



Mitteilungen

des Lehrstuhls und Instituts für Wasserbau und Wasserwirtschaft

der Rheinisch-Westfälischen
Technischen Hochschule Aachen
Fakultät für Bauingenieurwesen
Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
herausgegeben von

Univ.-Professor Dr.-Ing. Jürgen Köngeter

Band 113

Stefan Opheys

**Numerische Untersuchungen
zur Dispersion in anisotrop
heterogenen, porösen Medien**

Bibliothek

**INSTITUT FÜR WASSERBAU
UND WASSERWIRTSCHAFT
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT
PETERSENSTR. 13, 64287 DARMSTADT
Tel. 0 61 51 / 16 21 43 · Fax: 18 32 43**

Juv.-Nr.: 3157
10 JW B 113

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Einführung in die Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	4
2 Grundlagen der stochastischen Modellierung von Strömungs- und Stofftransportvorgängen in porösen Medien	6
2.1 Grundgleichungen der Strömung und des Stofftransports in porösen Medien	6
2.2 Die Skalenabhängigkeit der Transportparameter	8
2.3 Stochastische Betrachtungsweise	11
2.3.1 Die Methode nach Lagrange	13
2.3.2 Die Methode nach Euler	15
2.3.3 Numerische Methoden zur Lösung der stochastischen Stofftransportgleichung	18
3 Verfahren zur Erzeugung räumlich korrelierter Zufallsfelder	22
3.1 Klassische, nicht-stochastische Interpolationsmethoden	22
3.1.1 Polygon Methode (Thiessen-Polygone)	23
3.1.2 Triangulations-Methode	26
3.1.3 Methode der Entfernungswichtung	26
3.2 Grundbegriffe der Stochastik	28
3.3 Nicht-konditionierte Zufallsfelder	35
3.4 Konditionierte Zufallsfelder	38
3.4.1 Das Kriging-Verfahren	38
3.4.2 Indicator-Kriging	41
3.5 Sequentielle Verfahren	43
3.5.1 Multiple Indicator Simulation	43
3.5.2 Population Indicator Simulation	47
3.5.3 Vergleich der sequentiellen Verfahren	50
3.6 Simulated Annealing	55
3.7 Konditionierung von Zufallsfeldern	59
3.8 Zusammenfassende Bewertung der vorgestellten Verfahren	61
4 Das mathematisch-numerische Modell	62
4.1 Auswahl eines geeigneten numerischen Modells	62
4.2 Numerische Lösung der Strömungsgleichung	63
4.3 Numerische Lösung der Stofftransportgleichung	66
4.3.1 Das Prinzip der Particle Tracking und der Random Walk Methode	66
4.3.2 Erweiterung des allgemeinen Dispersionsansatzes	68

4.3.3	Bestimmung der Skalierungsmatrix B	69
4.3.4	Berechnung der Partikelverschiebung	70
4.3.5	Anfangs- und Randbedingungen.....	74
4.3.6	Interpretation der Ergebnisse	74
4.4	Verifikationsrechnungen.....	76
4.5	Zur Genauigkeit von Bahnenlinien in dreidimensionalen Modellen.....	79
5	Spezielle theoretische Ergebnisse zur Strömung und Transport in anisotrop heterogenen Medien.....	82
5.1	Effektive hydraulische Durchlässigkeit	83
5.2	Makrodispersion	88
6	Geometrische, physikalische und numerische Randbedingungen der numerischen Untersuchungen.....	95
6.1	Geometrische Randbedingungen	95
6.2	Physikalische Randbedingungen	96
6.3	Zeitschrittgröße und Partikelanzahl	100
7	Numerische Untersuchungen	107
7.1	Einführung	107
7.2	Variation der Größe der eingeleiteten Partikelwolke.....	109
7.3	Variation der Richtung des hydraulischen Gradienten und des Anisotropieverhältnisses.....	125
7.3.1	Geschwindigkeitsfelder.....	126
7.3.2	Ausrichtung und Bewegungsrichtung der Partikelverteilung	131
7.3.3	Entwicklung der räumlichen Momente.....	138
8	Zusammenfassung.....	159
Literaturverzeichnis.....		162