

# Kurzfassung des Schlussberichts von 28.02.2023

---

zu IGF-Vorhaben Nr. 20252 BG

## Thema

Einsatzmöglichkeiten der dezentralen Sauerstofferzeugung an Industrieöfen

## Berichtszeitraum

01.09.2018 - 30.09.2022

## Forschungsvereinigung

Forschungskuratorium Maschinenbau e.V.

## Forschungseinrichtung(en)

RWTH Aachen Institut für Industrieofenbau und Wärmetechnik – IOB

Fraunhofer-Gesellschaft e.V. Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## Kurzfassung

Die Anreicherung von Verbrennungsluft mit Sauerstoff steigert den feuerungstechnischen Wirkungsgrad und senkt durch den geringeren Brennstoffverbrauch die CO<sub>2</sub>-Emissionen. Eine dezentrale Versorgung mit Sauerstoff für kleine bis mittlere Durchsätze kann mit MIEC-Membrananlagen (MIEC – Mixed Ionic Electronic Conductor) realisiert werden, wodurch der Transportaufwand zum Endkunden und die Lagerung von Gas in Flaschen oder LOx (Liquid Oxygen) in Tanks vermieden wird.

Die Beheizung von MIEC-Membrananlagen erfolgte bisher elektrisch. In diesem Forschungsvorhaben wird die Beheizung mit vorhandener Abwärme aus Verbrennungsprozessen über einen Wärmeübertrager sowie die Verbrennung von Erdgas in einem Strahlheizrohr untersucht.

Es wurden Massen- und Energieströme für verschiedene Einsatzszenarien bestimmt und Anlagenkonzepte für die Einbindung von Sauerstoff-Membrananlagen in gasbeheizten Industrieöfen auf Basis von Einsatzszenarien entwickelt.

Die Beheizung der Membrananlagen soll bei geeigneten Prozessen durch die Nutzung der Prozessabwärme erfolgen. Sind die Bedingungen dafür nicht gegeben, kann eine Erdgasbeheizung verwendet werden. Die Auslegung der Membranbeheizung wurde für beide Optionen durch das IOB durchgeführt und präsentiert. Für die Erdgasbeheizung wird ein Rekuperatorbrenner in einem P-Strahlheizrohr verwendet, die Abwärmebeheizung erfolgt mit einem Hochtemperaturrekuperator. Das IKTS legte die Sauerstoff- und Membrananlagentechnik aus.

Ein Versuchsstand zur Abtrennung von Sauerstoff aus Luft wurde am Institut für Industrieofenbau aufgebaut und in Betrieb genommen. Das Fraunhofer IKTS stellte die Rohpulver und daraus die Membranen für den Versuchsstand her. Die Beheizungssysteme wurden beschafft und können in der Membrananlage verwendet werden.

Experimentelle Untersuchungen mit Erdgasbeheizung sind erfolgt. Die Ergebnisse sind hinsichtlich der Temperaturverteilung, den Drücken, den Geschwindigkeiten und den Stoffkonzentrationen ausgewertet und dargestellt. Die Anlage wurde hinsichtlich der Energie- und Massenbilanz analysiert. Im Verlauf der vorgenannten Untersuchungen kam es zum Defekt des Membranbesatzes. Mögliche Fehlerursachen werden diskutiert, die genaue Ursache ist jedoch nicht sicher feststellbar. Die Untersuchungen bestätigen dennoch die prinzipielle Machbarkeit einer Beheizung mit einem Strahlheizrohr. In der angewendeten Konfiguration kommt es allerdings hinsichtlich der Temperaturhomogenität zu Abweichungen, die bei zukünftigen Anwendungen durch konstruktive Anpassungen zu minimieren sind.

Es wurde eine Versuchsbrennkammer aufgebaut, um die Verbrennung mit dem produzierten Sauerstoff zu untersuchen. Der eingesetzte Brenner wurde separat untersucht. Er erfüllt die Anforderungen einer Verbrennung von Erdgas mit 21 % bis 100 % Sauerstoff bei einer Leistung von 20 kW. Dies wurde durch eine mechanische Verstellung der Sauerstofflanze realisiert. Eine Kopplung mit der Membrananlage konnte durch die Beschädigung des Membransystems nicht erfolgen. Die experimentelle Untersuchung der Abwärmenutzung wurden für die Versuchsanlage verworfen, da die verfügbare Abwärme aus der Sauerstoffverbrennung zur Beheizung nicht ausreicht.

Abschließend ist die technische und wirtschaftliche Gesamtbetrachtung durch das IKTS dokumentiert. Die Ziele des Forschungsvorhabens wurden teilweise erreicht.

Beginn der Arbeiten: 01.09.2018

Ende der Arbeiten: 30.09.2022

Forschungseinrichtungen: IOB, RWTH Aachen, Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Herbert Pfeifer  
Fraunhofer IKTS, Leiter: Prof. Dr. rer. nat. habil. Alexander Michaelis

Bearbeiter und Verfasser: Fabian Scheck, M.Sc., IOB, RWTH Aachen  
Dr. rer. nat. Ralf Kriegel, Fraunhofer IKTS Standort Hermsdorf

Vorsitzender des PA: Enrico Cresci, WS Wärmeprozessestechnik GmbH

Vorsitzender des wiss. Beirats: Dr.-Ing. Heinz-Peter Gitzinger, Elster GmbH