

Empfehlungen für das Feuchtmanagement eines PEM-Brennstoffzellensystems unter luftfahrttechnischen Betriebsbedingungen

F. Becker, L. Engel, C. Gentner

DLR e.V., Institut für Technische Thermodynamik – Energiesystemintegration

Im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt am Institut für Technische Thermodynamik (DLR-TT) werden u.a. Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellensystemen (PEM-BZS) für luftfahrttechnische Anwendungen entwickelt. Sie können bei der Dekarbonisierung der Luftfahrt und somit für den Klimaschutz eine wichtige Rolle spielen.

Das PEM-BZS muss auf die luftfahrttechnischen Anforderungen und veränderlichen Betriebsbedingungen abgestimmt werden, um einen performanten und stabilen Betrieb zu gewährleisten. Dabei bestehen z.T. konträre Anforderungen an das System. So soll das System über eine möglichst hohe Leistungsdichte sowie geringe Komplexität verfügen, was von passiven Systemkomponenten begünstigt wird. Dem gegenüber steht der Bedarf einer hohen Effizienz und Betriebsstabilität, die eine Regulierbarkeit und damit den Einsatz zusätzlicher Komponenten sowie Aktorik bedingt.

Insbesondere der geringe Druck und Feuchtegehalt der Umgebungsluft im Reiseflug limitieren das Leistungsvermögen sowie den Betriebsbereich eines PEM-BZS [1]. Das Betriebsverhalten des Brennstoffzellenstacks hängt dabei maßgeblich von der Feuchte der Zellmembranen ab, welche durch die Konditionierung der kathodenseitigen Gase beeinflusst wird. Durch eine zusätzliche Befeuchtung der Zuluft lassen sich bspw. höhere Betriebstemperaturen erreichen, wodurch die Wärmeabfuhr erleichtert wird.

Für die Befeuchtung kommen unterschiedliche Komponenten und Systemkonfigurationen in Frage. Die Befeuchtung des betrachteten Systems wird mit einem passiven Befeuchter gewährleistet, der das gasförmige Produktwasser des Kathodenabgases dem Eingangsgas wieder zuführen kann. Mit Hilfe eines Bypass-Ventils lässt sich der Anteil dieser Rückführung regulieren. Die folgende Abbildung zeigt den schematischen Aufbau einer der verschiedenen Systemkonfiguration, die in diesem Beitrag betrachtet wird.

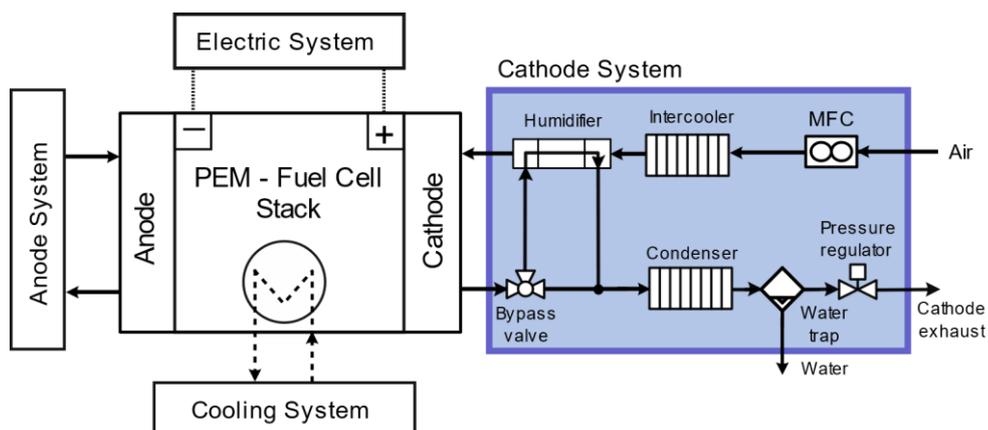


Abbildung 1: Exemplarische Systemkonfiguration des Kathodensystems eines PEM-BZS

Es wird analysiert, wie die unterschiedlichen Zustands- und Regelgrößen im Kathodensystem eines luftfahrttechnischen PEM-BZS gekoppelt sind. Weiterhin wird dargestellt wie sich einzelne Komponenten des Kathodensystems sowie deren Verschaltung und Regelung auf den Systembetrieb auswirken, um Handlungsempfehlungen für die Systementwicklung zu geben.

[1] M. Schröder, F. Becker, J. Kallo, C. Gentner, "Optimal operating conditions of PEM fuel cells in commercial aircraft", International Journal of Hydrogen Energy, vol. 46 (66), p. 33218-33240, 2021.