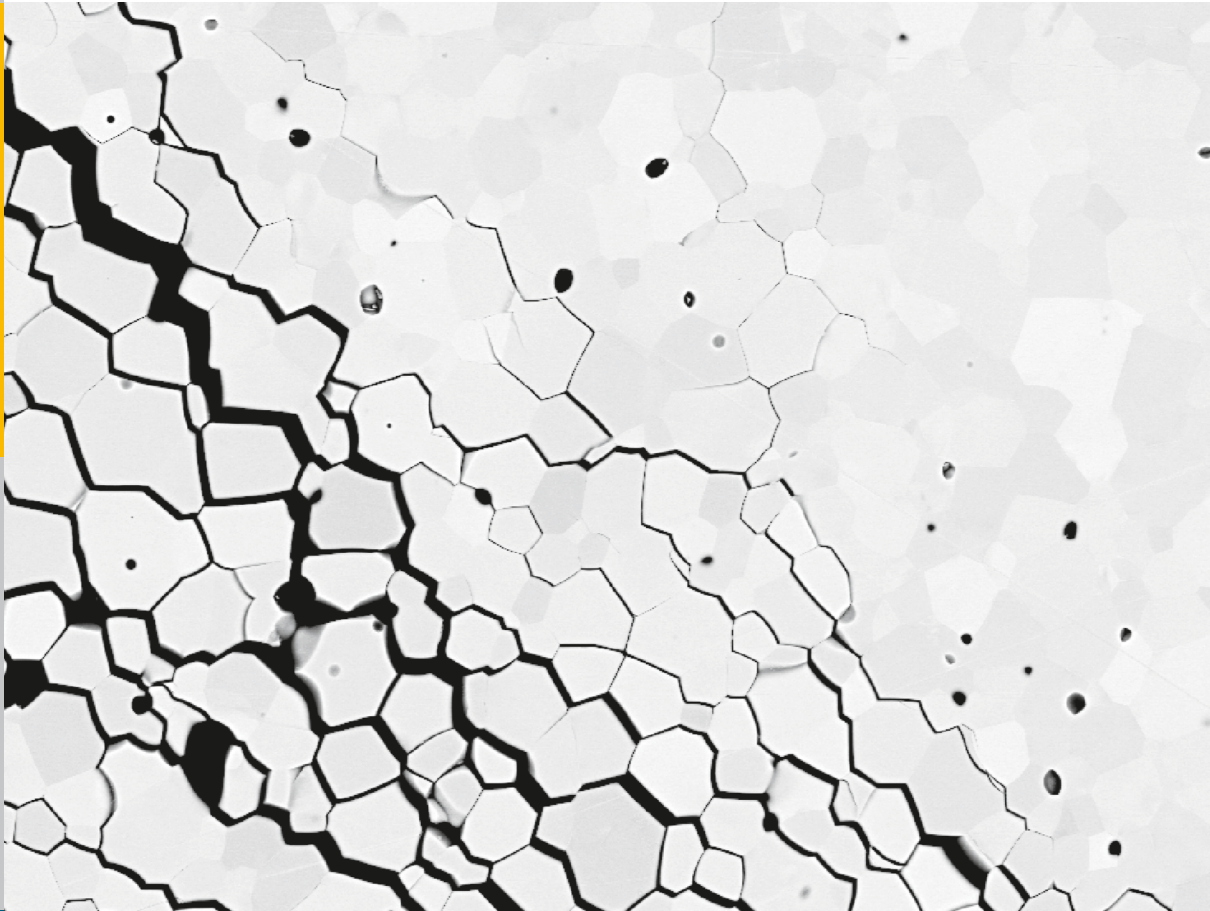


# Thermochemische Beständigkeit von keramischen Membranen und Katalysatoren für die H<sub>2</sub>-Abtrennung in CO-Shift-Reaktoren

Emanuel Michael Helmut Forster



Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft

Energie & Umwelt/  
Energy & Environment  
Band/ Volume 284  
ISBN 978-3-95806-084-5

 **JÜLICH**  
FORSCHUNGSZENTRUM

Forschungszentrum Jülich GmbH  
Institut für Energie- und Klimaforschung  
Werkstoffstruktur und -eigenschaften (IEK-2)

# **Thermochemische Beständigkeit von keramischen Membranen und Katalysatoren für die H<sub>2</sub>-Abtrennung in CO-Shift-Reaktoren**

Emanuel Michael Helmut Forster

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

Band / Volume 284

---

ISSN 1866-1793

ISBN 978-3-95806-084-5

# Inhaltsverzeichnis

<b>Kurzfassung</b> .....	<b>III</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>V</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>IX</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Motivation .....	1
1.2 Problemstellung und Zielsetzung .....	3
<b>2 Grundlagen und Kenntnisstand</b> .....	<b>5</b>
2.1 Das IGCC-Kraftwerk.....	5
2.2 Permselective Membranen .....	10
2.3 Untersuchtes Membranmaterial.....	14
2.3.1 Protonenleiter.....	14
2.3.2 Mikroporöse Membran .....	17
2.4 Katalysatoren .....	20
2.5 Bestimmung der Auslagerungsbedingungen.....	21
<b>3 Experimentelle Durchführung</b> .....	<b>27</b>
3.1 Verwendete Analysemethoden .....	27
3.1.1 Rasterelektronenmikroskopie .....	27
3.1.2 Massenspektrometrie .....	28
3.1.3 Pulverdiffraktometrie.....	30
3.2 Material- und Probenpräparation.....	31
3.2.1 Synthese der Membranmaterialien .....	31
3.2.2 Pressen von Membranmaterial .....	32
3.2.3 Sintern von Membranmaterial .....	32
3.2.4 Probenpräparation für REM/EDX .....	33
3.2.5 Herstellung der Silikamembranen .....	36
3.2.6 Synthese der Katalysatoren.....	36
3.3 Versuchsaufbauten und -durchführung .....	37
3.3.1 4-Rohr-Ofen.....	37
3.3.2 Katalysatormessstand .....	41
3.3.3 Wassergas-Shift-Reaktor für planare Membranen .....	43
3.3.4 Aufbau für tubulare Silikamembran .....	47
<b>4 Ergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>49</b>
4.1 Stabilitätsuntersuchungen der protonenleitenden Membranmaterialien .....	49

## Einleitung

4.1.1	BaCe <sub>0,5</sub> Zr <sub>0,4</sub> Y <sub>0,1</sub> O <sub>3-δ</sub> als protonenleitendes Membranmaterial .....	49
4.1.2	La <sub>5,5</sub> WO <sub>12-δ</sub> als protonenleitendes Membranmaterial .....	65
4.1.3	BaCe <sub>0,2</sub> Zr <sub>0,7</sub> Yb <sub>0,1</sub> O <sub>3-δ</sub> als protonenleitendes Membranmaterial .....	74
4.1.4	BaCe <sub>0,2</sub> Zr <sub>0,7</sub> Yb <sub>0,08</sub> Ni <sub>0,02</sub> O <sub>3-δ</sub> als protonenleitendes Membranmaterial .....	76
4.2	Thermochemische Stabilität und Aktivität von Katalysatoren .....	88
4.2.1	Thermozyklisierung der Katalysatoren .....	90
4.2.2	Stabilität der Eisenkatalysatoren gegenüber Verunreinigungen ..	95
4.3	Thermochemische Stabilität eines La <sub>5,5</sub> WO <sub>12-δ</sub> -86Fe14Cr-Systems .....	103
4.4	Silikamembran .....	109
4.4.1	Permeationsmessungen mit trockenen Gasen .....	109
4.4.2	Permeationsmessungen mit Wassergas-Shift .....	113
4.4.3	Permeationstests mit H <sub>2</sub> S und HCl-Verunreinigung .....	120
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>127</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>131</b>

**Energie & Umwelt /  
Energy & Environment  
Band / Volume 284  
ISBN 978-3-95806-084-5**

