

# Inhaltsverzeichnis

	<b>Kurzfassung</b> .....	I
	<b>Abstract</b> .....	V
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Wissenschaftliche und technische Arbeitsziele .....	1
1.2	Arbeitsprogramm .....	3
<b>2</b>	<b>Stand von Wissenschaft und Technik sowie bisherige Arbeiten vor Beginn des Forschungsvorhabens</b> .....	<b>9</b>
2.1	OECD/NEA BSAF-Projekt, Phase I.....	9
2.2	Deterministische Unfallanalysen der GRS für Fukushima Daiichi, Blöcke 2 und 3.....	15
2.3	Modellierung der Spaltproduktfreisetzung in die Umgebung und Rückschlüsse auf den Quellterm aus radiologischen Messdaten.....	21
<b>3</b>	<b>OECD/NEA BSAF-Projekt, Phase II</b> .....	<b>27</b>
3.1	Begleitung des OECD/NEA BSAF-Projektes – Program Review Group...	27
3.1.1	Allgemeines .....	27
3.1.2	Organisatorische Punkte.....	28
3.1.3	Wesentliche Diskussionspunkte zum Unfallablauf in Block 1 .....	30
3.1.4	Wesentliche Diskussionspunkte zum Unfallablauf in Block 2 .....	32
3.1.5	Wesentliche Diskussionspunkte zum Unfallablauf in Block 3 .....	34
3.1.6	Schlussfolgerungen aus den Diskussionen und Analysen .....	36
3.2	Aktuelle Erkenntnisse aus Inspektionen in den Anlagen – Berichte von TEPCO .....	37
3.2.1	Myonentomografische Messungen in den Blöcken 1 – 3 .....	37
3.2.2	Visuelle Inspektionen in den Blöcken 1 – 3.....	39
3.2.3	Schlussfolgerungen aus den Anlageninspektionen .....	51
3.3	Detaillierte Bewertung der Analyseergebnisse aus Phase I des OECD/NEA BSAF-Projektes.....	53

<b>4</b>	<b>Deterministische Unfallanalysen – eingesetzte Codes .....</b>	<b>55</b>
4.1	Charakteristika des Codes ATHLET-CD .....	55
4.2	Charakteristika des Codes COCOSYS .....	58
4.3	Code-Verbesserungen und aufgetretene Probleme .....	59
4.3.1	Modul AIDA – Vorgänge im unteren Plenum des RDB .....	60
4.3.2	Modul CCI – Schmelzeübertrag aus einer Reaktorgrube in einen zweiten Raum .....	62
4.3.3	Modul THY – vollständiges Fluten von Zonen .....	62
4.3.4	Modul OREST / FIPISO – Inventarberechnung .....	62
4.3.5	Code-Kopplung – Spaltprodukttransport bei kurzzeitigen thermohydraulischen Ereignissen .....	63
4.3.6	Modul SOPHAEROS – Spaltprodukttransport .....	64
4.3.7	Konsequenzen aus Code-Problemen für die Unfallanalysen im Forschungsvorhaben .....	68
<b>5</b>	<b>Deterministische Unfallanalysen – Datensätze und Ergebnisse .....</b>	<b>69</b>
5.1	Datensätze für die Blöcke 2 und 3 in Fukushima Daiichi .....	69
5.1.1	Datensatz des Reaktors – ATHLET-CD .....	69
5.1.2	Datensatz des Containments und des Reaktorgebäudes – COCOSYS ...	76
5.2	Unfallanalysen für Fukushima Daiichi, Block 2 .....	82
5.2.1	Generelle Ergebnisse .....	82
5.2.2	Detailaspekte der Unfallabläufe in der Phase der „drei Druckpeaks“ .....	97
5.3	Unfallanalysen für Fukushima Daiichi, Block 3 .....	102
<b>6</b>	<b>Rückrechnung des Quellterms – Methoden und Daten .....</b>	<b>113</b>
6.1	Überblick über das Verfahren zur Rückrechnung des Quellterms .....	113
6.2	Überblick über verwendete Messdaten .....	116
6.2.1	Messungen der spezifischen Aktivität im Boden .....	116
6.2.2	Messungen der Ortsdosisleistung .....	117
6.2.3	Messungen der Luftkonzentration .....	120
6.2.4	Wetterdaten .....	120
6.2.5	Reaktorkerninventare .....	121

6.3	Rekonstruktion der Oberflächenkontamination an Messpunkten der Ortsdosisleistung .....	121
6.3.1	Identifikation von Bodenphasen und Wolkenphasen.....	121
6.3.2	Abschätzung der Nuklidzusammensetzung und Berechnung der Oberflächenkontamination während der Bodenphasen.....	122
6.4	Rekonstruktion der Luftkonzentration an Messpunkten der Ortsdosisleistung .....	123
6.4.1	Berechnung der Ablagerung von Nukliden während der Wolkenphasen	124
6.4.2	Berechnung der Luftkonzentration .....	125
6.5	Modellierung der Ausbreitungsbedingungen zur Rückrechnung auf den Quellterm.....	127
6.5.1	Modellerweiterungen .....	128
6.6	Eingabedaten und Randbedingungen für die Simulationen.....	129
6.6.1	Lage der Messpunkte .....	129
6.6.2	Aufbereitung der Wetterdaten .....	132
6.6.3	Simulationsrandbedingungen .....	133
6.7	Rekonstruktion des Quellterms.....	135
6.7.1	Grundlegende Beziehung zwischen Wolkenstrahlung und Quellterm ....	135
6.7.2	Durchgeführte Simulationen zur Berechnung der Einflussmatrix.....	137
6.7.3	Auswertung der Einflussmatrix zur Rekonstruktion der Freisetzungen an einem Messpunkt der Ortsdosisleistung.....	142
6.7.4	Kombination der rekonstruierten Freisetzungen für ein Ensemble von ODL-Messpunkten.....	144
6.8	Vergleich mit veröffentlichten Quelltermen und Validierung .....	145
6.8.1	Vergleich mit veröffentlichten Quelltermen.....	145
6.8.2	Validierung.....	146
<b>7</b>	<b>Rückrechnung des Quellterms – Ergebnisse .....</b>	<b>147</b>
7.1	Rekonstruierte Nuklidzusammensetzung aus Bodenproben .....	147
7.2	Rekonstruktion der Bodenstrahlung und der Wolkenstrahlung an ausgewählten ODL-Messpunkten .....	150
7.2.1	Ergebnisse für den MP Haupttor.....	152
7.2.2	Ergebnisse für den MP 4 Daini .....	155

7.2.3	Verhältnis von I-132 zu I-131 in nuklidspezifischen Messungen der Luftkonzentration in Tokaimura.....	157
7.2.4	Diskussion und Folgerungen für das weitere Vorgehen .....	160
7.3	Rekonstruktion von Oberflächenkontamination, Luftaktivität und Freisetzungen an ausgewählten Messpunkten .....	161
7.4	Quelltermrekonstruktion für Fukushima Daiichi Blöcke 1 – 3 auf Basis des Ensembles von Messpunkten .....	164
7.5	Vergleich und Kombination des berechneten Quellterms mit Literaturdaten .....	168
7.5.1	Vergleich der Freisetzungsraten .....	168
7.5.2	Vergleich der akkumulierten Freisetzungen .....	171
7.5.3	Vergleich der Freisetzungsraten mit Anlagenparametern für ausgewählte Unfallphasen .....	173
7.5.4	Schlussfolgerungen aus dem Vergleich .....	179
7.6	Validierung des berechneten Quellterms .....	179
7.7	Bereitstellung der Ergebnisse im OECD/NEA BSAF-Projekt für den Vergleich mit anlagenbasierten Unfallanalysen.....	182
7.8	Vergleich des rückgerechneten Quellterms mit Ergebnissen der Quelltermanalysen.....	183
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>185</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>191</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>193</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>203</b>
	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>211</b>
<b>A</b>	<b>Optimierungsverfahren zur Bestimmung der Oberflächenkontamination.....</b>	<b>213</b>
<b>B</b>	<b>Eingabedatei ARTM.txt für die Ausbreitungsrechnungen .....</b>	<b>217</b>
<b>C</b>	<b>Metadaten der Quelltermdatei</b>	
	<b>OECD_BSAF2_GRS_WSPEEDI_combined_Fukushima_ST_rev_4_2</b>	
	<b>017_08_16.xlsx.....</b>	<b>221</b>