

Heft 52

# Hydrodynamische Dispersion in porösen Medien: Einfluß von Dichteunterschieden auf die Vertikalvermischung in horizontaler Strömung

von Dr.-Ing.  
Bernd Rinnert

Eigenverlag des Instituts für Wasserbau der Universität Stuttgart

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
VORWORT	I
DANKSAGUNG	II
LISTE DER SYMBOLE	VII
VERZEICHNIS DER BILDER	IX
1. EINLEITUNG	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Ziele	2
2. LITERATURSTUDIE: DIFFUSION UND DISPERSION	4
2.1 Mathematische Beschreibung der Dispersion	4
2.1.1 Diffusionsgleichung	4
2.1.2 Entwicklung der (makroskopischen) Dispersionsgleichung	5
2.1.3 Allgemeinste Form der Dispersionsgleichung für Tracer	10
2.2 Dispersionskoeffizienten	13
2.2.1 Mathematische Beschreibung von Dispersionskoeffizienten	13
2.2.2 Theoretische Ansätze zur Ermittlung von $D_L$ und $D_T$ aus Strömungsgrößen und Fluidparametern	17
2.3 Laborexperimente zur Bestimmung von Dispersionskoeffizienten	27
2.3.1 Versuchsanordnung zur Bestimmung von $D_L$	27
2.3.2 Experimente zur Bestimmung von $D_T$	40
2.3.3 Modellkonzeption und Meßverfahren	43
2.3.4 Zusammenfassung und Vergleich der Ergebnisse aus Labormessungen	45
2.4 Einfluß von Dichteunterschieden auf die Ausbreitung von perseveranten Wasserinhaltsstoffen und Auswirkungen auf deren formale Beschreibung	49

	Seite
3. ANSÄTZE ZUR NÄHERUNGSWEISEN QUANTITATIVEN BESCHREIBUNG VON SCHICHTENSTRÖMUNGEN UNTER EINFACHEN RANDBEDINGUNGEN UND ZUR BESTIM- MUNG VON $D_T(c)$	58
3.1 Problemstellung und Übersicht	58
3.2 Schichtenströmung bei vernachlässigbarem Einfluß der Querdispersion	59
3.2.1 Berechnung der Durchflüsse	59
3.2.2 Parallelströmung	61
3.2.3 Strömung mit geneigter Trennfläche	62
3.3 Phänomenologischer Ansatz zur Bestimmung von $D_T(c)$	66
3.4 Querdispersion in näherungsweise eindimen- sionaler Schichtenströmung	72
4. ANALYTISCHE LÖSUNG ZUR BESCHREIBUNG DER STA- TIONÄREN SALZAUSBREITUNG IN EINER SALZ-/ SÜSSWASSER-SCHICHTENSTRÖMUNG	74
4.1 Problemstellung und Vorgehensweise	74
4.2 Randbedingungen und Zusammenstellung der Be- stimmungsgleichungen	77
4.2.1 Randbedingungen	77
4.2.2 Bestimmungsgleichungen	78
4.2.2.1 Druckverteilung	78
4.2.2.2 Bewegungsgleichung	80
4.2.2.3 Zustandsgleichung	80
4.2.2.4 Kontinuitätsgleichung	82
4.2.2.5 Transportgleichung (Dispersionsgleichung)	82
4.2.3 Vereinfachungen	83
4.3 Dimensionslose Darstellung der Bestimmungs- gleichungen	86
4.3.1 Wahl dimensionsloser Größen	86
4.3.2 Dimensionslose Bestimmungsgleichungen im Süßwasserbereich	88
4.3.3 Dimensionslose Bestimmungsgleichungen im Salzwasserbereich	89
4.4 Lösungsansatz aus der Störungsrechnung	90
4.4.1 Grundlagen des Ansatzes	90

	Seite	
4.4.2	Bestimmungsgleichungen für den Süßwasserbereich	92
4.4.3	Bestimmungsgleichungen für den Salzwasserbereich	95
4.4.4	Zusammenfassung der Bestimmungsgleichungen	96
4.5	Lösung der Gleichungssysteme	97
4.5.1	Teillösungen für den Süßwasserbereich	97
4.5.2	Teillösungen für den Salzwasserbereich	101
4.5.3	Gesamtlösungen	103
5.	LABORUNTERSUCHUNG DER STATIONÄREN QUERDISPERSION IN EINER SALZ-/SÜSSWASSER-SCHICHTENSTRÖMUNG	107
5.1	Ziel der Experimente	107
5.2	Voruntersuchungen und Experimente zur Längsdispersion	107
5.3	Dimensionierung des Versuchsstandes zur Bestimmung von $A_T(c_s)$	113
5.3.1	Generelle Konzeption	113
5.3.2	Wahl der Abmessungen und Kenngrößen	115
5.3.3	Beschreibung der Meßapparatur	116
5.3.4	Fließschema	118
5.4	Bau des Versuchsstands	118
5.5	Dispersionsversuche	121
5.5.1	Versuchsprogramm	121
5.5.2	Experimente zur Bestimmung von $A_T(c_s)$	122
5.6	Auswertung der Experimente	124
6.	ANWENDUNG DER ANALYTISCHEN LÖSUNG UND VERGLEICH MIT EXPERIMENTELLEN ERGEBNISSEN	129
6.1	Anwendung der analytischen Lösung	129
6.1.1	Parameter und Grundlagen der Berechnungen	129
6.1.2	Druckverteilung	131
6.1.3	Verteilung der Komponenten der Filtergeschwindigkeit	131
6.1.4	Konzentrationsverteilung	133

	Seite
6.2 Vergleich zwischen analytischer Lösung und experimentellen Ergebnissen	135
6.2.1 Darstellung der Unterschiede	135
6.2.2 Interpretation der Unterschiede	137
6.2.3 Aussagekraft der experimentellen Ergebnisse	140
7. NÄHERUNGSAUSSAGEN FÜR PRAKTISCHE ANWENDUNGEN	143
8. ZUSAMMENFASSUNG UND SCHLUSSFOLGERUNGEN	149
8.1 Zusammenfassung	149
8.2 Schlußfolgerungen	152
8.3 Umfang weiterer Untersuchungen	153
LITERATURVERZEICHNIS	155