

Schlussbericht

zu dem IGF-Vorhaben

Keramische Membrankomponenten für die Sauerstofferzeugung in Rauchgasen

der Forschungsstelle(n)

Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, IKTS,

Institutsteil Hermsdorf

Das IGF-Vorhaben 17492 BR der Forschungsvereinigung
Forschungsgemeinschaft der Deutschen Keramischen Gesellschaft e.V.
wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Hermsdorf, 13.07.2016

Ort, Datum

Robert Kircheisen

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

Abschlussbericht zum FuE-Vorhaben

IGF-Vorhaben-Nr: **17492 BR**

FuE-Einrichtung: Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien
und Systeme, Institutsteil Hermsdorf

Titel: **Keramische Membrankomponenten für die Sauer-
stofferzeugung in Rauchgasen**

Projektlaufzeit: 01. 09. 2013 bis 29. 02. 2016

Berichtszeitraum: 01. 09. 2013 bis 29. 02. 2016

Hermsdorf, den 13.07.2016

Robert Kircheisen, Tel.-Nr. 036601 / 9301 4906
Name und Telefonnummer des Projektleiters

Firmenstempel

**Fraunhofer-Institut
für Keramische Technologien
und Systeme-IKTS
Michael-Faraday-Str.1
07629 Hermsdorf**



Unterschrift des Projektleiters

Inhalt

1	Zielsetzung des Vorhabens.....	4
2	Kurzfassung.....	5
3	Arbeitsschwerpunkte	8
3.1	Arbeitspaket 1: FEM-Simulation der Strömungsverhältnisse	8
3.1.1	Grundaufbau des Reaktors.....	9
3.1.2	Beschreibung des Berechnungsmodells	10
3.1.3	Ergebnisse des Berechnungsmodells.....	11
3.1.4	Fazit der FEM-Simulationen.....	14
3.2	Arbeitspaket 2: Entwicklung (CAD) eines Designs für gebündelte Kapillarstränge.....	15
3.3	Arbeitspaket 3: Entwicklung (CAD) eines Designs des Schutzrohres mit integriertem Wärmetauscher.....	16
3.4	Arbeitspaket 4: Herstellung eines pressfähigen BSCF-Granulates	18
3.5	Arbeitspaket 5: Herstellung von Anschlussplatten durch Trockenpressen und CNC-Fräsen.....	19
3.6	Arbeitspaket 6: Extrusion gebündelter Kapillarstränge aus BSCF	20
3.7	Arbeitspaket 7: Extrusion des Schutzrohres aus Al ₂ O ₃ oder MgO.....	22
3.8	Arbeitspaket 8: Sinterung / Sinterversuche der Kapillarstränge und Schutzrohre.....	25
3.9	Arbeitspaket 9: Fügen der Kapillarstränge an Anschlussplatten.....	27
3.10	Arbeitspaket 10: Leckagetests der Membrankomponenten – Gütekontrolle.....	31
3.11	Arbeitspaket 11: Umbau des Messplatzes zur Bestimmung der Sauerstoffpermeation ..	32
3.11.1	Umbau des Messplatzes zur Bestimmung der Sauerstoffpermeation an Kapillarbündeln ohne Schutzrohr	32
3.11.2	Aufbau des Messplatzes zur Bestimmung der Sauerstoffpermeation des gesamten Membranmodules mit Schutzrohr	33
3.12	Arbeitspaket 12: Bestimmung der Sauerstoffpermeation bis 900 °C im Labormaßstab .	34
3.12.1	Vorabberechnung der Sauerstoffpermeation.....	34
3.12.2	Durchführung der Messungen	35
3.12.3	Messung an monolithischen Membranen.....	35
3.12.4	Messung an Kapillarmembranen	36
3.12.5	Messung an Kapillarbündeln	37
3.12.6	Vergleich zwischen den unterschiedlichen Membrangeometrien	39

3.13	Arbeitspaket 13: Applikation der Kapillarstränge in Schutzrohren sowie deren Test..	40
3.13.1	Konstruktion einer Anschlussplatte für Schutzrohr und Membran	40
3.13.2	Komplettaufbau des gesamten Membranmodules	41
4	Zusammenfassung.....	42
4.1	Ergebnisse	42
4.2	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	42
4.3	Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft	44
5	Darstellung des wissenschaftlich/technischen und wirtschaftlichen Nutzens	45
6	Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung der erreichten Forschungsergebnisse für KMU	46
6.1	Voraussichtliche Nutzung der erreichten Forschungsergebnisse in KMU	46
6.2	Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU	46
6.3	Aussagen zur voraussichtlichen industriellen Umsetzung der FuE-Ergebnisse nach Projektende.....	46
6.4	Einschätzung zur Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts.....	47
7	Förderhinweis	48

1 Zielsetzung des Vorhabens

Sauerstoff ist ein wichtiger Rohstoff und Reaktionspartner bei einer Vielzahl von technologischen Prozessen. Insbesondere die chemische, die Stahl- und Glasindustrie benötigen Sauerstoff in erheblichen Mengen. Weltweit werden jährlich ca. 200 Megatonnen Sauerstoff als Industriegas erzeugt. Die Produktion von Sauerstoff erfolgt heute durch Druckwechseladsorption (PSA - Pressure Swing Adsorption) oder durch kryogene Luftzerlegung (Linde®-Verfahren). Eine energieeffiziente Alternative zur konventionellen O₂-Erzeugung ist die O₂-Separation bei hohen Temperaturen mit gemischt leitenden keramischen Membranen (MIEC – Mixed Ionic Electronic Conductor). Die Nutzung von Abwärme aus industriellen Abgasströmen kann dabei den Energiebedarf weiter reduzieren. Allerdings enthalten Rauchgase oft Komponenten, die mit dem Membranmaterial reagieren können. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zum Schutz der Membranen.

Das wesentliche Ziel dieses Projektes ist die Nutzung von Abwärme zur Sauerstoffproduktion durch keramische Membranen. Weiterhin werden die Membranen durch ein Schutzrohr für die Anwendung im Rauchgas nutzbar gemacht. Die Abwärme aus dem Rauchgas ermöglicht so eine sehr energieeffiziente Sauerstofferzeugung. Gleichzeitig kann durch das Schutzrohr die Korrosion der Membran durch den Kontakt mit Rauchgas verhindert werden.

Durch die Kombination mit keramischen Schutzrohren wird die Membran vor korrosiven und abrasiven Einflüssen aus dem Rauchgas geschützt. Das Schutzrohr fungiert neben der Schutzfunktion auch als Wärmetauscher. Die Abwärme des Rauchgases wird so genutzt, um die Membran auf Betriebstemperatur zu bringen.