

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit	2
2 Modellierung der gesättigt-ungesättigten Bodenwasserbewegung	5
2.1 Mathematisch-physikalische Grundgleichungen	5
2.1.1 Beziehungen zwischen Wassergehalt, Wasserspannung und Durchlässigkeit	7
Bodenhydraulisches Modell	8
2.1.2 Beschreibende Grundgleichung (Richardsgleichung)	11
2.1.3 Gültigkeit und Grenzen der mathematischen Beschreibung	13
2.2 Numerische Berechnung	13
2.2.1 Lösung in Ortsrichtung	14
2.2.2 Lösung in Zeitrichtung	18
Iterationsverfahren	20
Das Newton-Verfahren	21
2.2.3 Vergleich mit analytischen Berechnungen	25
3 Wasserbewegung in natürlichen Böden	27
3.1 Heterogenität des Bodens und Verlagerungsprozesse	27
3.1.1 Modellparameter bei der Wasserbewegung in natürlichen Böden ..	28
3.2 Simulation der Wasserbewegung in natürlichen Böden	29
3.2.1 Räumliche Variabilität in einer Raumrichtung	29
3.2.2 Räumliche Variabilität in zwei Raumrichtungen	36
3.3 Bodenfeuchteverlagerung in Hanglagen	38
3.3.1 Hangsegment mit homogenem Bodenaufbau	39
3.3.2 Hangsegment mit Berücksichtigung von Bodenschichtung	42
Unterschiedlich durchlässige Bodenschichten	42
Bodenschichten unterschiedlicher Textur	43
3.3.3 Hangsegment mit Berücksichtigung unterschiedlicher Vorbodenfeuchte	45

4	Stochastische Ansätze für die ungesättigte Wasserbewegung	49
4.1	Begriffsdefinitionen im Zusammenhang mit stochastischen Prozessen	50
4.2	Physikalische Interpretation der Stochastischen Analyse	55
4.2.1	Anisotropie	55
4.2.2	Hysterese	56
4.3	Bestimmung effektiver Durchlässigkeitsfunktionen	56
4.4	Numerische Umsetzung der stochastischen Theorie	57
4.5	Diskussion des stochastischen Ansatzes	65
5	Erfassung der räumlichen Variabilität bodenhydraulischer Eigenschaften - Methodik und Analyse der Probenahme	67
5.1	Erfassung bodenhydraulischer Parameter	67
5.2	Inverse Methoden zur Parameterbestimmung	68
5.2.1	Formulierung des inversen Problems	68
5.2.2	Optimierungsalgorithmus	69
5.3	Versuchsbeschreibung	70
5.4	Stand der inversen Parameteridentifizierung	73
5.5	Vergleich traditioneller und inverser Parameterbestimmungsmethoden	76
5.6	Schlußfolgerungen für den Einsatz von Parameteridentifikationsverfahren ..	79
5.7	Konzept der Probenahme	81
5.8	Charakterisierung der räumlichen Variabilität hydraulischer Bodenparameter	85
5.8.1	Differenzierung nach der Tiefe	85
5.8.2	Differenzierung nach der reliefgesteuerten Bodenabfolge	88
5.9	Vergleich zwischen Labor- und Feldbestimmungsverfahren	91
5.9.1	Bodenfeuchtemessung mit Neutronensonde	91
5.9.2	Bodenfeuchtemessung mit Brandelicksonde	94
5.9.3	Bodenfeuchtemessung mit TDR-Sonde	96
5.9.4	Bewertung der Simulation der Feldexperimente	98

5.10 Einordnung der bodenhydraulischen Funktionen	99
5.11 Schlußfolgerungen	101
6 Simulation der Bodenwasserbewegung unter natürlichen Feldbedingungen	103
6.1 Modellerstellung	104
6.1.1 Räumliche Struktur, Berechnungszeitraum	104
6.1.2 Bodenhydraulische Eigenschaften	105
6.1.3 Anfangsbedingung	108
6.1.4 Randbedingungen	108
Niederschlag	108
Interzeption	109
Evapotranspiration	109
6.2 Modellparameter der Interaktion Boden-Pflanze-Atmosphäre	114
6.3 Vergleich der Feldmessungen mit Modellergebnissen	114
6.4 Diskussion der Simulationsergebnisse	120
7 Zusammenfassung	125
Literatur	131
Symbole und Notationen	141
Anhang	142
A1 Bodenhydraulische Parameter des 1. Hauptmeßhanges	143
A2 Bodenhydraulische Parameter für 12 Bodenarten	148