

Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung.....	I
	Abstract.....	III
1	Einleitung	1
2	Generierung einer Datenbasis zur Brennelementverformung.....	3
2.1	Übersicht zu Brennelementen.....	3
2.2	Datensammlung zu aktuellen DWR- und SWR-BE-Typen verschiedener Hersteller	5
2.2.1	DWR-BE	6
2.2.2	SWR-BE	16
2.2.3	Werkstoffe	23
2.2.4	Stand des Wissens und der Technik zu ATF-Hüllrohren.....	25
3	Ursachen der Brennelementverformung und Verbindungen zur beobachteten Zunahme des Neutronenflussrauschens	37
3.1	Statische Brennelementverformungen	37
3.1.1	Beobachtungen und Korrelationen.....	37
3.1.2	Mechanismen	40
3.1.3	Modelle in der Literatur	43
3.2	Dynamische Brennelementschwingungen als möglicher Teil der Erklärung erhöhter Neutronenflussrauschsignale.....	46
3.2.1	Beobachtungen und Korrelationen.....	46
3.2.2	Argumente für eine fluidinduzierte Schwingung als Ursache.....	56
3.2.3	Hypothesen zur Entstehung der fluidinduzierten Schwingung.....	60
3.3	Kausalitätsbeziehungen zwischen beiden Phänomenen.....	71
3.4	Diskussion und Bewertungsgrößen für BE-Designs	72
4	Auswirkungen großer Brennelementverformungen auf Auslegungsreserven im Normalbetrieb und bei Störfällen.....	75
4.1	Auswahl betroffener Nachweiskriterien	75
4.1.1	Nachweiskriterien nach KTA 3101.3	75

4.1.2	Kompatibilität, Lage des Brennstoffs und Brennstablagerung	77
4.1.3	Festigkeit der Brennelementstruktur	78
4.1.4	Steuerelementeinfall und daraus resultierende Belastungen	80
4.2	Analyse der Auswirkungen großer Verformungen auf die Festigkeit der Führungsrohre im Normalbetrieb	83
4.2.1	Verformungen auf Brennelementebene	83
4.2.2	Spannungen auf Führungsrohrebene	87
4.2.3	Ermüdung und dynamisches Verhalten	92
4.3	Analyse der Auswirkungen auf den Steuerelementeinfall.....	94
4.3.1	Modellerstellung	95
4.3.2	Ergebnisse zum Einfluss des Verformungsgrads.....	108
4.3.3	Zusammenfassung und Ausblick	118
4.4	Diskussion und Akzeptanzkriterien für Verformungen.....	119
5	Entstehung von Schäden an Brennelementen und angrenzenden Kernbauteilen.....	121
5.1	Problemstellung.....	121
5.1.1	Beobachtungen und Motivation.....	121
5.1.2	Übersicht über Schädigungs- und Verschleißmechanismen	122
5.1.3	Annahmen zu Verschleißvolumen und Gleitdistanz	126
5.2	Relevanz einzelner Schädigungs- und Verschleißmechanismen	127
5.2.1	Adhäsion ohne und mit Verschleißpartikeln	127
5.2.2	Abrasion	130
5.2.3	Tribochemische Reaktionen und Reibkorrosion	132
5.2.4	Oberflächenzerrüttung und Aufprallverschleiß	133
5.3	Abschätzung der Verschleißfestigkeit innovativer Werkstoffe	135
5.3.1	Einführung und Beschreibung der relevanten Werkstoffe	135
5.3.2	Vergleich relevanter Werkstoffkennwerte.....	136
5.4	Zusammenfassung und Diskussion	138
6	Zusammenfassung	139
	Literaturverzeichnis.....	143

Abbildungsverzeichnis.....	161
Tabellenverzeichnis.....	167
Abkürzungsverzeichnis.....	169