

Zustandsübergänge von PEM-Brennstoffzellen unter luftfahrttechnischen Betriebsbedingungen: Herausforderungen und Lösungsansätze

F. Becker, A. Amrutkar, C. Gentner

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

Um fossile Ressourcen zu schonen und die Umweltauswirkungen der Luftfahrt zu reduzieren, wird u.a. der Einsatz von wasserstoffbasierten Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellensystemen (PEM-BZS) angestrebt. Nach dem derzeitigen Stand der Technik besteht weiterer Entwicklungsbedarf hinsichtlich der Kosten sowie der Lebensdauer von Brennstoffzellen [1]. Da die Lebensdauer insbesondere bei Luftfahrtanwendungen stark mit den entstehenden Kosten zusammenhängt, müssen aufkommende Designkonflikte unter Berücksichtigung möglicher Missionsprofile analysiert und gelöst werden.

Um die Lebensdauer und Leistungsfähigkeit eines PEM-BZS zu erhöhen, ist eine stationäre Belastung sowie eine homogene Stromdichte, Temperatur- und Medienverteilung im Brennstoffzellenstapel wünschenswert. Unter diesen Bedingungen lassen sich bereits heute die geforderten 20.000 Betriebsstunden [2] eines luftfahrttechnischen Brennstoffzellensystems erreichen.

Die veränderlichen Anforderungen und Umgebungsbedingungen während einer Flugmission stellen dem gegenüber jedoch eine Herausforderung dar. Da die Betriebsparameter eines BZ-Systems (Lastwiderstände, Temperaturen, Massenströme, Drücke, Feuchtigkeit, ...) unterschiedliche Änderungsgeschwindigkeiten aufweisen, ergeben sich kritische Betriebsbedingungen bei Zustandsübergängen wie beispielsweise dem Übergang vom *Taxiing* in die *Take-Off Phase*, wenn die Parameter nicht optimiert nachgeführt werden. Dadurch kann es zu irreversiblen Degradation bis hin zum Defekt von Brennstoffzellen kommen.

Mit einer segmentierten Messplatte können die Stromdichte und die Temperaturverteilung in einer Brennstoffzelle gemessen werden, um damit den Einfluss von Zustandsübergängen auf das Betriebsverhalten einer Brennstoffzelle näher zu untersuchen. Die entsprechenden Ergebnisse können dazu genutzt werden, erwünschte und unerwünschte Kombinationen von Betriebsparametern und deren Zeitverhalten eingehend zu identifizieren, was die Weiterentwicklung von Betriebsstrategien für luftfahrttechnische PEM-BZS ermöglicht.

In diesem Beitrag wird anhand messtechnischer Untersuchungen an einem PEM-BZS mit segmentierter Messplatte diskutiert, wie sich die Anforderungen und Umgebungsbedingungen bei unterschiedlichen Flugphasen und den einhergehenden Zustandsübergängen auf den Systembetrieb auswirken und mit welchen Maßnahmen ein möglichst schonender sowie effizienter Betrieb ermöglicht wird. Weiterhin werden Mitigationsstrategien vorgestellt, mit denen kritische Betriebsbedingungen vorgebeugt werden können.

- [1] T. Hoff, F. Becker, A. Dadashi, K. Wicke und G. Wende, „Implementation of Fuel Cells in Aviation from a Maintenance, Repair and Overhaul Perspective,“ *Aerospace*, Bd. 10, p. 23, 26 December 2022.
- [2] „FCH 2 JU - MAWP Key Performance Indicators (KPIs),“ [Online]. Available: https://www.clean-hydrogen.europa.eu/knowledge-management/strategy-map-and-key-performance-indicators/fch-2-ju-mawp-key-performance-indicators-kpis_en.