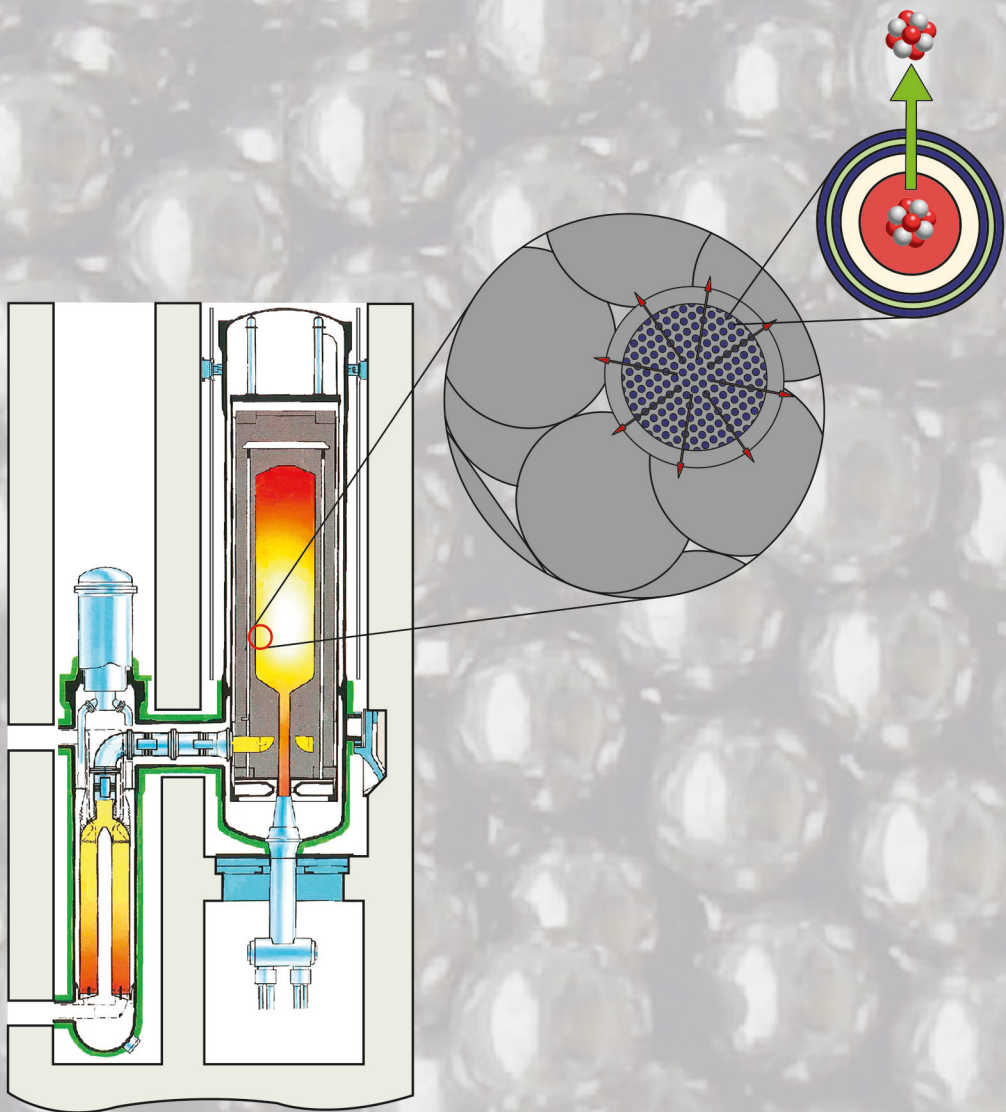




Räumlich hoch aufgelöste Modellierung des Spaltproduktverhaltens in einem HTR-Core mit kugelförmigen oder prismatischen Brennelementen

André Xhonneux

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

Räumlich hoch aufgelöste Modellierung des Spaltproduktverhaltens in einem HTR-Core mit kugelförmigen oder prismatischen Brennelementen

André Xhonneux

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

Band / Volume 243

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-020-3

Inhaltsverzeichnis

NOMENKLATUR	III
EINLEITUNG	1
1 STAND DES WISSENS	3
1.1 Spaltproduktfreisetzungsverhalten eines HTR	3
1.1.1 Freisetzung aus Partikeln und Brennelementen	3
1.1.2 Staubgebundene Freisetzung aus dem Core	5
1.1.3 Auslegung des Referenzbrennelements	5
1.2 Reaktorkonzepte und Auswahl der modellierten Referenzanlagen	6
1.3 Freisetzungsrelevante Nuklide	13
1.4 Existierende Programme zur Spaltproduktfreisetzung kugelförmiger Brennelemente	15
1.4.1 FRESCO-I	15
1.4.2 FRESCO-II	16
1.4.3 PANAMA	21
1.4.4 SPATRA	23
1.5 Anwendung existierender Programme auf Compacts	24
1.6 Zielsetzung der Arbeit	27
2 PROGRAMMSYSTEM STACY	29
2.1 Entwicklung von STACY aus existierenden Einzelprogrammen	29
2.2 Verifikation von STACY an den Einzelprogrammen	31
2.3 Vergleich mit in Heiztests gemessenen Freisetzungsraten	32
2.4 Einbindung in das HTR Code Package	37
2.5 Modellerweiterungen in STACY	38
2.5.1 Berechnung des Temperaturprofils im Brennstoffpartikel	38
2.5.2 Berücksichtigung des Temperaturprofils im Brennelement	42
2.5.3 Verwendung des realen Nuklidinventars	48
2.5.4 Einbeziehung realer Schichtdickenverteilungen in die Bruchanteilrechnung	57
2.5.5 Verwendung der Realgasgleichung	65
2.5.6 Erweiterung von STACY auf zylinderförmige Compacts	67
3 ENTWICKLUNG EINES MODELLS ZUR RÄUMLICH AUFGELÖSTEN SPALTPRODUKTFREISETZUNGSRECHNUNG	75
3.1 Einführung in die räumlich aufgelöste Spaltproduktfreisetzung	75
3.2 Core-Auslegung mit VSOP	77
3.3 Modellierung des Brennstoffmanagements	81
3.3.1 Anwendung eines erweiterten Stromröhrenmodells in STACY	82
3.3.2 Entwicklung eines neuen Kugelfließmodells	90
3.4 Abbrandrechnung mit TNT	104
3.4.1 Berechnung der Nuklidinventare	105
3.4.2 Ermittlung der thermischen Brennelementleistung	108
3.4.3 Berücksichtigung der räumlichen Selbstabschirmung	113
3.5 Bestimmung der Gesamtfreisetzungsrate eines Kugelhaufencores	116
3.6 Simulation der Spaltproduktablagerung auf Reflektoren	118
3.7 Umverteilung der Spaltprodukte mit dem Kühlgas	121
3.8 Freisetzungsrechnung bei HTR mit prismatischen Brennelementen	124

4	HTR-MODUL-ANLAGENRECHNUNG	127
4.1	Berechnung des Gleichgewichtscores und Temperaturen im Druckentlastungsstörfall	127
4.1.1	Berechnung des Gleichgewichtscores.....	127
4.1.2	Berechnung der Brennelementtemperaturen in der Kernaufheizphase nach DLOFC.....	136
4.2	Spaltproduktfreisetzungsrechnungen	141
4.2.1	Verwendeten Daten	141
4.2.2	Spaltproduktfreisetzung des Gleichgewichtscores	145
4.2.3	Spaltproduktfreisetzung in der Kernaufheizphase nach DLOFC	151
4.3	Spaltproduktfreisetzung bei Auslegungsvariationen des HTR-Modul.....	160
4.3.1	Variation der nominellen Durchlaufzahl	160
4.3.2	Erhöhung des Zielabbrands.....	166
5	HTTR-ANLAGENRECHNUNG	169
5.1	Neutronentransport- und Abbrandrechnung mit Serpent	169
5.2	Räumlich aufgelöste Freisetzungsrechnung	173
5.3	Vergleich der Ergebnisse mit früherer Studie.....	178
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	185
7	QUELLENVERZEICHNIS	189
	ANHANG	201



Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 243
ISBN 978-3-95806-020-3

