

## Mobilität der Zukunft

# FC ThermoSense

### Dynamische Steuerung und Regelung von Brennstoffzellensystemen mit virtueller Sensorik und innovativem Thermalmanagement

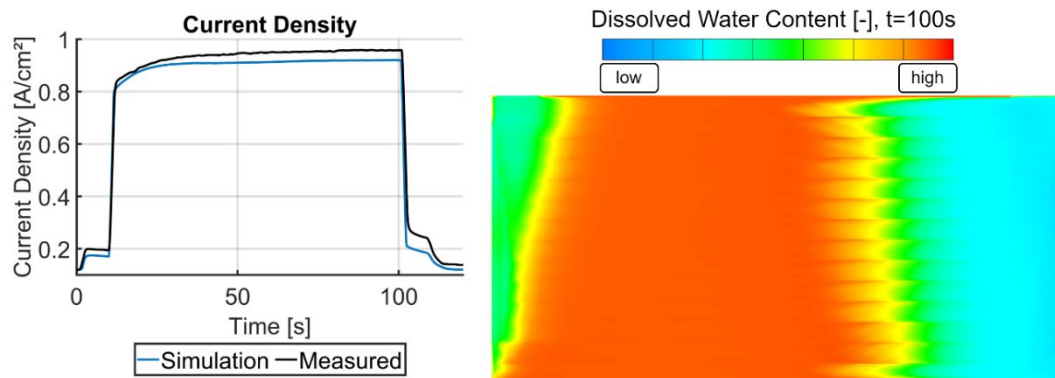
Ein Projekt finanziert im Rahmen der 11. Ausschreibung  
des FTI-Programms **Mobilität der Zukunft** durch das BMK  
*Fahrzeugtechnologien*

Das Konsortium des FFG Projekts FC ThermoSense hat sich zum Ziel gesetzt, automotive Brennstoffzellensysteme für den dynamischen Betrieb zu optimieren. Aus der Bearbeitung des Projektes ergaben sich folgende Highlights:

- (1) Der bestehende Brennstoffzellen- (BZ-) Systemprüfstand wurde regelungs- und messtechnisch (Gasanalyse) für den transienten Betrieb adaptiert bzw. erweitert. Dies ermöglichte die experimentelle Erfassung sowie Analyse des Verhaltens des BZ-Systems und bestimmter, innerer Zustände (Gaszusammensetzung) unter transienten Bedingungen sowie des Einflusses von verschiedenen Betriebsparametern auf den dynamischen Betrieb. Darauf aufbauend wurde unter anderem eine Wasserstoff-Purge-Strategie mit dem Ziel Maximierung der Effizienz sowie zur Verbesserung der Funktionalität des BZ-Systems experimentell entwickelt und bewertet. In weiterer Folge stand ein umfangreicher Messdatensatz für Parametrierungs- und Validierungszwecke der Modelle zur Verfügung.
- (2) Für die Entwicklung des echtzeitfähigen, virtuellen Sensors, wurde ein reduziertes, recheneffizientes Brennstoffzellenmodell aufgebaut. Mit geeigneten Messungen am Prüfstand konnte das Modell nachhaltig parametrierbar werden. Darauf basierend, wurde ein nichtlinearer Beobachteralgorithmus zur Schätzung der internen Zustände entwickelt. Ebendieser konnte mittels Stoffkonzentrationsmessungen bei Verwendung der Gasanalyse am BZ-Systemprüfstand erfolgreich validiert werden.
- (3) Für die Parametrierung der deutlich detaillierteren und aufwendigeren 3D-CFD BZ Modelle ist eine effiziente Methodik entwickelt worden. Dabei wird auf reduzierte Quasi-3D Modelle und numerische Optimierung von bestimmten Parametern zurückgegriffen. Mit den damit abgestimmten numerischen Modellen konnten sowohl stationäre als auch transiente gemessene Ströme und Spannungen mit geringen Abweichungen vorhergesagt werden. Mit den durchgeführten 3D-CFD-Simulationen war es ebenso möglich, die messtechnisch nur schwer zugänglichen inneren Zustände, insbesondere des Wasserhaushalts, zu visualisieren, siehe Abbildung 1. Die Selbstbefeuchtungsstrategie der Gase (Wasserstoff und Luft im

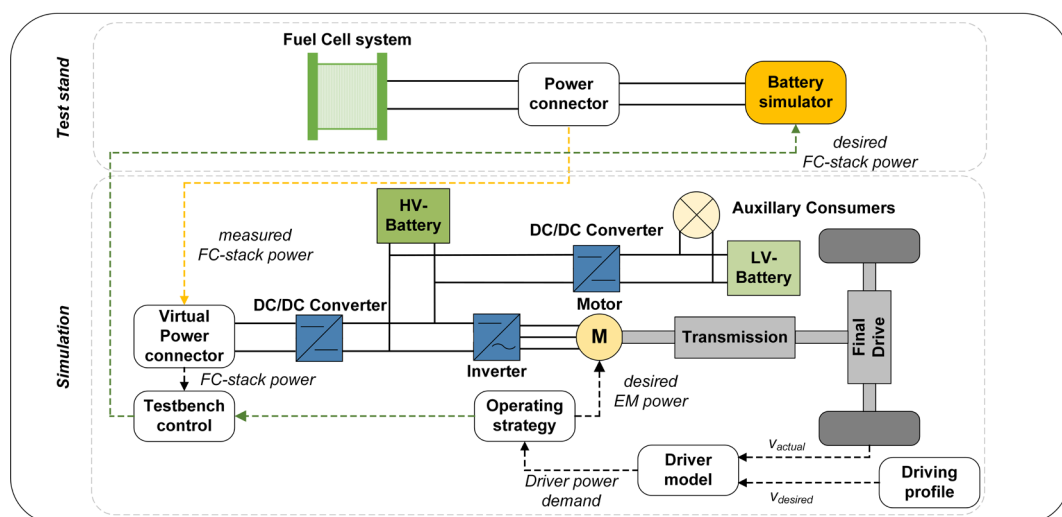
# Mobilität der Zukunft

Gegenstrom) konnte somit sichtbar gemacht und quantifiziert werden. Ebenso konnte das Bilden flüssigen Wassers in den porösen Schichten und Kanälen der BZ ermittelt werden.



**Abbildung 1: Verlauf der Stromdichte der untersuchten BZ und Verteilung des gelösten Wassers in der Membran zum Zeitpunkt t=100s, simuliert mit 3D-CFD**

(4) Für die Untersuchungen mithilfe der BZiL (BZ in the Loop) Testmethodik wurde ein echtzeitfähiges Fahrzeugmodell eines BZ-Fahrzeuges in Matlab/Simulink aufgebaut und mit dem realen BZ-Systemprüfstand gekoppelt, siehe Abbildung 2. Auf Basis des WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle) wurde eine regelbasierte und eine optimierungsbasierte Betriebsstrategie hinsichtlich eines minimalen Wasserstoffverbrauchs und reduzierter Dynamik des BZ-Systems entwickelt und evaluiert. Darüber hinaus wurde eine Auslegung des Antriebsstrangs im Speziellen der Leistung des BZ-Systems und des Energieinhalts der Traktionsbatterie mithilfe der BZiL-Testmethodik im WLTC durchgeführt.



**Abbildung 2: Schema des BZiL-Systems**

Durch die ausgewogene Kombination aus experimentellen und simulativen Untersuchungen konnte in diesem Projekt ein wertvoller Beitrag zur Diagnose, Entwicklung und zum Betrieb zukünftiger Brennstoffzellen und -systeme geleistet werden.

## Kontaktdaten:

Peter Hofmann, IFA TU Wien ([peter.hofmann@ifa.tuwien.ac.at](mailto:peter.hofmann@ifa.tuwien.ac.at))

Johannes Lackner, AVL List GmbH ([Johannes.Lackner@avl.com](mailto:Johannes.Lackner@avl.com))

Reinhard Tatschl, AVL List GmbH ([reinhard.tatschl@avl.com](mailto:reinhard.tatschl@avl.com))

Thomas Wannemacher, Proton Motor Fuel Cell GmbH ([t.wannemacher@proton-motor.de](mailto:t.wannemacher@proton-motor.de))

Christoph Hametner, IMM TU Wien ([christoph.hametner@tuwien.ac.at](mailto:christoph.hametner@tuwien.ac.at))



Institut für Fahrzeugantriebe  
& Automobiltechnik



Fuel Cells · Power Systems

INSTITUT FÜR  
MECHANIK UND  
MECHATRONIK  
Mechanics & Mechatronics

