

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung..... I

Abstract..... III

Inhaltsverzeichnis..... V

Einleitung 1

1 Zielsetzung..... 5

1.1 Gesamtziel..... 5

1.2 Einzelziele 5

1.3 Arbeitsprogramm 7

2 Stand der Wissenschaft und Technik und bisherige Arbeiten der GRS..... 11

3 Versagen von Primärkreiskomponenten unter fokussierten und asymmetrischen Belastungen 15

3.1 Systematische Erfassung potenzieller Versagensorte entlang der DfU.... 15

3.2 Rohrleitungen unter asymmetrischen thermischen Belastungen..... 19

3.2.1 Radialer Temperaturgradient 19

3.2.2 Azimutaler Temperaturgradient..... 21

3.2.3 Axialer Temperaturgradient 22

3.3 Rohrleitungen mit komplexen Geometrien 24

3.3.1 Stutzen und geometrische Diskontinuitäten 24

3.3.2 Rohr mit Abzweigungen und Versteifungen 25

3.3.3 Krümmer und komplexe Netzwerke 27

3.4 Exemplarische Analyse einer Verbindungsflansch..... 28

3.4.1 FE-Modell 28

3.4.2 Ergebnisse..... 33

4 Versagen des RDB unter fokussierten und asymmetrischen Belastungen 39

4.1	Durchführungen	39
4.2	Instrumentierungen mit Invertierung der Druckbarriere	40
4.3	Nachrechnung zum Versuch OLHF-4	43
4.3.1	FE-Modell	43
4.3.2	Ergebnisse und Vergleich	46
4.4	Internationale Aktivitäten zur mechanischen Integrität bei IVMR.....	48
5	Versagen vorgeschädigter Komponenten	51
5.1	Übersicht über relevante Komponenten.....	51
5.2	Geschädigte Dampferzeugerheizrohre	52
5.2.1	Bestimmung von Kurzzeitkriechdaten zu Alloy 800 (mod.).....	52
5.2.2	Bewertungsmethoden aus der Literatur	56
5.2.3	Methode basierend auf vorausberechneter Matrix	58
5.3	Überlegungen zum Verlauf der Leckgröße in Komponenten	61
5.3.1	Experimente zum Rissverhalten bei hoher Temperatur.....	61
5.3.2	Bestehende und unfallauslösende rissartige Lecks.....	66
5.3.3	Lecks nach Komponentenversagen unter Unfallbelastungen.....	69
6	Methodik zur Sensitivitäts- und Unsicherheitsanalyse.....	73
6.1	Motivation und Vorgehensweise	73
6.2	Vorüberlegungen und Sammlung von Daten	74
6.2.1	Vorgelagerte Unsicherheiten	75
6.2.2	Fehler und Unsicherheiten im Modell.....	76
6.2.3	Unsicherheiten in Eingabedaten und Randbedingungen.....	80
6.3	Realisierung einer Kopplung zwischen SUSANA und ASTOR.....	81
6.3.1	Hintergründe der gekoppelten Programme	81
6.3.2	Erstellung eines Hilfsprogramms	82
6.3.3	Ablauf einer gekoppelten Rechnung	83
6.4	Erprobung der Kopplung anhand beispielhafter Analyse.....	87
6.4.1	Annahmen zur statistischen Verteilung von Eingabeparametern	87
6.4.2	Ergebnisse.....	91
7	Weiterentwicklung des Programms ASTOR	95

7.1	Historie und Anwendungsbereich	95
7.2	Weiterentwicklung von Funktionalität und Schnittstellen	96
7.2.1	Modularisierung von Datenbasis und Bewertungsmethoden.....	96
7.2.2	Weiterentwicklung der Schnittstellen.....	98
7.2.3	Plausibilitätsprüfung.....	99
7.2.4	Weitere Querschnittsarbeiten.....	100
7.3	Weiterentwicklung des Qualitätssicherungskonzepts.....	100
7.3.1	Regulativer Rahmen	100
7.3.2	Qualitätsanforderungen	101
7.3.3	Verifizierung.....	103
7.3.4	Validierung.....	104
7.4	Implementierung analytischer Methoden	105
8	Anwendung der Methoden zum Komponentenversagen.....	109
8.1	Analytische Vorüberlegungen zur Schnittstelle Fluid/Struktur	109
8.1.1	Einfluss von Wärmeleitung und Wärmeübergang	109
8.1.2	Einfluss der thermischen Trägheit.....	115
8.1.3	Einfluss der Verformungsenergie	120
8.2	Übertragung von Lasten auf die Struktur	121
8.3	Anwendung für ein exemplarisches Unfallszenario	122
9	Ergebnisse der OECD/NEA Aktivität COSSAL.....	125
9.1	Hintergrund und bisherige Aktivitäten	125
9.2	Benchmark zu DWR Komponenten	125
9.2.1	Problemstellung	125
9.2.2	Ergebnisse und Vergleich	128
9.2.3	Schlussfolgerungen	132
9.3	Benchmark zu SWR Komponenten	133
9.3.1	Problemstellung.....	133
9.3.2	Ergebnisse und Vergleich	137
9.3.3	Schlussfolgerungen	145
9.4	Ergebnisse des Abschlussworkshops	146

10 **Zusammenfassung und Ausblick..... 151**

Literaturverzeichnis..... 157

Abkürzungen..... 169

Abbildungsverzeichnis..... 173

Tabellenverzeichnis..... 177