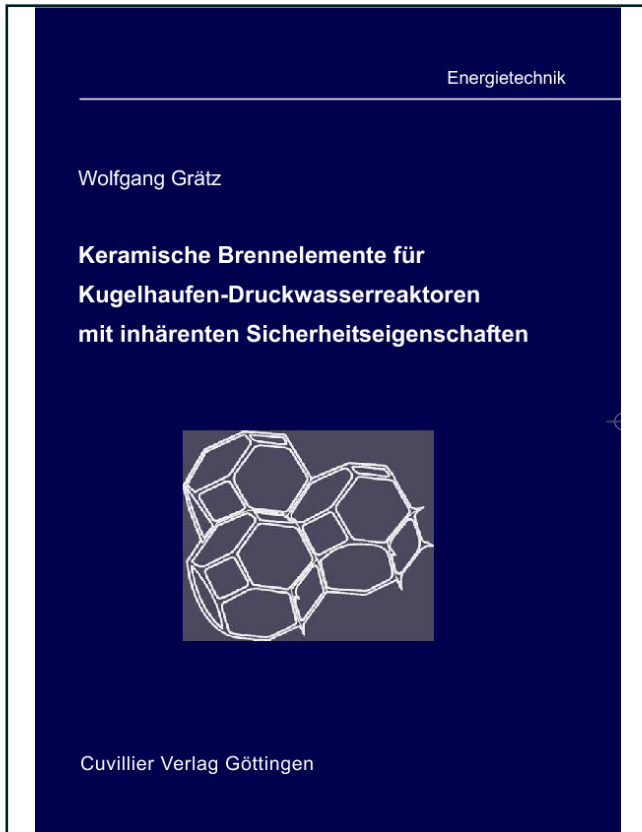




Wolfgang Grätz (Autor)
**Keramische Brennelemente für Kugelhaufen-
Druckwasserreaktoren mit inhärenten
Sicherheitseigenschaften**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/2228>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen,
Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	1
2	Entwicklungsstand und neue Sicherheitsanforderungen	3
	2.1 Kernenergie in Deutschland und weltweit.....	4
	2.2 Störfallverhalten nuklearer Anlagen und die vier Stabilitäts- kriterien	4
3	Inhärent sicheres Reaktorsystem mit keramischen Brenn- elementen	7
	3.1 Druckwasserreaktor DWR	7
	3.2 Gasgekühlter Hochtemperaturreaktor HTR	9
	3.3 D ₂ O-Kugelhaufendruckwasserreaktor PBPR	12
	3.4 Vergleich der Reaktorsysteme.....	15
	3.5 Keramische Brennelemente	19
	3.5.1 coated particles Brennstoff.....	20
	3.5.2 Stabförmige- und hexagonale HTR-Brennelemente .	21
	3.5.3 Kugelförmige Brennelemente für den HTR	22
	3.5.4 Kugelförmige Brennelemente für den PBPR.....	23
4	Ausgewählte keramische und metallische Werkstoffe	25
	4.1 Einteilung keramischer Werkstoffe	25
	4.1.1 Nichtoxidkeramische Werkstoffe	27
	4.2 Eigenschaften technischer Keramiken	33
	4.2.1 Mechanische Eigenschaften.....	33
	4.2.2 Thermische Eigenschaften.....	37
	4.2.3 Eigenschaften unter erhöhter Anwendungs- temperatur	38
	4.2.4 Neutronenphysikalische Eigenschaften.....	39

4.3 Metallische Werkstoffe.....	41
4.3.1 Aluminium Al 99,5.....	41
4.3.2 Edelstahl 1.4301	42
5 Herstellung keramischer Brennelemente mit metallischem Canning.....	45
5.1 Sintermechanismen	45
5.1.1 Sintern ohne flüssige Phase	46
5.1.2 Sintern mit flüssiger Phase	50
5.1.3 Drucksintern	52
5.1.4 Reaktionssintern	53
5.2 Keramische Schichten	53
5.2.1 Thermische Spritzverfahren	53
5.2.2 Abscheidung aus der Gasphase	54
5.2.3 Infiltrationsverfahren	54
5.3 Schlickergussverfahren.....	73
5.3.1 Herstellung von SiSiC-Bauteilen	73
5.3.2 Siliciumtransport und Infiltration	73
5.4 Laserstrahlschweißen metallischer Cannings.....	76
5.4.1 Herstellung der Halbkugelschalen	77
5.4.2 Laserstrahlschweißverfahren	79
5.4.3 Versuchsaufbau und Schweißversuche	80
6 Mechanische Stabilität kugelförmiger Brennelemente und des RDB	83
6.1 Mechanische Stabilität der Brennelemente	83
6.1.1 Vertikaler Druckverlauf in einem Reaktorcore	83
6.1.2 Druckbelastung der Brennelemente	87
6.2 Der Kugelkontakt unter mechanischer Last.....	88
6.2.1 Die wirkenden Kräfte im Kugelkontakt homogener Körper.....	88
6.2.2 Schicht- und Substrat-Verbund im Druckkontakt.....	91
6.2.3 Schicht- und Substratablösungen unter mechanischer Last.....	92
6.3 Mechanische Drucktests an SiSiC-Schichten.....	92
6.3.1 Hydraulische Testeinrichtung	92
6.3.2 Ergebnisse der Drucktests	94

6.4	Schichtablösungen durch Thermoschock.....	97
6.5	Reibungs- und Verschleißverhalten.....	98
6.5.1	Verschleißmechanismen	98
6.5.2	SSiC- und SiSiC-Reibpaarungen	99
6.5.3	Kugelfließverhalten mit metallischem Canning.....	101
6.6	Mechanische Stabilität eines vorgespannten RDB.....	102
7	Thermische Stabilität des Gesamtsystems und der Brennelemente	105
7.1	Thermische Stabilität von Reaktorsystemen	106
7.2	Thermische Stabilität der Brennelemente.....	110
8	Chemische Stabilität von Siliciumcarbidkeramiken.....	113
8.1	Korrosionsmechanismen	113
8.2	Korrosion von SiC-Polytypen.....	114
8.3	Korrosion von SiSiC in Wasserdampfatosphäre.....	118
8.4	Korrosion von SiSiC in Säuren und Laugen	119
8.5	SiSiC unter Neutronenbestrahlung	121
9	Nukleare Stabilität und nukleare Transienten des Reaktorsystems.....	125
9.1	Nukleare Stabilität des Reaktorsystems	125
9.1.1	Voidkoeffizient	126
9.1.2	Kühlmitteltemperaturkoeffizient	126
9.1.3	Brennstofftemperaturkoeffizient.....	126
9.2	Nukleare Transienten	128
9.2.1	Modellierung des Reaktorsystems für extreme Reaktivitätstransienten	128
9.2.2	Verhalten des Reaktorsystems für extreme Transienten.....	132
10	Abschließende Bewertung und Ausblick	137
11	Literaturverzeichnis	141