

# Sauerstoff-Membranen in Kleinanwendungen - ein Einstieg in die Kommerzialisierung?

R. Kriegel<sup>a</sup>, M. Schulz<sup>a</sup>, I. Voigt<sup>a</sup>, E. Sommer<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, Institutsteil Hermsdorf, Michael-Faraday-Str. 1, 07629 Hermsdorf

<sup>b</sup>Sommer-Verfahrenstechnik GmbH, Saalfeld

## Einleitung

Sauerstoff-permeable keramische Membranen trennen bei hoher Temperatur **Sauerstoff** selektiv von anderen Gasen. Der Effekt basiert entsprechend Abb. 1 auf der simultanen ionischen (Oxidionen) und elektronischen Leitfähigkeit der Materialien (**MIEC** - **M**ixed **I**onic **E**lectronic **C**onductor).

Die **O<sub>2</sub>-Membran-Separation** ist als energieeffiziente Alternative zur kryogenen Luftzerlegung für Einsparungen von Primärenergie in Verbrennungsprozessen und die CO<sub>2</sub>-Abtrennung im Kraftwerk prädestiniert. Entsprechende Pilotanlagen erfordern jedoch große Membranflächen, deren bislang weitgehend manuelle Produktion hohe Kosten verursacht. Kommerzielle Hersteller lehnen einen Einstieg in die Produktion angesichts der unsicheren Absatzprognosen derzeit noch ab.

Kleinanwendungen eröffnen die Möglichkeit, auch mit den derzeit verfügbaren hochpreisigen Produkten spezielle Nischenanwendungen zu bedienen. Insbesondere bei einer Integration in Hochtemperatur-prozesse ermöglicht die **Hochtemperatur-O<sub>2</sub>-Separation** die prozessintegrierte Erzeugung von Sauerstoff vor Ort, z.B. als **O<sub>2</sub>-Normal** für zyklische Sensor-Kalibrierungen und für reaktive Umsetzungen.

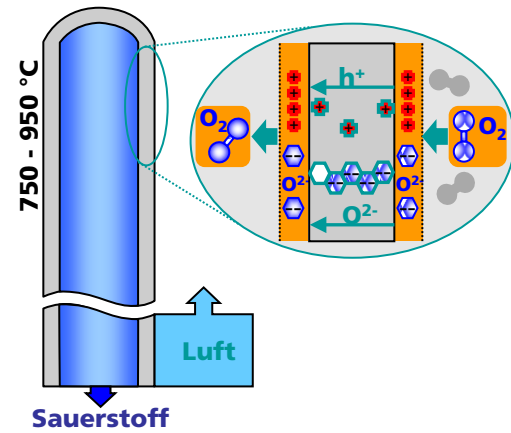


Abb. 1 Funktionsprinzip der O<sub>2</sub>-Membran

## Keramische Membrankomponenten

Am Fraunhofer IKTS in Hermsdorf werden O<sub>2</sub>-Membrankomponenten bevorzugt aus BSCF5582 gefertigt, einem Perowskit (Abb. 2) der Zusammensetzung Ba<sub>0,5</sub>Sr<sub>0,5</sub>Co<sub>0,8</sub>Fe<sub>0,2</sub>O<sub>3-δ</sub>. Dessen hohe O<sub>2</sub>-Permeation ermöglicht bereits mit vollwandigen Membranen technologisch relevante O<sub>2</sub>-Durchsätze. Der Herstellungsprozess reicht von der Pulversynthese (Abb. 3) über die Formgebung (Abb. 4) und Charakterisierung der gesinterten Membranen (Abb. 5) bis zur Fügung zu Membranmodulen (Abb. 6). Schwerpunkte der weiteren Entwicklung sind asymmetrische Membranen (dünne Trennschicht auf porösem Träger) und Mehrkanalstrukturen, die eine weitere Steigerung der O<sub>2</sub>-Durchsätze erwarten lassen.

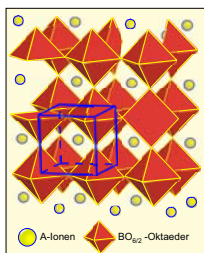


Abb. 2 Perowskitstruktur (EZ) mit O-Leerstellen



Abb. 3 Ausgangsverbindungen und keramische Rohstoffe



Abb. 4 Formgebung durch Extrusion



Abb. 5 Einseitig verschlossene Membranrohre, offene Membranrohre und Kapillaren



Abb. 6 Vollkeramisches Kapillarbündel-Modul für Kleinanwendungen

## Integration von O<sub>2</sub>-Membranen in Kleingeräte

Abb. 7 zeigt den CAD-Entwurf eines Ofens und den realen Ofen nach Einbau von einem der 7 Membranrohre. Basierend auf umfangreichen Messdaten zur O<sub>2</sub>-Permeation können damit bei 850°C im Vakuumbetrieb (50 mbar Entnahmedruck) ca. 500 Nml O<sub>2</sub>/min erzeugt werden. Abb. 8 zeigt die O<sub>2</sub>-Permeation eines dickwandigen Membranrohres im Vergleich zu einer dünnwandigen Kapillare abhängig von der Triebkraft. Die absolute O<sub>2</sub>-Permeation des dickwandigen Membranrohres ist nahezu doppelt so hoch. Normiert man jedoch auf die Membranfläche, so resultiert für die dünnwandige Kapillare etwa eine Verdreifachung der spezifischen O<sub>2</sub>-Permeation. Da im gleichen Reaktorvolumen ca. 7 Kapillaren anstelle eines konventionellen Membranrohres angeordnet werden können, ergibt sich für diesen Fall eine Steigerung des O<sub>2</sub>-Durchsatzes um den Faktor 20.

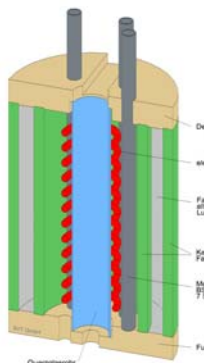


Abb. 7 CAD-Entwurf eines Ofens mit integrierter O<sub>2</sub>-Erzeugung

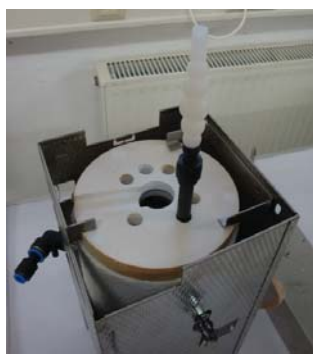


Abb. 8 Ofen mit eingebautem Membranrohr (10/8 mm, 1 von 7)

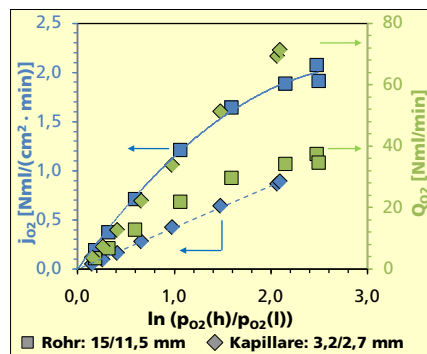


Abb. 8 O<sub>2</sub>-Permeation (850°C, Luft/Vakuum) eines Membranrohres und einer dünnwandigen Kapillare



Abb. 9 Kapillaren und Kapillarbündel-Modul (10 cm Länge)

## Zusammenfassung

Durch die Integration der O<sub>2</sub>-Erzeugung in Kleinanwendungen kann die Bevorratung von Flaschengas entfallen, die Sauerstoff-Erzeugung kann nach Bedarf erfolgen. Dies führt sowohl sicherheitstechnisch (Druckbehälter, Gasflaschenschränke) als auch hinsichtlich der laufenden Kosten (Flaschenmieten) zu deutlichen Vorteilen. Darüber hinaus können Kleingeräte mit integrierter O<sub>2</sub>-Erzeugung auch ohne hochentwickelte Infrastruktur genutzt werden. Optimierte O<sub>2</sub>-Membrankomponenten erlauben darüber hinaus eine deutliche Steigerung der O<sub>2</sub>-Permeation bei minimiertem Platzbedarf.