

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	1
1 Die Neutronendiffusionsgleichungen	5
1.1 Die kontrollierte Kernspaltung	5
1.1.1 Die Absorption	11
1.1.2 Die Streuung	13
1.1.3 Die Leckage	14
1.1.4 Die Kritikalität	14
1.2 Die Herleitung des zu lösenden Gleichungssystems	16
1.2.1 Kernphysikalische Größen und Grundbegriffe	16
1.2.2 Die monoenergetische Neutronendiffusionsgleichung	19
1.2.3 Die Neutronendiffusionsgleichungen in G Energiegruppen	21
1.2.4 Die Neutronendiffusionsgleichungen in zwei Energiegruppen	24
1.2.5 Der Eigenwert λ	25
1.2.6 Das Ficksche Gesetz	27
1.2.7 Darstellung des zu lösenden Gleichungssystems in Matrixform	36
1.3 Das verwendete Reaktormodell	37
1.4 Einige Nebenbedingungen	40
1.4.1 Die Übergangsbedingungen	40
1.4.2 Die Symmetriebedingungen	41
1.4.3 Die Randbedingungen	44
1.4.4 Die Normierungsbedingung	50

2	Das Wellendigital-Konzept	51
2.1	Die Grundidee der Wellendigital-Strukturen	52
2.1.1	Die Digitalisierung	55
2.1.2	Die Wellengrößen	58
2.2	Die numerische Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen mit dem Wellendigital-Konzept	61
2.2.1	Der Entwurf einer Referenzschaltung	63
2.2.2	Die Überführung der Referenzschaltung in eine Wellendigital-Struktur	64
2.2.3	Die Rückgewinnung der ursprünglich gesuchten Größen aus den Wellengrößen	69
2.3	Die Stabilität der Wellendigital-Struktur unter der Voraussetzung unbegrenzter Wortlängen	71
2.3.1	Die Stabilität der Referenzschaltung	71
2.3.2	Die Stabilität der Wellendigital-Struktur	72
2.3.3	Der Zusammenhang zwischen der Stabilität der Referenzschaltung und der Stabilität der Wellendigital-Struktur	73
2.4	Die Stabilität der Wellendigital-Struktur bei endlicher Koeffizienten-Wortlänge	74
2.4.1	Die Problematik der Koeffizienten-Quantisierung	75
2.4.2	Definition der eindimensionalen Passivität eines Wellendigital-Äquivalents	76
2.4.3	Die Passivitätseigenschaften der einzelnen Wellendigital-Äquivalente	81
2.4.4	Der Entwurf eines Adaptors, der sich auch bei endlicher Koeffizienten-Wortlänge energieneutral verhält	87
2.5	Die Stabilität der Wellendigital-Struktur bei endlicher Signal-Wortlänge	90
2.5.1	Geeignete Rundungsoperationen	93
2.5.2	Geeignete Überlauf-Korrekturen	96
2.6	Die Stabilität der Wellendigital-Struktur bei endlicher Speicher-Wortlänge	100
2.6.1	Die Vereinfachung der Wellendigital-Struktur	103
2.6.2	Zusammenfassung und Ergänzung der Stabilitäts-Untersuchungen	105

2.7	Die numerische Lösung partieller Differentialgleichungen mit dem Wellendigital-Konzept	107
2.7.1	Definition der mehrdimensionalen Passivität eines Schaltungselements im ursprünglichen Koordinatensystem	108
2.7.2	Die Koordinatentransformation	113
2.7.3	Definition der mehrdimensionalen Passivität eines Schaltungselements im neuen Koordinatensystem	117
2.7.4	Definition der mehrdimensionalen Passivität eines Wellendigital-Äquivalents	124
2.7.5	Vereinfachte Passivitätsbedingungen für nicht-reaktive Schaltungselemente und deren Wellendigital-Äquivalente	128
3	Die Anwendung des Wellendigital-Konzepts auf die Neutronendiffusionsgleichungen	131
3.1	Die „Hyperbolisierung“ des zu lösenden Gleichungssystems	133
3.1.1	Die Klassifizierung der Neutronendiffusionsgleichungen	133
3.1.2	Das Hinzufügen zeitlicher Ableitungsterme	134
3.1.3	Eine Rechtfertigung der „Hyperbolisierung“	136
3.2	Der Entwurf einer Referenzschaltung	136
3.2.1	Der Entwurf des reziproken Teils der Referenzschaltung	138
3.2.2	Der Entwurf des nicht-reziproken Teils der Referenzschaltung	145
3.3	Die Überführung der Referenzschaltung in eine Wellendigital-Struktur	149
3.3.1	Die Wellendigital-Äquivalente der idealen Spulen	149
3.3.2	Die Wellendigital-Äquivalente der ohmschen Widerstände	153
3.3.3	Das Wellendigital-Äquivalent des idealen Gytrators	159
3.3.4	Die Wellendigital-Äquivalente der Reihenschaltungen	161
3.3.5	Die Wellendigital-Äquivalente der Parallelschaltungen	170
3.3.6	Die Wellendigital-Äquivalente der idealen Übertrager	175
3.3.7	Das Problem der verzögerungsfreien gerichteten Schleifen	179

3.3.8	Die Wellendigital-Äquivalente der Jaumann-Strukturen	183
3.3.9	Das Wellendigital-Äquivalent des Koppel-Viertors	191
3.3.10	Die Wellendigital-Struktur zur Berechnung der Neutronendiffusionsgleichungen	228
3.4	Die Rückgewinnung der ursprünglich gesuchten Größen und die Vereinfachung der Wellendigital-Struktur	234
3.4.1	Die Rückgewinnung der Neutronenflussdichten und Neutronenstromdichten aus den Wellengrößen	234
3.4.2	Die Normierung der Neutronenflussdichten und Neutronenstromdichten .	235
3.4.3	Die Vereinfachung der Wellendigital-Struktur	237
4	Der Wellendigital-Algorithmus	245
4.1	Ein vereinfachtes Reaktormodell	246
4.2	Die systematische Umsetzung der graphischen Spezifikation in mathematische Gleichungen	249
4.2.1	Die Grundgleichungen zur Berechnung der Wellengrößen	251
4.2.2	Die Grundgleichung zur Rückgewinnung der Neutronenflussdichten und der Neutronenstromdichten aus den Wellengrößen	258
4.3	Die Initialisierung und die Randbehandlung	260
4.3.1	Die Initialisierung	263
4.3.2	Die Randbehandlung am Außenrand	267
4.3.3	Die Randbehandlung an der Symmetrieebene	274
4.4	Die numerische Bestimmung der Normierungskonstante und des Eigenwerts . . .	278
4.4.1	Die Normierungskonstante c_N	280
4.4.2	Der Eigenwert λ	281
4.5	Der Programmablauf	282
4.5.1	Veränderungen im Programmablauf bei Parallelverarbeitung	288
4.6	Die Umsetzung der ursprünglichen Wellendigital-Struktur in einen Algorithmus .	290
4.7	Hinweise zur Durchführung eines Korrektheitsbeweises	301

5	Simulationsergebnisse	305
5.1	Die Berechnung eines plattenförmigen Reaktormodells aus nur einem Material	307
5.1.1	Die Referenzlösung	308
5.1.2	Die Wellendigital-Lösung	313
5.2	Die Berechnung eines plattenförmigen Reaktormodells mit zwei symmetrisch angeordneten Materialbereichen	322
5.2.1	Die Referenzlösung	323
5.2.2	Die Wellendigital-Lösung	332
5.3	Die Berechnung eines würfelförmigen Reaktormodells aus einem Material	338
5.3.1	Die Referenzlösung	339
5.3.2	Die Wellendigital-Lösung	343
5.4	Die Berechnung des vereinfachten Modells eines Leichtwasser-Reaktors	348
5.4.1	Die Wellendigital-Lösung	349
 Zusammenfassung		 361
 Anhang		
A	Ansätze zur analytischen Berechnung der Neutronendiffusionsgleichungen	367
A.1	Die Berechnung eines plattenförmigen Reaktormodells aus nur einem Material	368
A.2	Die Berechnung eines plattenförmigen Reaktormodells mit zwei symmetrisch angeordneten Materialbereichen	376
A.3	Die Berechnung eines würfelförmigen Reaktormodells aus einem Material	392
 Abbildungsverzeichnis		 401
 Tabellenverzeichnis		 409
 Formelzeichen und Abkürzungen		 413
 Literaturverzeichnis		 431