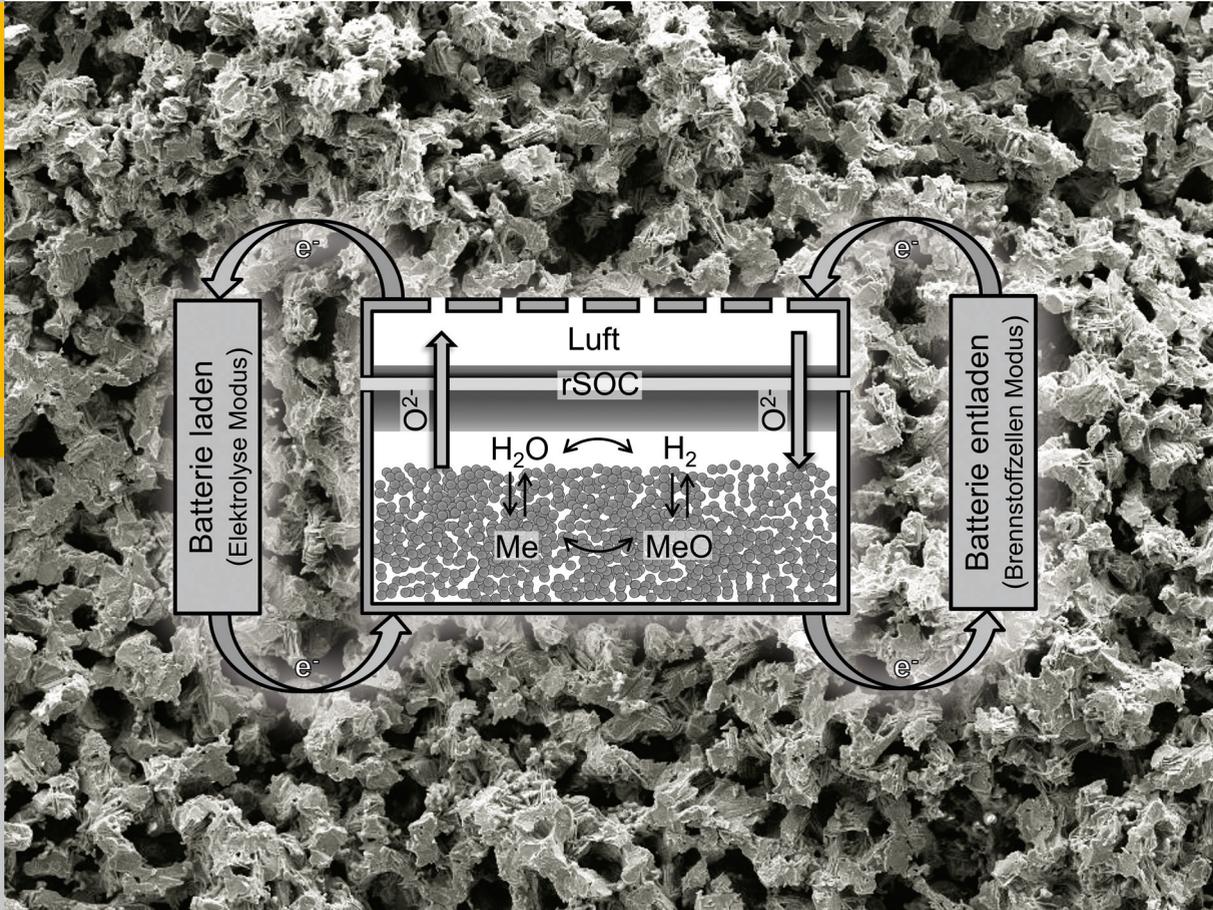


Sauerstoffspeicher für die oxidkeramische Batterie: Herstellung, Charakterisierung und Betriebsverhalten

Cornelius M. Berger



Forschungszentrum Jülich GmbH
Institut für Energie- und Klimaforschung
Werkstoffsynthese und Herstellungsverfahren (IEK-1)

Sauerstoffspeicher für die oxidkeramische Batterie: Herstellung, Charakterisierung und Betriebsverhalten

Cornelius M. Berger

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

Band / Volume 326

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-154-5

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XV
1 Einleitung und Zielsetzung	1
1.1 Aufbau der Arbeit	2
2 Stand der Technik	3
2.1 Elektrochemische Energiespeicher	3
2.1.1 Batterien	5
2.1.2 Brennstoffzellen	6
2.2 Die oxidkeramische Brennstoffzelle (SOFC)	7
2.2.1 Komponenten	8
2.2.2 Fertigung der SOFC	12
2.3 Die oxidkeramische Batterie (ROB)	12
2.3.1 Funktionsweise	13
2.3.2 Betriebsbedingungen	14
2.3.3 Der Eisen-Dampf-Prozess	16
2.3.4 Chemical Looping	17
2.3.5 Oxidation von Eisen	18
2.3.6 Reduktion von Eisenoxid	21
2.3.7 Wiederholte Redoxreaktion	22
2.4 Ableitung von Entwicklungszielen für das Speichermaterial der ROB	23
3 Theoretische Betrachtung der oxidkeramischen Batterie	25
3.1 Modellbildung	25
3.1.1 Beschreibung der Grenzfläche Elektrode-Brenngas	26
3.1.2 Kopplung der Zelle und des Speichers über den Shuttle Mechanismus	28
3.1.3 Beschreibung der Vorgänge im Speichermaterial	30
3.2 Implementierung	31
3.3 Parameterwahl	31
3.4 Simulationsergebnisse	32
4 Materialauswahl und experimentelle Methoden	39
4.1 Speichermaterialien für die ROB	39
4.1.1 Eisenoxid und $ZrO_2 / 8YSZ$	40

4.1.2	Eisenoxid und CaO / CaCO ₃	41
4.2	Ausgangsstoffe	42
4.3	Synthese der reinen CaFe ₃ O ₅ -Phase	43
4.4	Herstellung des Speichermaterials	44
4.4.1	Uniaxiales Trockenpressen	44
4.4.2	Folienguß	45
4.4.3	Extrusion	46
4.5	Sintern	46
4.5.1	Dilatometrie	48
4.6	Redoxzyklentests	48
4.7	Thermogravimetrie	49
4.8	Batterietests	49
4.8.1	Testdurchführung	50
4.8.2	Post-Mortem Analyse	51
4.9	Analysmethoden	51
4.9.1	Laserdiffraktion	51
4.9.2	Rasterelektronenmikroskopie	52
4.9.3	Konfokale Lasermikroskopie	53
4.9.4	Röntgendiffraktometrie	53
4.9.5	Mößbauer Spektrometrie	53
4.9.6	Oberflächenbestimmung	54
4.9.7	Porositätsmessung	54
5	Experimentelle Ergebnisse und Diskussion	57
5.1	Synthese von CaFe ₃ O ₅	57
5.2	Herstellung der Speichermaterialien	59
5.2.1	Formgebung	59
5.3	Charakterisierung	60
5.3.1	Sinterverhalten	60
5.3.2	Mikrostruktur	63
5.3.3	Zusammensetzung	66
5.3.4	Porosität	68
5.3.5	Oberfläche	71
5.3.6	Thermogravimetrie	72
5.4	Zyklisierung	74
5.4.1	Einfluss der Atmosphäre	74
5.4.2	Einfluss der Porosität	76
5.4.3	Einfluss der Zusammensetzung	77
5.4.4	Einfluss der Zyklenzahl	79
5.4.5	Weitere Einflussparameter	81
5.5	Batterietests	82
5.5.1	Elektrochemie	82
5.5.2	Mikrostruktur	87
5.6	Reaktionsmechanismus im Speichermaterial auf Basis von Fe ₂ O ₃ + CaCO ₃	89
5.6.1	Mößbauerspektrometrie	90

5.6.2	Thermogravimetrie foliengegossener Proben	92
5.6.3	Redoxzyklisierung	98
6	Einstufung der oxidkeramischen Batterie	101
6.1	Technologische Aspekte	101
6.2	Wirtschaftlichkeit	103
6.3	Alternative Anwendungsgebiete des Speichermaterials	104
7	Zusammenfassung	105
7.1	Ausblick	107
	Literaturverzeichnis	109
	Abkürzungen	121
	Formelzeichen & Symbole	122
A	Anhang	125
	Danksagung	129

**Energie & Umwelt /
Energy & Environment
Band / Volume 326
ISBN 978-3-95806-154-5**

