

Inhaltsverzeichnis

1 Zielsetzung und Aufgabenstellung..... 1

2 Planung und Ablauf des Vorhabens..... 3

2.1 Ausgangssituation zu Beginn des Vorhabens 4

2.1.1 Reaktorphysik schneller flüssigmetallgekühlter Systeme einschließlich
quellgetriebener unterkritischer Konzepte 4

2.1.2 Thermohydraulik schneller flüssigmetallgekühlter Systeme 5

2.1.3 Sicherheitsaspekte bei Partitionierung und Transmutation..... 6

2.1.4 Beteiligung an den EU-Projekten ESNII+ und MAXSIMA..... 6

3 AP 1: Reaktorphysik zur Sicherheitsbewertung schneller Systeme 7

3.1 AP 1.1: Neutronenphysik der Void-Rückwirkung natriumgekühlter
Systeme..... 7

3.2 AP 1.2: Sicherheitsaspekte quellgetriebener unterkritischer Systeme 9

3.2.1 MCNPX-Modell des Spallationstargets 10

3.2.2 Vergleich verschiedener Spallationsmodelle von MCNPX..... 11

3.2.3 Spallationsquellstärke-Verteilung im Target..... 13

3.2.4 Simulation eines Spallationsneutronenpulses mit PARCS 15

3.3 AP 1.3: Entwicklung und Erprobung von Kernmodellen mit stabweiser
Auflösung..... 16

3.3.1 Modellentwicklung 17

3.3.2 Gekoppelte stationäre PARCS/ATHLET-Simulationen..... 19

3.4 AP 1.4: Erstellung von Wenig-Gruppen-
Wirkungsquerschnittsbibliotheken..... 22

3.4.1 Weniggruppen-Wirkungsquerschnittsdaten für ASTRID..... 22

3.4.2 Stabzellweise homogenisierte parametrisierte
Wirkungsquerschnittsbibliotheken für ASTRID..... 31

3.4.3 Weniggruppen-Wirkungsquerschnittsdaten für Superphénix..... 31

3.4.4 Weniggruppen-Wirkungsquerschnittsdaten für Superphénix..... 31

3.4.5 Auswertung von Parametern und arithmetischen Formeln im
Eingabedatensatz von Serpent..... 37

3.5	AP 1.5: Erstellung von Kernmodellen ausgewählter Systeme	38
3.5.1	Das Reaktorkonzept ASTRID	38
3.5.2	Der Superphénix-Reaktor	40
3.5.3	Der China Experimental Fast Reactor (CEFR).....	46
4	AP 2: Entwicklung thermostruktureller Rückwirkungsmodelle.....	51
4.1	AP 2.1: Entwicklung einer Methodik zur Darstellung der Wirkungsquerschnitte schneller Systeme inklusive Strukturrückwirkungen	51
4.2	AP 2.2: Erweiterung der Modelle zu thermo-strukturellen Ausdehnungseffekten	53
4.2.1	Radiales Kernausdehnungsmodell in PARCS.....	53
4.2.2	Axiales Kernausdehnungsmodell in PARCS	54
4.3	AP 2.3: Verifizierung und Validierung.....	58
4.3.1	Radiales Kernausdehnungsmodell.....	58
4.3.2	Axiales Kernausdehnungsmodell.....	62
4.3.3	Gekoppelte 3D-Kernberechnungen zur lokalen Simulation des Siedens von Natrium	64
5	AP 3: Sicherheitsaspekte bei Partitionierung und Transmutation	69
5.1	AP 3.1: Untersuchung des Einflusses minorer Aktiniden im Transmutationsbrennstoff anhand von 3D-Kernberechnungen	69
5.2	AP 3.2: Erstellung von Weniggruppen-Wirkungsquerschnitten für Brennstoffe mit Aktinidenbeladung.....	75
5.3	AP 3.3: Betrachtung der Sicherheitsaspekte ausgewählter technologischer Prozesse von P&T	76
5.3.1	Überblick zur Qualität der verfügbaren nuklearen Daten.....	77
5.3.2	Generische kritische Anordnungen mit minoren Aktiniden	80
5.3.3	Kritische Experimente mit minoren Aktiniden	89
6	AP 4: Thermohydraulik zur Sicherheitsbewertung schneller Systeme.....	97
6.1	AP 4.1: Weiterentwicklungen in ATHLET	97

6.1.1	Weiterentwicklung des Modellumfangs zur Beschreibung des Siedens von Natrium in Kühlkreisläufen	97
6.1.2	Überprüfung der ATHLET-Modelle zur Beschreibung der Verdampfung von Natrium	113
6.1.3	Erweiterungen von ATHLET zur Simulation von Salzschnmelzen in Kühlkreisläufen	125
6.2	AP 4.2: Schnittstelle für Wärmestrukturparameter	141
6.2.1	Übertragung der Hüllrohrtemperaturverteilungen	142
6.2.2	Übertragung der Temperatur der Kerngitterplatte	142
6.3	AP 4.3: Erstellung thermohydraulischer Modelle schneller Systeme	143
6.3.1	ATHLET-Modell für den Reaktor Phénix	143
6.3.2	Der Phénix-Dissymmetric-Test	145
6.4	AP 4.4: Kopplung OpenFOAM mit Systemcodes	149
6.4.1	Test des Gittergenerierungstools snappyHexMesh	150
6.4.2	Gekoppelte ATHLET-OpenFOAM-Simulation des natriumgekühlten Reaktors Phénix	153
6.4.3	Implementierung eines Turbulenzmodells für Strömungen mit niedrigen molekularen Prandtl-Zahlen	173
7	AP 5: Beteiligung an EU-Projekten ESNII+ und MAXSIMA.....	181
7.1	AP 5.1: ESNII+ (bis 31.08.2017)	181
7.3	AP 5.2: MAXSIMA (bis 31.10.2016)	186
8	AP 6: Mitwirkung am IAEA Fast Reactor Knowledge Preservation (FRKP) Portal.....	187
8.1	Das Fast Reactor Knowledge Organization System (FR-KOS) der IAEA	187
8.2	Beispiel für das Autotagging einer wissenschaftlichen Publikation	192
9	Zusammenfassung	195
9.1	Reaktorphysik zur Sicherheitsbewertung schneller Systeme	195
9.2	Entwicklung thermostruktueller Rückwirkungsmodelle.....	196
9.3	Sicherheitsaspekte bei Partitionierung und Transmutation.....	197

9.4 Thermohydraulik zur Sicherheitsbewertung schneller Systeme 198

9.5 Fast Reactor Knowledge Preservation (FRKP) Portal 200

Literaturverzeichnis..... 201

Abbildungsverzeichnis..... 213

Tabellenverzeichnis..... 221