

Inhaltsverzeichnis

	Nomenklatur	V
1	Einleitung und Aufgabenstellung	1
2	Darstellung und Entwicklungsstand der nuklearen Heizreaktoren	3
2.1	Gasgekühlter Heizreaktor (GHR)	6
2.2	Geyser	6
2.3	Schweizer Heizreaktor (SHR)	7
2.4	Siemens/KWU – nuklearer Heizreaktor	7
2.5	Slowpoke (SES 10)	8
2.6	Leichtwasser Test Reaktor (LTR)	9
2.7	SECURE–H Heizreaktor	9
2.8	Thermos	10
2.9	TRIGA	10
2.10	AST 500	10
3	Das HERE 300 Konzept	14
3.1	Der Primärkreis	17
3.2	Die Sekundärkreise	22
3.3	Das Notkühl– und Nachwärmeabfuhrsystem	23
3.4	Systeme zur Reaktivitätssteuerung und Abschaltung	24
3.4.1	Das Borsäureregelsystem	25
3.4.2	Das Borkugelabschaltsystem	26
3.4.3	Das passive Schwimmkörperabschaltsystem	27
4	Das passive Abschaltelement	29
4.1	Die Auslegung des passiven Abschaltensystems für den HERE 300	31
4.1.1	Die Berechnungsgrundlage	32
4.1.2	Werkstoffauswahl	35
4.1.3	Randbedingungen und Dimensionierung	35
4.1.4	Festigkeitsnachweis	36
4.2	Experimentelle Untersuchungen zur Thermohydraulik des passiven Abschaltelements	38
4.2.1	Der Versuchsstand	38

4.2.2	Inbetriebnahme des Versuchsstands und Funktionsnachweis	44
4.2.3	Versuchsdurchführung	45
4.2.3.1	Versuchsserie A – Fahrverhalten der Absorber und Bestimmung der Temperaturprofile bei kontinuierlicher Aufheizung	45
4.2.3.1.1	Versuchsserie A, Teil I – Kennfeld der Absorberbewegung	45
4.2.3.1.2	Versuchsserie A, Teil II – Bestimmung der Temperaturprofile	49
4.2.3.2	Versuchsserie B – Fahrverhalten der Absorber bei Sprungaufgabe	53
4.2.4	Sensitivitätsbetrachtungen mit einem theoretischen Strömungs- und Wärmeübergangsmodell für den Versuchsstand	58
4.2.5	Übertragung der Ergebnisse aus den Versuchen und den theoretischen Überlegungen auf die Hauptausführung des Abschaltsystems	62
5	Das Programmsystem QUABOX/CUBBOX-HYCA	69
5.1	Die Beschreibung von QUABOX/CUBBOX-HYCA	69
5.1.1	Das Grobgitterverfahren für die Lösung der Neutronendiffusionsgleichung	70
5.1.2	Die Genauigkeit der räumlichen Neutronenflußapproximation und Wahl einer Approximation	72
5.2	Anpassung von QUABOX/CUBBOX-HYCA an Heizreaktorbedingungen	73
5.2.1	Die Wärmeleitfähigkeit und die spezifische Wärmekapazität von UO_2	73
5.2.2	Der Spalt zwischen Brennstoff und Hüllrohr im Brennstab	76
5.2.2.1	Das Spaltgas	76
5.2.2.2	Die Spaltgeometrie	77
5.2.3	Das Hüllrohr	79
5.2.4	Der Wärmeübergang zwischen Kühlmittel und äußerer Hüllrohrwand	80
5.2.5	Die Stoffwertefunktionen für Wasser	85
5.3	Die Wirkungsquerschnittsbibliothek in QUABOX/CUBBOX-HYCA	87
5.3.1	Grundlegende Anforderungen von QUABOX/CUBBOX-HYCA an eine Wirkungsquerschnittsbibliothek	87

5.3.2	Die Auswertung der Wirkungsquerschnittsbibliothek im Rechenmodell QUABOX/CUBBOX-HYCA	88
5.3.3	Die unabhängige Auswertung der Wirkungsquerschnittsbibliothek	92
5.3.4	Definition einer Bestrahlungsgeschichte für die Erstellung einer Arbeitsbibliothek für QUABOX/CUBBOX-HYCA	93
6	Die Berechnung der makroskopischen Wirkungsquerschnitte mit dem Programmsystem V.S.O.P.	95
6.1	Das Programmsystem V.S.O.P.	95
6.1.1	Die nukleare Datenbasis und die Spektrumsrechnung	97
6.1.2	Die Diffusions- und die Abbrandrechnung	100
6.1.3	Unterschiede zwischen den V.S.O.P.-Versionen von 1971 und 1990	101
6.2	Das Reaktorcore in V.S.O.P.	102
6.3	Die verschiedenen Brennelementtypen	104
6.3.1	Bestimmung der Nuklidichten für die Erstcorezusammensetzung	106
6.3.1.1	Die Nuklidichten des Brennstoffs	107
6.3.1.2	Die Nuklidichten des Hüllmaterials	110
6.3.1.3	Die Nuklidichten der Strukturmaterialien	110
6.3.1.4	Die Nuklidichten der Boroxidgläser	111
6.3.1.5	Die Nuklidichten des Moderators	114
6.3.1.6	Die Nuklidichten des Schwimmkörperabschaltsystems	116
6.3.2	Die Wigner-Seitz-Zellen der compositions	120
6.4	Durchzuführende Variationsrechnungen	123
6.5	Das Abbrandverhalten der einzelnen Brennelementtypen	124
6.6	Der Verlauf der Gruppenkonstanten während des Abbrands für ausgewählte Brennelemente	130
6.7	Die Berechnung der nuklearen Reflektordaten	135
6.8	Die Korrektur der Diffusionskonstanten für die Brennelemente	139
7	Naturumlaufberechnungen	143
7.1	Strömungstechnischer Druckabfall	145
7.2	Die Energieänderung	152
7.3	Die Wärmeübertragung im Primärwärmeaustauscher	154
7.3.1	Primärseitiger Wärmeübergang	154
7.3.2	Sekundärseitiger Wärmeübergang	155

7.3.3	Berechnung des Temperaturverlaufs im Primärwärmeaustauscher	158
7.4	Vorgabe einer Leistungsverteilung im Reaktorkern	162
7.5	Das Berechnungsmodell für den Naturumlauf	163
8	Nukleare und thermohydraulische Coreauslegung	168
8.1	Eingesetzte Rechencodes und deren Verknüpfung	168
8.1.1	Der Berechnungsablauf	168
8.1.2	QUABOX/CUBBOX-HYCA	170
8.1.3	Das Primärkreislaufmodell	171
8.2	Coreauslegungsrechnungen	172
8.2.1	Randbedingungen für die Coreauslegung	172
8.2.2	Vergleich einiger Corevarianten (2-dimensional gerechnet)	173
8.2.3	Das Abbrandverhalten des optimierten Cores mit Hilfe der 3-d Rechnung	186
8.3	Das Leistungsverhalten des Reaktors während des Betriebs	188
8.3.1	Das Leistungsverhalten bei einem mittleren Abbrand von 0,85 MWd/kg	189
8.3.2	Das Leistungsverhalten bei einem mittleren Abbrand von 7,65 MWd/kg	192
8.3.3	Charakteristische Profile ausgewählter Größen für Brennstab und Kühlmittel	194
8.4	Reaktorregelsysteme	200
8.4.1	Abschaltung des Reaktors mit Borsäure	200
8.4.2	Das Schwimmkörperabschaltsystem	202
9	Zusammenfassung	210
10	Bibliographie	212