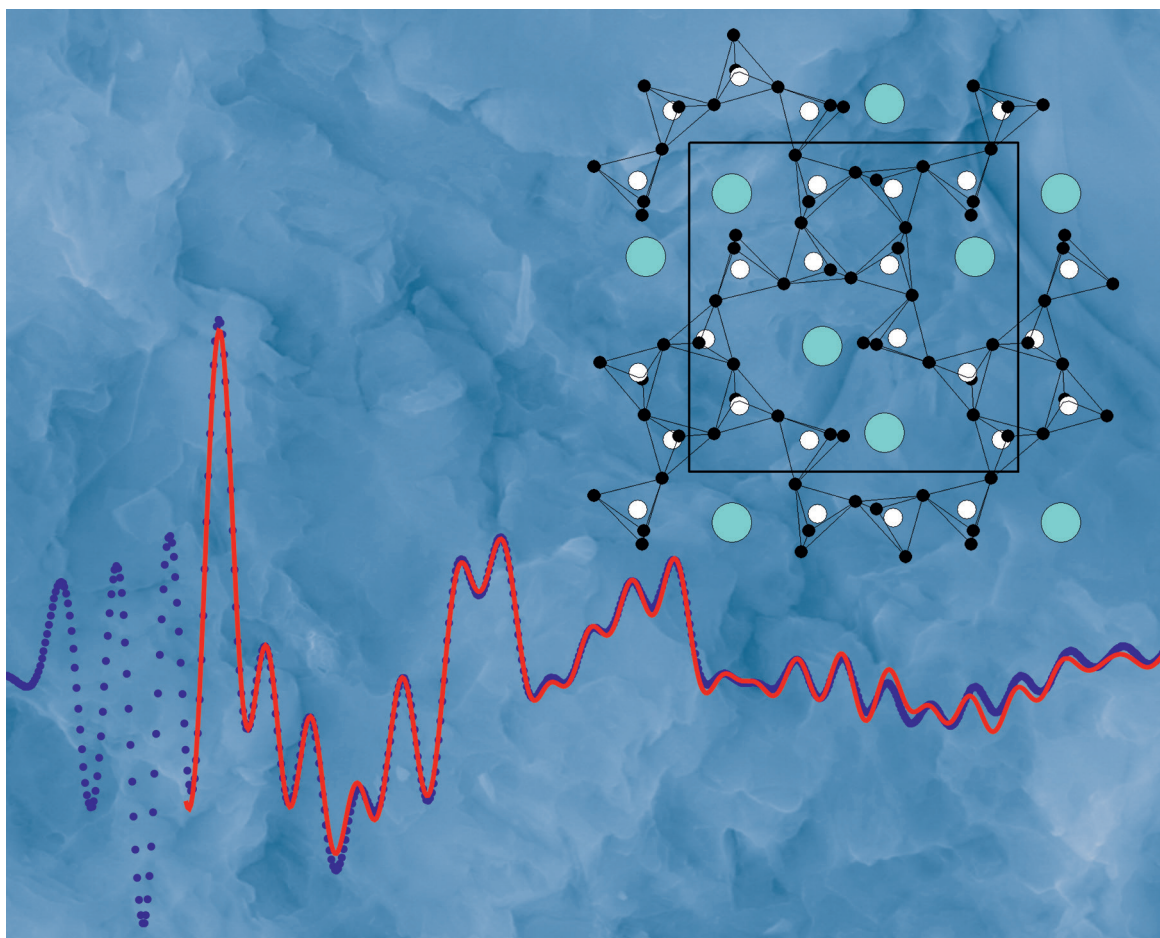




Synthese und Charakterisierung von Geopolymeren für die Entsorgung der Spaltprodukte ^{137}Cs und ^{90}Sr

Simone Katharina Weigelt

Energie & Umwelt / Energy & Environment

Band / Volume 544

ISBN 978-3-95806-559-8

Forschungszentrum Jülich GmbH
Institute of Energy and Climate Research
Nuclear Waste Management and Reactor Safety (IEK-6)

Synthese und Charakterisierung von Geopolymeren für die Entsorgung der Spaltprodukte ^{137}Cs und ^{90}Sr

Simone Katharina Weigelt

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

Band / Volume 544

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-559-8

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Wissenschaftlicher Hintergrund	5
2.1. Definition der Geopolymere	5
2.2. Geopolymer-Synthese	6
2.2.1. Ausgangsmaterialien	6
2.2.2. Allgemeine Rezeptur	7
2.2.3. Reaktionsmechanismus der Geopolymerisation	8
2.3. Struktur und Eigenschaften aluminosilikatischer Geopolymere	9
2.3.1. Makroskopische physikalische und chemische Eigenschaften	9
2.3.2. Mikrostruktur	10
2.3.3. Atomare Ordnung in Geopolymeren	11
2.4. Geopolymere in der nuklearen Entsorgung	20
2.5. Theoretische Grundlagen ausgewählter Methoden zur Materialcharakterisierung	22
2.5.1. Thermische Analysen	22
2.5.2. Rasterelektronenmikroskopie	23
2.5.3. Röntgendiffraktometrie	24
2.5.4. Schwingungsspektroskopische Methoden	28
2.5.5. Kernspinresonanzspektroskopie	29
3. Ziele der Arbeit	33
4. Material und Methoden	35
4.1. Chemikalien und Synthese	35
4.1.1. Verwendete Edukte	35
4.1.2. Rezepturen und thermische Behandlungen	36
4.2. Angewendete Analysemethoden	38
4.2.1. TG-DSC-Messungen	38
4.2.2. SEM und EDX	38
4.2.3. Röntgenfluoreszenzanalyse	39
4.2.4. XRD mittels CuK α -Strahlung	39
4.2.5. <i>Total-Scattering</i> -Experimente und PDF-Analysen	39
4.2.6. Photolumineszenz-Spektroskopie	42
4.2.7. Raman-Spektroskopie	43
4.2.8. IR-Spektroskopie	43
4.2.9. Festkörper-MAS-NMR-Spektroskopie	44

5. Ergebnisse und Diskussion	47
5.1. Charakterisierung der Metakaoline	47
5.1.1. Makroskopische und mikroskopische Eigenschaften	47
Chemische Zusammensetzung	47
Mikrostruktur	49
5.1.2. Strukturaufklärung mittels Röntgenbeugung	51
Röntgendiffraktogramme	51
Paarverteilungsfunktionen	53
5.1.3. Spektroskopische Untersuchungen der Nahordnung	57
Raman-Spektren	57
MAS-NMR-Spektren	63
5.2. Charakterisierung der Geopolymere	69
5.2.1. Makroskopische und mikroskopische Eigenschaften	69
TG-DSC	70
Mikrostruktur	72
5.2.2. Strukturaufklärung mittels Röntgenbeugung	77
Röntgendiffraktogramme	77
Paarverteilungsfunktionen	80
5.2.3. Spektroskopische Untersuchungen der Nahordnung	91
Photolumineszenz	91
Raman-Spektren	93
IR-Spektren	99
MAS-NMR-Spektren	105
6. Zusammenfassung und Ausblick	119
Anhang	125
A. Spaltprodukte ^{137}Cs und ^{90}Sr	125
B. Verwendete Chemikalien	127
C. Kristallstrukturen der Analcim-Gruppe	128
D. IR-Spektrum des Kaolins J.T.Baker	130
E. IR-Spektren-Fits	131
F. Vergleich der Synchrotron-Beamlines	134
G. PDF-Fits und Übersicht vergleichbarer Literatur-Daten	137
H. Quadrupol-Eigenschaften des ^{27}Al -Kerns	148
I. ^{27}Al -MAS-NMR-Spektren-Fits	150
Abkürzungen	163
Literatur	165

Energie & Umwelt / Energy & Environment
Band / Volume 544
ISBN 978-3-95806-559-8