

Numerische Simulationen von Abfallgebinden aus der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen

Stephan Schneider

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Nukleare Entsorgung und Reaktorsicherheit (IEK-6)

Numerische Simulationen von Abfallgebinden aus der Wiederaufarbeitung von Kernbrennstoffen

Stephan Schneider

Schriften des Forschungszentrums Jülich
Reihe Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 233

ISSN 1866-1793

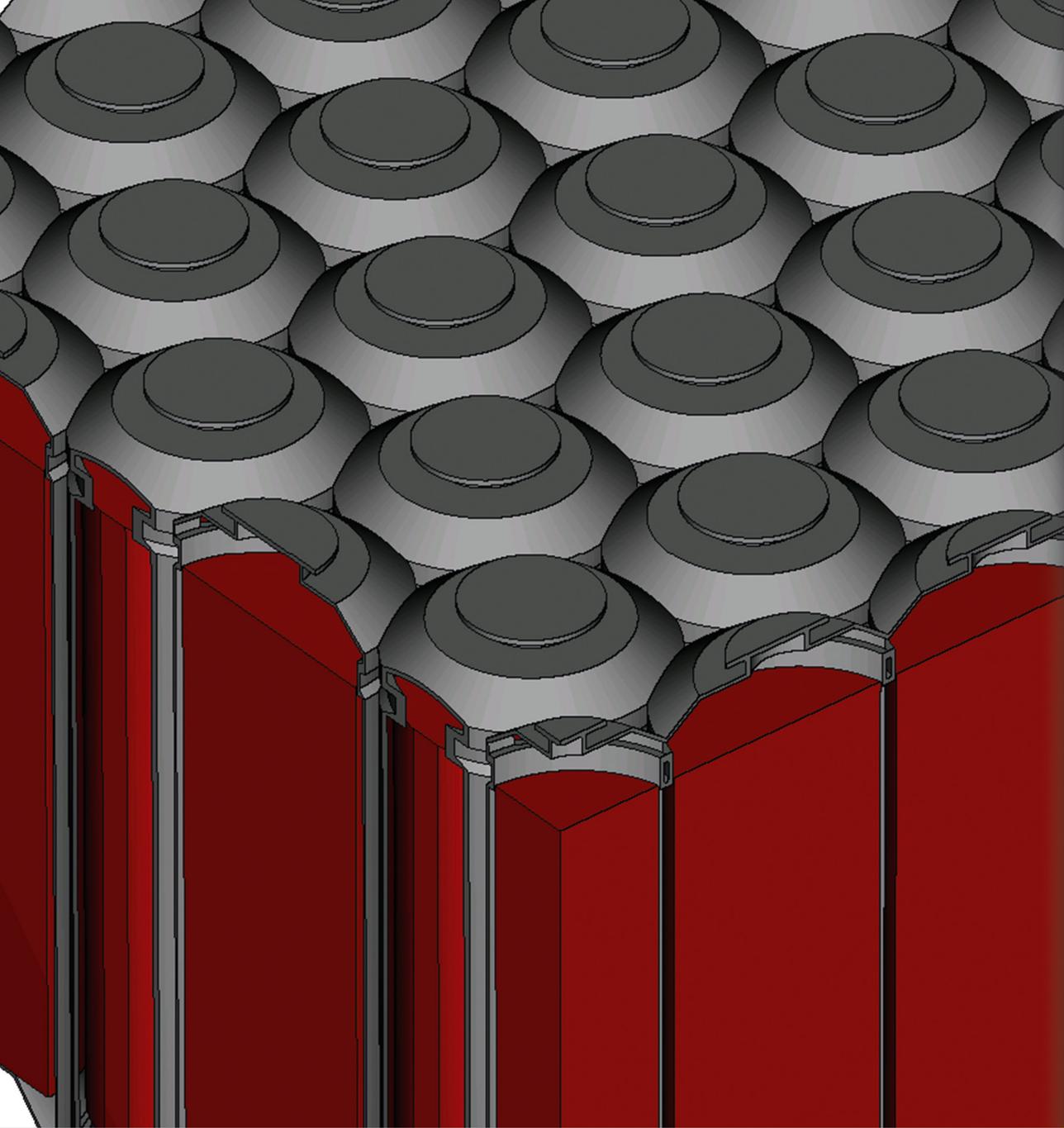
ISBN 978-3-89336-998-0

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
1.1	Kernbrennstoffkreislauf	9
1.2	Wiederaufarbeitung	13
1.2.1	Konditionierungsverfahren	15
1.2.2	Abfallströme aus der Wiederaufarbeitung	18
1.3	Qualitätskontrolle und Charakterisierung radioaktiver Abfälle	19
1.4	Zielsetzung für ein Prüfprogramm	20
2	Reaktorphysikalische Grundlagen	23
2.1	Funktionsweise eines Leichtwasserreaktors	23
2.2	Brennstoffparameter	26
2.3	Typisches Radionuklidinventar abgebrannter Kernbrennstoffe	30
3	Konzept eines Prüfprogramms	35
3.1	Zielsetzung eines unabhängigen Prüfprogramms	35
3.2	Verwendete Simulationsprogramme	38
3.2.1	Abbrandrechnung	38
3.2.1.1	Erzeugung der problemabhängigen Wirkungsquerschnitte	39
3.2.1.2	Methode der Neutronenflussberechnung	41
3.2.2	Berechnungsverfahren von ORIGEN-S	45
3.2.3	Modellierung des Teilchentransports	48
3.3	Software-Entwicklung	54
3.4	Funktionalität des Kopplungsprogramms	64
3.4.1	Berechnung der thermischen Leistung	64
3.4.2	Ermittlung einer Korrelationsfunktion	65
3.4.3	Berechnung der Radiotoxizität	67
3.4.4	Modellierung einer hypothetischen Wiederaufarbeitungsanlage	68

3.5	Begleitende Software-Entwicklung	74
3.6	Generische Modellierung von Abfallströmen	75
4	Cluster-Computing	79
4.1	Einführung Cluster-Computing	80
4.2	Logische Ebenen des Clusters	81
4.2.1	Hardware-Ebene	82
4.2.2	Aufbau und Funktion der System-Ebene	85
4.2.3	Funktion der Cluster-Ebene	87
4.2.4	Anwendungsebene	91
4.3	Leistung und Effizienz	92
4.4	Statistiken zur Clusternutzung	97
5	Validierung der Simulationsprogramme	99
5.1	Validierung der Abbrandrechnung	99
5.1.1	Synthetischer Benchmark - NEA-6227	100
5.1.2	Validierung mittlere Abbrände	106
5.1.3	Validierung Hochabbrand	109
5.2	Validierung des Teilchentransports	119
5.3	Diskussion der Validierungsrechnungen	125
6	Ermittlung der Isotopenkorrelationen	127
6.1	Darstellung der verwendeten Brennelementmodelle	129
6.2	Einfluss der Reaktorparameter	130
6.3	Abbrand und Abklingzeit	134
6.4	Actinoide und Spaltprodukte	143
6.5	Bewertung der Korrelationsmethodik	147
7	Untersuchung von hochdruckkompaktierten Abfallströmen	149
7.1	Modellbasierte Ableitung der Eigenschaften	149
7.2	Qualitätsmerkmale der Abfallgebinde	155
7.2.1	Neutronen- und Photonenspektren	156
7.2.2	Kritikalitätssicherheit	164
7.2.3	Nuklidinventar	166
8	Mögliche Erweiterung der BMU-Freigabe	169

8.1 Hochabbrand	170
8.2 Mischoxidbrennstoffe	172
8.3 Brennstoffhülsen aus Niob-Legierungen	174
8.4 Folgerung	175
9 Zusammenfassung und Ausblick	177
Abbildungsverzeichnis	181
Tabellenverzeichnis	185
Zusammenfassung	197
Abstract	199
Danksagung	201



Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 233
ISBN 978-3-89336-998-0

 **JÜLICH**
FORSCHUNGSZENTRUM