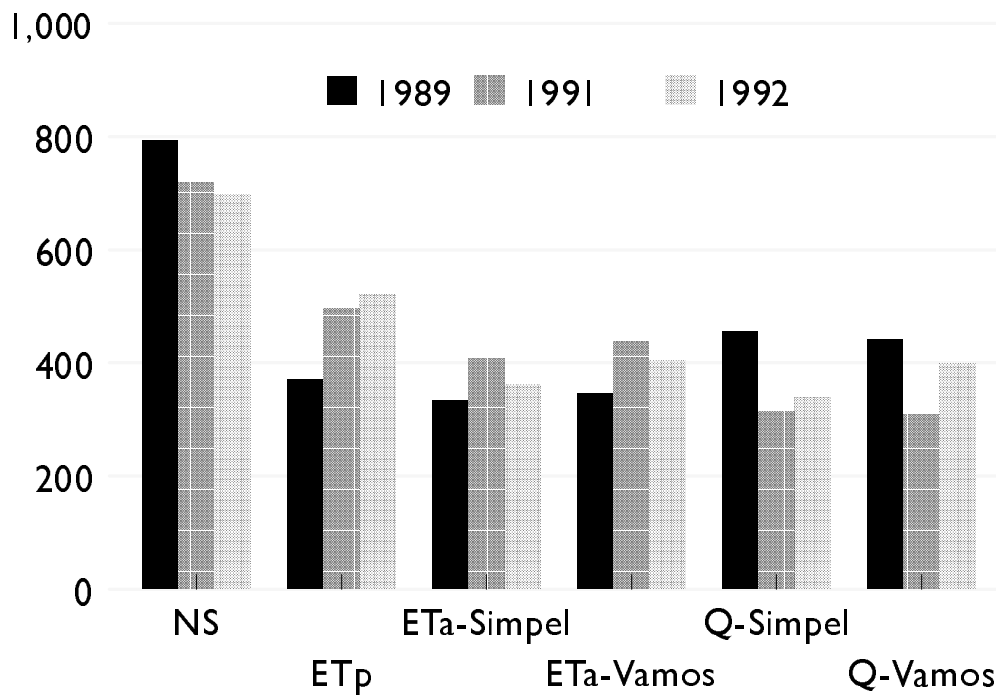


Abb. 7: Vergleich der Jahressummen 1989 (Mais), 1991 (Futterrüben) und 1992 (Roggen) (Q: Sickerung in das Grundwasser, NS: Niederschlag, ETa, ETp: aktuelle und potentielle Verdunstung)

Comparison of the years 1989 (Corn), 1991 (beet ?), 1992 (rye) (NS: Rainfall; ETa and ETp: actual and potential evaporation; Q: seepage to the groundwater)

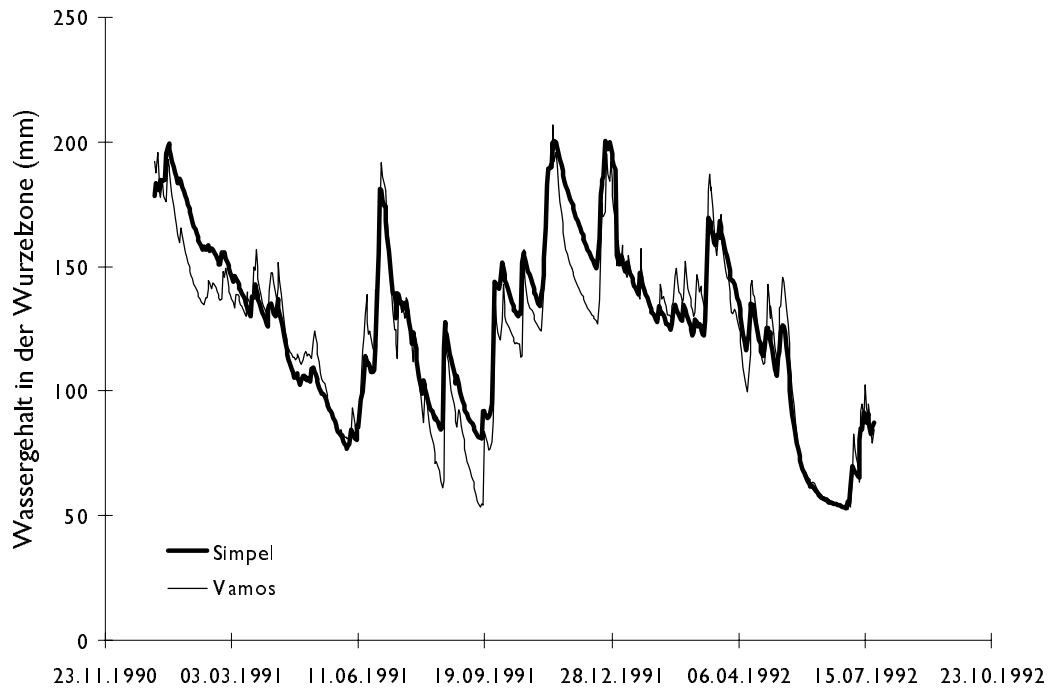


Abb. 8: Wassergehalte in der Wurzelzone von Jan. 1991 bis Aug. 1992

Soil water content of the root zone from Jan. 1991 to Aug. 1992

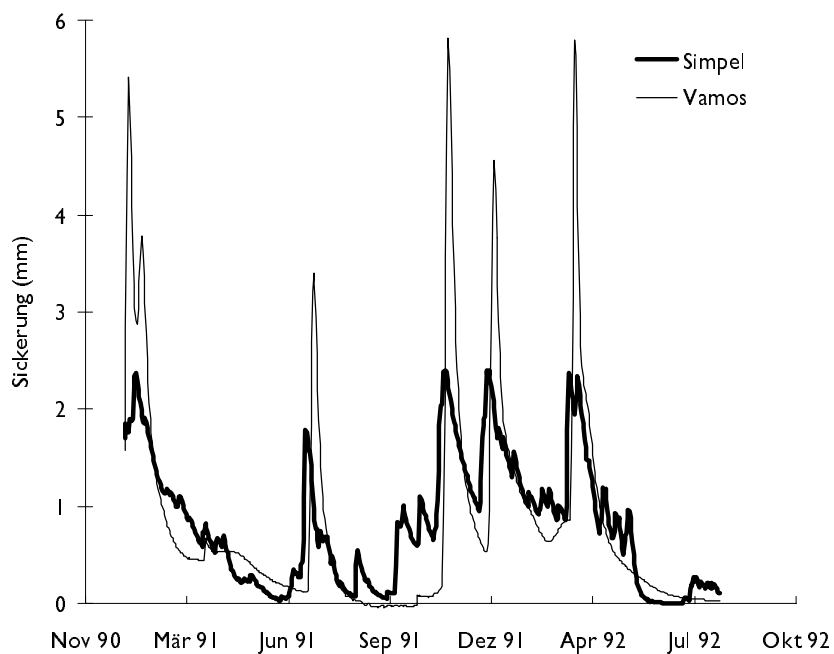


Abb. 9: Vergleich der mit SIMPEL und VAMOS berechneten Sickerung in das Grundwasser

Comparison of seepage to the groundwater modelled with SIMPEL and VAMOS

## 8 Praktische Erfahrungen und Ausblick

SIMPEL wird jetzt seit zwei Jahren in der Ausbildung eingesetzt und hat sich aufgrund seiner einfachen Struktur sehr bewährt. Wenn die Eingangsdaten (Klima und Boden) bereits von den Betreuern aufbereitet sind, so läßt sich eine Serie von Modellläufen auch mit Studierenden ohne praktische PC-Kenntnisse an einem Nachmittag durchführen. Folgende Fragstellungen können mit dem Modell bearbeitet werden:

- Auswirkungen von unterschiedlichen Kulturarten auf die Grundwasserneubildung
- Sensitivitätsanalysen der Reduktionsfunktion
- Auswirkungen von unterschiedlichen Bodenarten
- Auswirkungen von unterschiedlichen Wurzeltiefen
- Auswirkungen der Streuschicht in Wäldern auf die Wasserbilanz

Einige Absolventen haben das Modell bereits in die Praxis übernommen, wo es die Lücke zwischen klimatischer Wasserbilanz und Darcy-Modell füllt. Aufgrund seiner einfachen Struktur kann das Modell leicht erweitert werden. Geplant sind u.a. Module zur Berechnung des kapillaren Aufstiegs (grundwassernahe Standorte), zur Berechnung der Verdunstung nach Penman bzw. Penman/Monteith und die Anbindung von einfachen Stofftransportmodellen.

Das Modell unterliegt als freie Software dem sog. "GNU-Copyleft". Es kann vom Autor angefordert werden oder im Internet über die URL "<http://www.pz-oekosys.uni-kiel.de/~schorsch/simpel/>" kopiert werden. Auf diesem Rechner werden auch die Erweiterungen zur Verfügung gestellt werden.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Georg Hörmann  
Ökologiezentrum der Universität Kiel  
Schauenburgerstr. 112  
24118 Kiel  
schorsch@pz-oekosys.uni-kiel.d400.de

### **Zusammenfassung:**

Der Artikel stellt das Bodenwasserhaushaltsmodell SIMPEL vor, das speziell zur Einführung von hydrologischen Modellen in verschiedene ökologische Studiengänge erstellt wurde. Das Modell kommt mit einem Minimum an allgemein verfügbaren Eingabedaten aus und wurde als benutzerfreundliches Arbeitsblatt in Excel erstellt. Die einzelnen Speicher sind: Blatt, Streu und Boden. Folgende Prozesse werden modelliert: Blattinterzeption, Streuinterzeption, aktuelle Verdunstung und Sickerung in das Grundwasser.

Ein Vergleich der Ergebnisse mit denen eines konventionellen Modells vom Richards-Typ zeigte, daß die Abweichungen der Jahressummen im Bereich von ca. 10% liegen. Die zeitliche Entwicklung des Bodenwassergehalts in der Wurzelzone wird auch über längere Simulationszeiträume gut wiedergegeben. Die Sickerung in das Grundwasser zeigt die für Speichermodelle typischen Unterschiede im zeitlichen Verlauf.

### **Summary:**

The paper presents the soil water model "SIMPEL" which was programmed to introduce students of ecological sciences to the use of hydrological models. It only requires basic, readily available input data and is implemented as a spreadsheet-file in MS-Excel (V 5.0). The single compartments of the box-model are: leaf, litter and soil. They are linked by the processes leaf interception, litter interception, actual evaporation and seepage to the groundwater.

A comparison of the results with a model of the richards type shows that the differences are generally in the range of about 10%. The time series of soil water content show a high degree of agreement (?). Seepage to the groundwater shows the typical behaviour of box models at short intervals, but agrees well at a larger time scale.

## 9 Literatur

- Bornhöft, D., 1993: Untersuchungen zur Beschreibung und Modellierung des Bodenwasserhaushalts entlang einer Agrar- und einer Wald-Catena im Bereich der Bornhöveder Seenkette. - EcoSys Bd. 6.
- Braden, H., 1985: Ein Energiehaushalts und Verdunstungsmodell für Wasser- und Stoffhaushaltsuntersuchungen landwirtschaftlich genutzter Einzugsgebiete. - Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft 42, S. 294-299
- Ernstberger, H., 1987: Einfluß der Landnutzung auf Verdunstung und Wasserbilanz. - Beiträge zur Hydrologie, Kirchzarten 1987
- Feddes, R.A, Kowalik, P.J., Zaradny, H., 1978: Simulation of field water use and crop yield. - Simulation Monographs, Pudoc Wageningen 1978
- Glugla, G., 1969: Berechnungsverfahren zur Ermittlung des aktuellen Wassergehalts und Gravitationswasserabflusses im Boden. - Albrecht-Thaer-Archiv 13 H. 4, S. 371-376.
- Projektzentrum Ökosystemforschung, 1992: Arbeitsbericht der ersten Phase (1988-1991). - EcoSys Bd. 1
- Sausen, R., S. Schubert, L. Dümenil, 1994: A model of river runoff for use in coupled atmosphere-ocean models. - J Hydrology 155 H. 3-4, S. 337-352
- Thamm, F., 1996: Untersuchungen zur Beschreibung und Modellierung des Wasserhaushaltes zweier Waldökosysteme im Bereich der Bornhöveder Seenkette unter besonderer Berücksichtigung der organischen Auflage. - Diss. in Vorbereitung
- Viterbo, P., und L. Illari, 1994: The impact of changes in the runoff formulation of a general circulation model on surface and near-surface parameters. J Hydrology 155 H. 3-4, S. 325-336
- Wegehenkel, M., 1995: Modellierung des Wasserhaushalts von landwirtschaftlichen Nutzflächen mit unterschiedlich komplexen Modellansätzen. - DGM 39 H. 2, S. 58-68