

Inhaltsverzeichnis

Danksagung

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Bezeichnungen 1

Einleitung 4

I Finite-Elemente Methoden 7

1 Grundlagen der Finite-Elemente Methode 9

1.1 Problemstellung und Grundlagen 9

1.2 Nichtkonforme finite Elemente 12

1.3 Gemischte finite Elemente 21

1.4 Hybridisierung 24

1.4.1 Post-Processing gemischt hybrider finiter Elemente 26

1.4.2 Äquivalenz zu nichtkonformen Ansätzen 29

1.5 Numerische Ergebnisse 31

2 Adaptivität 34

2.1 L^2 -Fehlerschätzer 35

2.2 Adaptive Gitter und lokale Verfeinerung 40

2.2.1 Adaptive Verfeinerung mit Slave-Freiheitsgraden 42

2.2.2	Adaptive Verfeinerung mit Gruppen-Freiheitsgraden	44
2.3	Testbeispiele und Numerische Tests	46
2.3.1	Vergleich von Slave- und Gruppen-Freiheitsgraden	46
2.3.2	Vergleich der verschiedenen Fehlerschätzer	48
2.3.3	Vergleich von adaptiver und uniformer Verfeinerung	50
3	Lösungsansätze für lineare Gleichungssysteme	58
3.1	Das CG-Verfahren	58
3.2	Verfahren für nichtsymmetrische Probleme	60
3.3	Mehrgitter-Verfahren	64
3.4	Multilevel-Vorkonditionierung	71
3.5	Numerische Tests	73
3.5.1	Symmetrische Gleichungssysteme	73
3.5.2	Nichtsymmetrische Gleichungssysteme	76
3.5.3	Rechnung auf nichtuniformen Gittern	79
II	Anwendungen in der Neutronenkinetik	81
4	Physikalische Grundlagen	83
4.1	Grundlegende Konzepte	83
4.2	Bilanzgleichungen gemäß der Transporttheorie	86
4.3	Die Neutronendifusionsgleichung	88
4.4	Die Mehrgruppen-Diffusionsgleichungen	91
5	Überblick Reaktorsimulation	94
5.1	Aspekte einer vollständigen Reaktorsimulation	94
5.2	PANBOX—Ein Beispielprogramm	96
5.2.1	Aufbereitung der Ein- und Ausgangsdaten	96
5.2.2	Ablauf der Gesamt-Simulation	97

5.3	Mathematische Konzepte für die Neutronenkinetik	98
5.4	Lösungskonzepte in PANBOX	101
6	Mathematische Analyse der Mehrgruppendiffusion	102
6.1	Die stationären Gleichungen	102
6.2	Die instationären Gleichungen	107
6.3	Gemischt hybride finite Elemente für die Mehrgruppengleichungen . .	109
6.3.1	Diskretisierung	109
6.3.2	Lösung der entstehenden Gleichungssysteme	112
6.3.3	Fehlerschätzung für die Neutronendiffusion	112
7	Das verallgemeinerte Eigenwertproblem	114
7.1	Iterative Lösung von Eigenwertproblemen	114
7.1.1	Inverse Iteration	114
7.1.2	Inverse Korrektur	116
7.2	Mehrgitter für die innere Iteration	118
7.2.1	Numerische Ergebnisse für ein 1D-Modellproblem	118
7.2.2	Numerische Ergebnisse für 3D-Probleme	120
7.2.3	Verwandte Ansätze in der Literatur	122
7.3	Alternative iterative Löser für die innere Iteration	123
7.4	Auswertung der Ergebnisse	125
8	Numerische Ergebnisse für die Neutronendiffusion	127
8.1	Stationäre Rechnung	127
8.1.1	Modellprobleme	128
8.1.2	Probleme der Siemens AG	132
8.2	Instationäre Rechnung	136
	Zusammenfassung	139