

Titel: Von der keramischen Membran zum Sauerstoff-Generator

Autoren: I. Voigt¹, R. Kriegel¹, F. Linnekogel²

¹Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme, IKTS, Institutsteil Hermsdorf;
ralf.kriegel@ikts.fraunhofer.de, +49(0)36601-9301-4870

²Ingenierbüro F. Linnekogel, Bad Berka; likocad@t-online.de

Tandemvortrag

Teil A (IKTS): Die weltweite Sauerstoff-(O₂)-Produktion liegt heute weltweit bei ca. $120 \cdot 10^9 \text{ Nm}^3/\text{a}$, der Großteil geht in die Stahlproduktion und die chemische Industrie (Ethylenoxid, Partialoxidation etc.). O₂ wird aber auch in vielen Kleinanwendungen benötigt (Klärwerke, Krankenhäuser, Schweiß- und Schneidtechnik Lebensmittelindustrie, Fischzucht etc.). O₂ besitzt ein immenses Anwendungspotential für die Biomassevergasung, zur Effizienzsteigerung der Verbrennung und für Oxyfuel-Prozesse. Kommerziell verfügbare O₂-Anlagen erreichen bei kleinen Durchsätzen einen Energieverbrauch von $> 0,9 \text{ kWh}_{\text{el.}}/\text{Nm}^3 \text{ O}_2$. Der hohe Energieverbrauch macht den potentiellen Nutzeffekt häufig zunichte. Eine Verringerung der O₂-Kosten würde die Anwendungsbereiche deutlich erweitern.

Ein alternatives Verfahren zur Herstellung von reinem O₂ beruht auf der Gastrennung mit gemischt leitenden keramischen Membranen (MIEC - Mixed Ionic Electronic Conductor). Vielversprechende Materialien wie BSCF (Ba_{0,5}Sr_{0,5}Co_{0,8}Fe_{0,2}O_{3-δ}) wurden am Fraunhofer IKTS erfolgreich für erste O₂-Membranalagen getestet. Es wird gezeigt, dass der Energiebedarf für O₂-Membranalagen primär von der Prozessführung abhängt. Entwickelt wird ein Vakuumprozess, der einen Energieverbrauch von $< 0,5 \text{ kWh}/\text{Nm}^3 \text{ O}_2$ erwarten lässt. Für entsprechende Anlagen sind preiswerte keramische Membrankomponenten erforderlich, die für eine Massenfertigung geeignet sind. Das IKTS setzt dabei auf die Extrusion von Kapillaren.

Eine Wirtschaftlichkeitsbewertung von O₂-Membranalagen erfolgte aufgrund der abgeschätzten Systemkosten und der Betriebskosten mittels der Kapitalwertmethode. Es zeigt sich, dass entsprechende Membranalagen bereits heute wettbewerbsfähig sind. Der Wettbewerbsvorteil steigt, wenn alternativ zur Elektrizität Gas oder Abwärme genutzt werden können.

Teil B (Liko): Aufbauend auf einem ersten Laborgerät des Fraunhofer IKTS konstruierte das IB Frank Linnekogel einen Demonstrator mit einer Sauerstoffproduktion von 170 NL O₂/h. Ein weiteres Gerät mit einer Leistung von 1500 NL/h wurde mit dem Fraunhofer IKTS für einen industriellen Auftraggeber entwickelt.

Ein niedriger Energieverbrauch des Hochtemperatur-Trennprozesses wird nur erreicht, wenn im Gesamtsystem bei dem erforderlichen mehrstufigen Wärmetausch eine hohe Wärmerückgewinnung bei niedrigen Druckverlusten realisiert werden kann. Dies resultiert in hohen Anforderungen an die Wärmedämmung, an das Gasmanagement und die Gasdichtheit des Systems. Deshalb wurden umfangreiche numerische Simulationen des Gas- und Wärmetransportes mittels des Programms Solid Works Flow Simulation durchgeführt, deren Ergebnisse in die Anpassung der Gerätekonstruktion einfließen. Die anfänglich eingesetzten rekuperativen Hochtemperatur-Wärmetauscher zeigten trotz spezieller Auslegung auf den niedrigen Luftdurchsatz unzureichende Wärmerückgewinnung, die auftretenden Druckverluste erforderten den Einsatz von Seitenkanalverdichtern. Vorversuche mit dem IKTS ergaben deutliche Vorteile für regenerative Wärmetauscher, die mit Radiallüftern betrieben werden können. Sie sind darüber hinaus einfacher an niedrige Luftdurchsätze anpassbar und ins System integrierbar. Dadurch sinken die System- und Betriebskosten, so dass erhebliche Wettbewerbsvorteile für die dezentrale O₂-Bereitstellung resultieren.

Die dezentrale O₂-Bereitstellung führt bei der O₂-Versorgung direkt zu Kosten- und Energieeinsparungen und verringert transportbedingte Umweltbelastungen. Für den kostengünstig bereit gestellten Sauerstoff eröffnen sich darüber hinaus vielfältige neue Anwendungsbereiche.