



## Transmutation von Transuranen in einem gasgekühlten beschleunigergetriebenen System

Klaus Hendrik Biß

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK)  
Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEK-STE)

# **Transmutation von Transuranen in einem gasgekühlten beschleunigergetriebenen System**

Klaus Hendrik Biß

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

Band / Volume 217

---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-89336-964-5

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Transmutation</b>	<b>3</b>
2.1	Gefährdungspotential radioaktiver Stoffe . . . . .	3
2.2	Brennstoffkreisläufe . . . . .	9
2.2.1	Offener Brennstoffkreislauf . . . . .	9
2.2.2	Wiederaufarbeitung . . . . .	9
2.2.3	Partitioning & Transmutation (P&T) . . . . .	10
2.2.4	Kombinierte Verfahren . . . . .	13
2.3	Nukleare Prozesse . . . . .	15
2.3.1	Kernphysikalische Grundlagen . . . . .	15
2.3.2	Neutronenphysikalische Kenngrößen . . . . .	21
2.4	Transmutationssysteme . . . . .	25
2.4.1	Kritische Systeme . . . . .	25
2.4.2	Unterkritische Systeme . . . . .	26
<b>3</b>	<b>Softwareprogramme</b>	<b>29</b>
3.1	Monte-Carlo-Code MCNPX . . . . .	30
3.2	Nukleare Daten . . . . .	33
3.3	Abbrandberechnung . . . . .	36
3.4	Kopplungsprogramme . . . . .	38
3.5	Endlagerrelevante Größen . . . . .	43
<b>4</b>	<b>Modellentwicklung</b>	<b>45</b>
4.1	Literaturrecherche . . . . .	45
4.2	Modellbildung von AGATE . . . . .	49
4.3	AGATE-Spallationstarget . . . . .	51
<b>5</b>	<b>Entwicklung des Betriebskonzepts</b>	<b>57</b>
5.1	Testphase . . . . .	57
5.1.1	Beladung mit MOX-Brennstoff . . . . .	57
5.1.2	Teilbeladung mit TRU-Brennstoff . . . . .	60
5.2	Betriebsphase . . . . .	62
5.2.1	Referenzkern . . . . .	62
5.2.2	Gleichgewichtskern . . . . .	64
5.2.3	Shuffling . . . . .	66
5.3	Simulation des Betriebsverhaltens . . . . .	71
<b>6</b>	<b>Transmutationsverhalten</b>	<b>77</b>
6.1	Brennstoffkonzepte in einer Magnesiumoxidmatrix . . . . .	79
6.1.1	Brennstoffvariante PuMA . . . . .	79
6.1.2	Brennstoffvariante BRD . . . . .	90
6.1.3	Brennstoffvariante CERMET . . . . .	91
6.2	Brennstoffkonzepte in einer Thoriumoxidmatrix . . . . .	93
6.2.1	Brennstoffvariante ThPuMA . . . . .	94

---

6.2.2	Brennstoffvariante ThPu . . . . .	95
6.2.3	Brennstoffvariante ThBRD . . . . .	96
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung der Brennstoffuntersuchungen</b>	<b>99</b>
<b>8</b>	<b>P&amp;T-Bewertung</b>	<b>103</b>
8.1	Endlagerung nach einem Abbrandzyklus . . . . .	103
8.2	Abgeschlossener P&T-Prozess . . . . .	107
8.2.1	Nuklidzusammensetzung am Ende der P&T-Phase . . . . .	107
8.2.2	Endlagerrelevante Größen . . . . .	115
8.3	Dauer- und Kostenabschätzung . . . . .	121
8.4	Zusammenfassung und Diskussion . . . . .	129
<b>9</b>	<b>Fazit</b>	<b>131</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>134</b>
A.1	Ergebnisse zum Transmutationsverhalten . . . . .	134
A.2	Szenarien zur Laufzeitabschätzung . . . . .	144

**Energie & Umwelt / Energy & Environment**  
**Band / Volume 217**  
**ISBN 978-3-89336-964-5**

