

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung..... I

1 Einleitung 1

2 Grundlagen 3

2.1 Auftreten von Dichteströmungen..... 3

2.2 Grundlegende Gleichungen von Strömung und Transport im Grundwasser unter Dichteeinfluss 5

2.3 Qualifizierung von Programmen und Modellen 8

3 Zusammenstellung nationaler und internationaler Untersuchungen zu dichteabhängigen Strömungen 13

3.1 Anwendungsbeispiele zur Dichtemodellierung im konventionellen Bereich 13

3.1.1 Grundwassermodellierung in Küstennähe 13

3.1.2 Grundwassermodellierung der Salzabwässer im Werra-Gebiet 15

3.2 Anwendungsbeispiele zur Dichtemodellierung in Langzeitsicherheitsanalysen der Endlagerung radioaktiver Abfälle..... 15

3.2.1 Waste Isolation Pilot Plant (WIPP), USA..... 16

3.2.2 Endlager für radioaktive Abfälle Morsleben (ERAM) 16

3.2.3 Schachtanlage Asse II 20

3.2.4 Endlagerprojekt Gorleben 32

3.2.5 Vergleichende Sicherheitsanalyse (VERSI) 35

3.2.6 Zusammenfassende Zuordnung der Anwendungsbeispiele zu den Verifikationstestfällen..... 38

4 Anforderungen und Auswahl geeigneter Modelle und Codes..... 41

4.1 Ansätze zur Berechnung der Dichte und Viskosität in verschiedenen Codes 41

4.1.1 D^{3f} 41

4.1.2 TOUGH2 43

4.1.3	PHREEQC.....	44
4.1.4	SPRING.....	46
4.2	Verifikationsmodelle und Vergleichsanalysen zur Grundwasserströmung bei variabler Salinität mit ausgewählten Programmen.....	47
4.2.1	Henry-Problem	48
4.2.2	Elder-Problem.....	52
4.2.3	Salt Dome-Problem (Hydrocoin, Level 1, Fallstudie 5).....	62
4.2.4	Saltpool-Problem	69
4.2.5	Konvektionsbewegungen in einer geneigten Box.....	77
4.3	Ergebnis des Vergleichs	83
4.4	Vergleichsrechnungen mit TOUGH 2 und SPRING	85
5	Weiterentwicklung des GRS-Instrumentariums	91
5.1	Weiterentwicklung des Rechencodes SPRING und Implementierung der Programmmodule	91
5.2	Qualitätssicherung und Verifizierung.....	93
5.3	Überprüfung der in SPRING implementierten Modellansätze auf Basis eines Prinzipmodells (VerSi).....	94
5.3.1	Modellaufbau und Datengrundlage	94
5.3.2	Rechenfälle.....	96
6	Zusammenfassung	113
7	Ausblick	115
	Literaturverzeichnis.....	117
	Abbildungsverzeichnis.....	133
	Tabellenverzeichnis.....	139
A	Anhang Verifizierungsrechnung mit XTRA.....	140