



Mitteilungen

des Lehrstuhls und Instituts
für Wasserbau und Wasserwirtschaft

der Rheinisch-Westfälischen

Technischen Hochschule Aachen

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: 16 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 Stofftransportes 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 Bahnlinien 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