

FCircular

Improved Circularity of PEM-FC Stacks and Systems for Heavy Road Vehicles and Short- to Medium-range Aircraft

Frank Mair
AVL List GmbH
Wien, am 30.01.2025


Kurzdarstellung der Konsortialpartner (1)

- **AVL List GmbH (Konsortialführer)**




- Teil der FTI-Roadmap-Definition „Kreislauffähige Transformation der Mobilitätsindustrie“ und der Expert Group „Kreislaufwirtschaft-Fortschrittsdialog“
- Leitung des Hydrogen Europe Technical Committee 5 „Industry für Cross-Cutting“ inkl. Nachhaltigkeit
- **Aufgaben im Projekt:**
 - Stakeholder-Management
 - Entwicklung einer Methodik für die simulationsgestützte Bewertung der Nutzungsdauer von PEM-BZ-Systemen für NFZ- und Luftfahrtanwendungen
 - Untersuchungen zur Steigerung der Kreislaufwirtschaftsfähigkeit von BZ-Systemen

Kurzdarstellung der Konsortialpartner (2)

- **SYRION**  **SYRION**
 - Mitglied der Strategiegruppe Luftfahrt des Mobilitätsclusters ACstyria
 - **Aufgaben im Projekt:**
 - Operatives Projektmanagement; Kommunikation & Disseminierung
 - Anforderungs-Architektur & -Monitoring; Unterstützung in Analyse und Bewertung von KLV-Methoden, (Re-)Design und 2nd-Life-Anwendungen für PEM-BZ
 - Wirtschaftliche Evaluierung inkl. Identifikation von Geschäftsmodellmustern/-ansätzen

Kurzdarstellung der Konsortialpartner (3)

- **TU-Graz, Institut für Chemische Verfahrenstechnik und Umwelttechnik** 
 - Kompetenzen im Bereich PEM-BZ-Elektrochemie speziell in Bezug auf BZ-Schädigungen
 - Testen von BZ unter verschiedensten Bedingungen
 - **Aufgaben im Projekt:**
 - Erstellung anwendungsrelevanter Stresstests
 - In- und ex-situ-Charakterisierung der Brennstoffzellen
 - Erstellung von „End-of-1st-Life“ / „Begin-of-2nd-Life“ Kriterien

Ziele des Projekts (1)

- **Übergeordnetes Ziel**
 - **„Verbessertes kreislauffähiges Produktdesign von PEM-BZ für Fahrzeuge des Heavy-Duty-Sektors (On- und Off-Road) und Kurz- und Mittelstrecken-Flugzeuge“**
 - Signifikante Verlängerung der Nutzungsdauer im 1st-Life (> 30 %) und 2nd-Life (v.a. in stationären Anwendungen; +70%) → Verdoppelung der Gesamt-Nutzungsdauer
 - (Re-)Design von Diagnosesystemen und verbesserte (Mehrfach-)Reparierbarkeit von BZ-Systemen
 - Vertieftes Knowhow zu Rohstoffverfügbarkeit, Beschaffungslogistik, Recyclingfähigkeit und -raten von Bauteilen und Einsatz von Sekundärmaterialien
 - Konzept für einen künftigen BZ-Produktpass
 - Ableitung von innovativen Geschäftsmodellen

Ziele des Projekts (2)

- **Reduzierte Membrandegradation + Verlängerte Nutzungsdauer (1st Life)**
 - Umfassende, räumlich und zeitlich hoch-aufgelöste BZ-Degradations-Simulation
 - Applikation optischer Sensorik („Intelligente Bipolarplatte“)
 - Experimentelle Schädigungsquantifizierung von BZ-Membranen (chemisch/mechanisch)
- Analyse und Bewertung von Alterungsvorgängen unter realen Belastungszyklen
- verbessertes Verständnis der Anforderungen an Membranen; praktische und modellbasierte 2nd-Life-Qualifikation + Analyse der sinnvollen Reparierbarkeit von BZ
- verbessertes Produktdesign, optimierter Betrieb und um 30% verlängerte Nutzungsdauer (1st Life)

Ziele des Projekts (3)

- **Qualifikationskriterien (Eo1stL, 2nd Life) und Demonstration**
 - Erarbeitung von
 - Anforderungen und Anwendungsbereichen (min. 5; stationär und mobil) für die Weiternutzung von PEM-BZ
 - detaillierter technischer Kriterien für das End-of-1st-Life und die Weiternutzung im 2nd-Life
 - Demonstration der VERDOPPELUNG der Gesamtnutzungsdauer von BZ mittels beschleunigter Stresstests (1st-Life) und in stationärem Betrieb (2nd-Life)

Ziele des Projekts (4)

- **Verbessertes Eco-Design und zirkuläre Geschäftsmodelle (1st und 2nd Life)**
 - Erhöhung der Kreislauffähigkeit von PEM-BZ-System (min 20% im Vgl. zu Bestand)
 - Identifikation von min. 2 innovativen, zirkulären Geschäftsmodellen (1st- und 2nd-Life)
 - Detaillierte Untersuchungen betreffend
 - Rohstoffverfügbarkeit und Beschaffungslogistik
 - Steigerung des Einsatzes von Sekundärmaterialien (min +10%)
 - Recyclingfähigkeit und Recyclingraten für spezifische Bauteile
 - (Re-)Design von BZ-Stacks und entsprechender Diagnosesysteme für die (Mehrfach)Reparierbarkeit von BZ-Systemen
 - Entwicklung umfassender Handlungsempfehlungen für das Eco-Design von PEM-BZ (1st- und 2nd-Life) für den Straßen- und Luftverkehr

Arbeitsplan/Zeitplan/Umsetzung

Activity	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
AP1 Projektmanagement	[Red bar]											
AP2 Anforderungen & Anforderungs-Monitoring	[Red bar]											
<ul style="list-style-type: none"> Anforderungen betreffend Lebensdauerverlängerung und KLW-Fähigkeit von BZ-Systemen 	[Red bar]											
AP3 Kombiniert experimentell-simulationsgestützte Quantifizierung der Alterung von BZ-Stacks	[Red bar]											
<ul style="list-style-type: none"> Räumlich auflösendes, gekoppeltes mechanisches/chemisches Membrandegradationsmodell Gekoppelte experimentelle und simulationsbasierte Quantifizierung von Degradation und Alterung 	[Red bar]											
AP4 End-of-1st-Life-Kriterien & 2nd-Life-Nutzung	[Red bar]											
<ul style="list-style-type: none"> Spezifikation von Alterungs- und Degradationsparametern Erarbeitung von End-of-1st-Life Kriterien unter Berücksichtigung von KLW-Aspekten 	[Red bar]											
AP5 Verbesserung der Kreislauffähigkeit von BZ-Systemen	[Red bar]											
<ul style="list-style-type: none"> Steigerung der Kreislauffähigkeit von BZ-Systemen Potentiale von Materialien, 2nd-Life Anwendungen, Recycling 	[Red bar]											
AP6 Technische-wirtschaftliche-ökologisch („triple-bottom-line“) Evaluierung, Empfehlungen und Verwertung	[Red bar]											
<ul style="list-style-type: none"> Technische, wirtschaftliche und ökologische Evaluierung Empfehlungen für ein kreislauffähiges Produktdesign von PEM-BZ 	[Red bar]											

Angestrebte Verwertung

- Zentraler Fokus 5-LH (NFZ; 40t-Sattelzugmaschine) und S-Segment (Flugzeuge) (1st-Life), aber auch entsprechende BZ-Weiternutzung in 2nd-Life-Anwendungen
- Spezifische interne und externe Verwertung durch, u.a.,
 - **Erweiterte Leistungen** im Bereich Simulation, Entwicklung, Integration, Kalibration, Mess-Services und Kreislauffähigkeit hins. Eco-Design/Produktdesign von PEM-BZ-Systemen sowie F&E-Unterstützung und –Beratung
 - **Gemeinsames Verwertungsservice** im Bereich 2nd-Life, Sekundärmaterialien und entsprechende innovative Geschäftsmodelle
 - **Digitaler Produktpass BZ** (Grundlage)
 - **Integration in die universitäre Lehre und Ausbildung** inkl. 1 Dissertation, 3 Diplomarbeiten und min. 3 Veröffentlichungen
 - **Patente**

Kontakte

- **AVL List GmbH**
DI Frank Mair, *Project Manager Fuel Cell*
research@avl.com
- **SYRION e.V.**
Dr. Werner Rom, *Gründer und CEO*
- **TU-Graz**
Ass.Prof. Merit Bodner, *Assistant Professor at Graz University of Technology*

Anhang

Ziele des Projekts (Fragen 1)

- **Beantwortung der folgenden Forschungsfragen**
 - Inwieweit ist Knowhow und Methodiken aus anderen Anwendungen (z.B. Batterien) auf den BZ-Bereich übertragbar (technisch, wirtschaftlich, rechtlich-regulatorisch; Standards etc.)?
 - Was sind prinzipiell die möglichen 2nd-Life-Anwendungsbereiche für PEM-BZ?
 - Was sind deren Anforderungen und Rahmenbedingungen?
 - Welche konkreten Anforderungen gibt es, die PFAS-freie Materialien erfüllen müssen, um als vollwertiger BZ-Membran-Ersatz dienen zu können?

Ziele des Projekts (Fragen 2)

- **Beantwortung der folgenden Forschungsfragen**
 - Gibt es – neben der technischen Machbarkeit und dem ökologischen Nutzen – wirtschaftlich gangbare, zukunftsfähige Geschäftsmodellmuster/-ansätze für ein 2nd-Life?
 - Welche wirtschaftlichen und rechtlich-regulatorischen Voraussetzungen/Rahmenbedingungen sind für Reparatur und 2nd-Life-Anwendungen notwendig?
 - Inwieweit führt die Einführung von Eco-Design/Circular Design inkl. Verlängerung der 1st-life-Nutzungsdauer und 2nd-Life-Anwendung zu einer Minimierung des ökologischen Fußabdruckes in jeder der betrachteten Lebensphasen (Beginning/Middle/End of Life = BOL/MOL/EOL) bzw. zu einer Optimierung der Kreislauffähigkeit?