

Emissionsfrei, leise, langstreckentauglich: Elektromobilität mit Brennstoffzellen

Prof. Dr. rer. nat. Angelika Heinzl

Dr.-Ing. Peter Beckhaus

Dr.-Ing. Jörg Karstedt

Düsseldorf, 22.11.2012





- Das ZBT – eine kurze Einführung
- Elektromobilität und Brennstoffzellen
- Fahrzeugkonzepte



- Das ZBT – eine kurze Einführung
- Elektromobilität und Brennstoffzellen
- Fahrzeugkonzepte



Zentrum für BrennstoffzellenTechnik:

- Forschung und Entwicklung in den Bereichen Brennstoffzellen-, Wasserstoff- und Batterietechnologie
- Anwendungsorientierte Forschung in enger Kooperation mit der Industrie
- Unabhängiger Entwicklungsdienstleister
- Ca. 100 festangestellte Mitarbeiter und 40 Studenten

Infrastruktur:

- 1200 m² Laborbereich
- Flexible Teststandsarchitektur mit umfangreicher Messtechnik und Analytik
- 3 Klimakammern incl. Shock/Shaker
- Erstes akkreditiertes Prüflabor für Brennstoffzellen
- 120 m² Spritzgusslabor
- Automatisierte Pilotproduktionslinie



Project supported by the European Funds for
Regional Development and the Region of North
Rhine-Westphalia, Germany

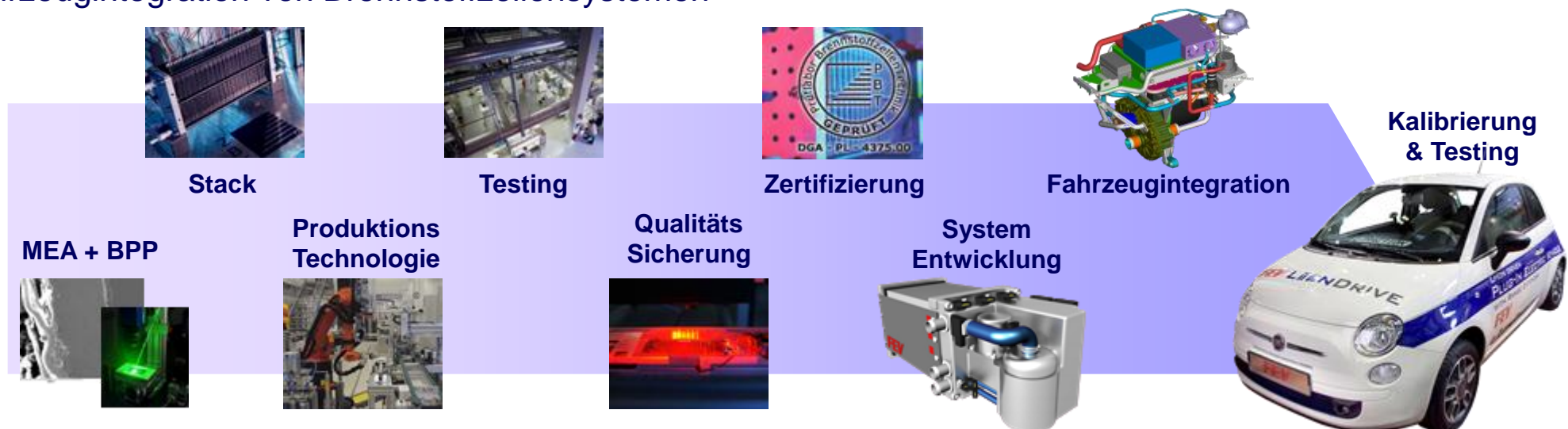


Ziel:

Kunden bei der Entwicklung von Brennstoffzellenantriebssträngen die Möglichkeit einer umfassenden Unterstützung von der MEA-Entwicklung bis zur Fahrzeugintegration und –validierung zu bieten

Die **ZBT GmbH** bietet mit mehr als 100 technischen Experten und herausragender Labor- und Prüfstandsinfrastruktur Entwicklungsdienstleistungen in den Bereichen MEA-, Stack- und Systementwicklung, Produktionstechnologieentwicklung, Qualitätssicherung sowie Zertifizierung von Brennstoffzellenstacks und Brennstoffzellensystemen

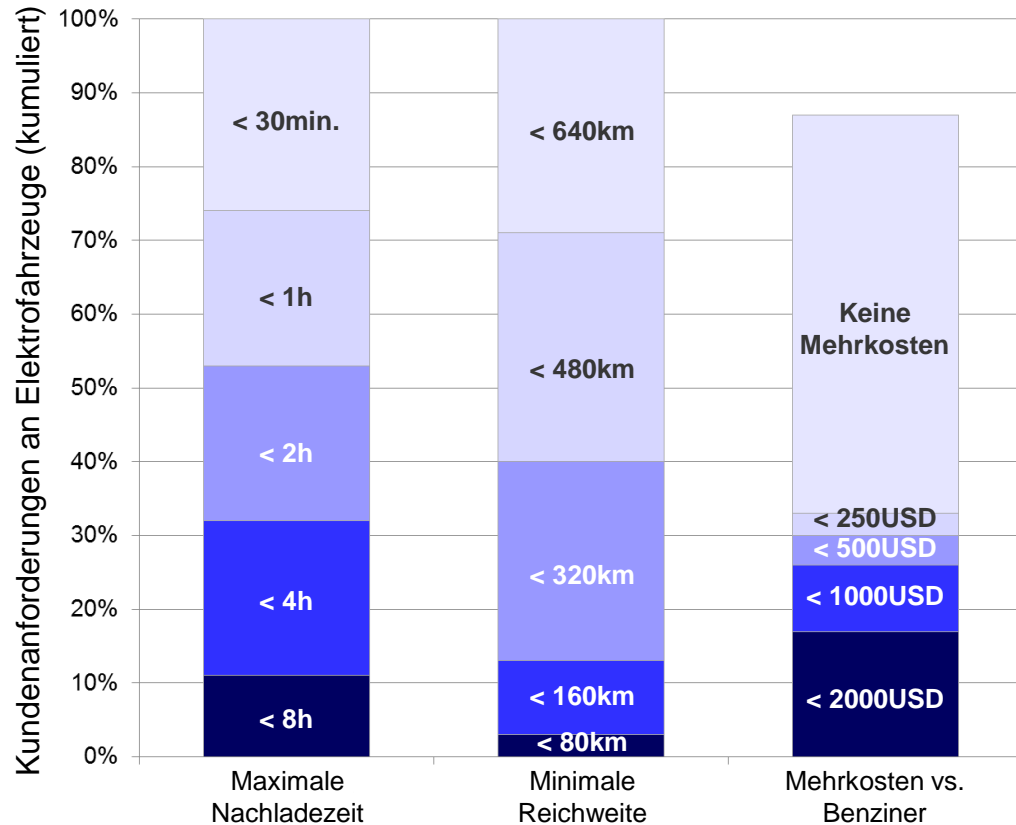
Die **FEV GmbH** arbeitet als einer der führenden Entwicklungsdienstleister im automotive-Bereich mit 2300 Beschäftigten weltweit für alle OEMs, 250 Spezialisten entwickeln Hybrid- und Elektrofahrzeuge, 20 Ingenieure und Techniker arbeiten an der Systementwicklung, der Komponentenoptimierung sowie der Fahrzeugintegration von Brennstoffzellensystemen





- Das ZBT – eine kurze Einführung
- Elektromobilität und Brennstoffzellen
- Fahrzeugkonzepte

Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Batterieelektrische Fahrzeuge: Kundenwunsch und Realität



Kundenerwartungen an Elektromobilität:

- Hohe Reichweite (min. 300 km)
 - Ladezeiten < 1h
 - Keine Mehrkosten gegenüber VKM
- „Konventionelles Fahrzeug, nur emissionsfrei und leise“

Aktueller Status:



Listenpreis:	29.300 €	29.150 €
Reichweite:	150 km	950 km
Leistung:	49 kW	88 kW
Nachtankzeit:	8 h	5 min.
Max. Geschwindigkeit:	130 km/h	200 km/h

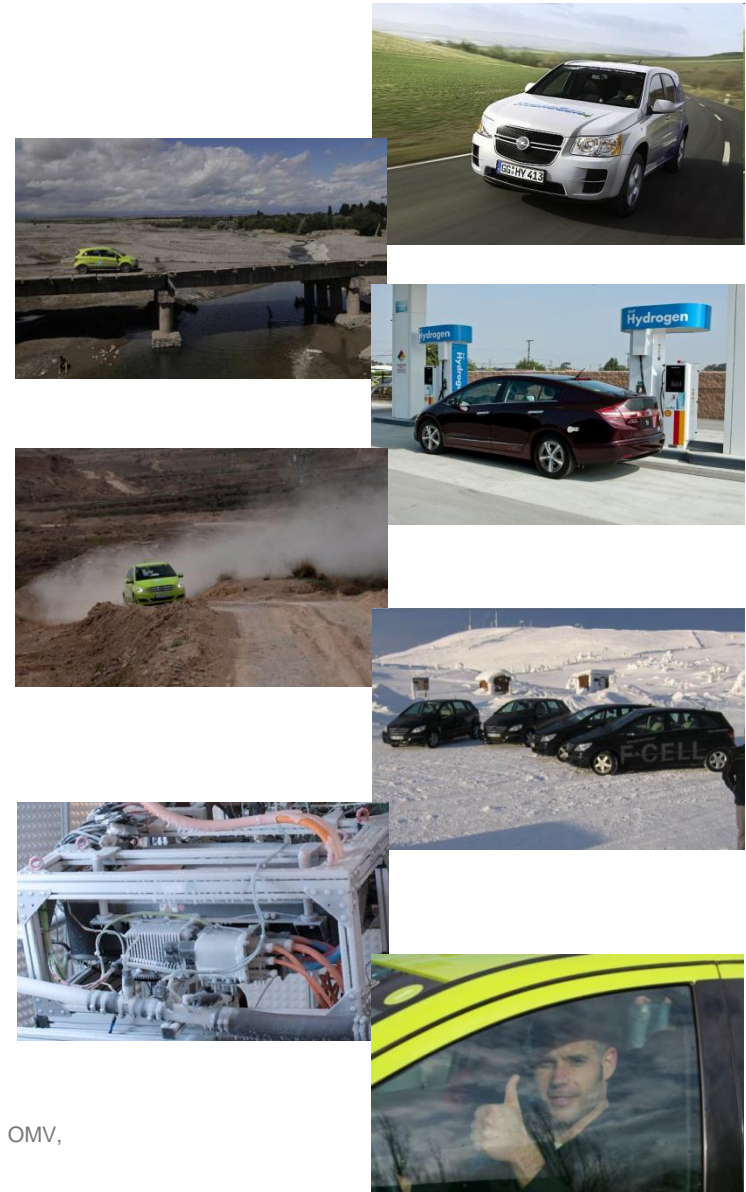
Gesetzgebung: Gebiete mit Zufahrtsbeschränkungen
 Incentives: Sonderfahrspuren, Parkmöglichkeiten...
 TCO: z.B. 15.000 € geringere Kraftstoffkosten (200.000 km, 26,7 ct/kWh, 1,67 €/l)

Aktueller Technologiestatus

- 500 Fahrzeuge, > 15 Mio. km, > 90.000 Betankungen ¹
- Kundenanforderungen werden erfüllt:
 - Fahrperformance und NVH
 - Hohe Wirkungsgrade/geringer Kraftstoffverbrauch
 - Kurze Nachtankzeiten
 - Erfolgreiche Erprobung unter Automotive-Bedingungen
 - Ausreichende Reichweite
 - Lokal emissionsfrei
 - Automobile Sicherheitsstandards

Fokus Weiterentwicklung

- Packaging/Gewichtsoptimierung
- Reichweite/Speicheroptimierung
- Lebensdauer
- **Kosten (Technologie, Stückzahlen, Zulieferer)**
- **Wasserstoffinfrastruktur**



Quelle: 1: „A portfolio of power-trains for Europe“, BMW, Daimler, Ford, GM, Honda, Hyundai, Kia, Nissan, Renault, Toyota, VW, ENI, OMV, Shell, Total, Linde, Air Liquide, Air Products, McKinsey, 2010; Bilder: OEMs



Elektromobilität mit Brennstoffzellen: OEM Fahrzeuge und Markteinführungsszenarien

OEM / Fahrzeug	Reichweite / (km)	BZ-Leistung / (kW)	Markteinführung / Kleinserie
Toyota FCV-R	700	n.s.	2015
Daimler F-Cell	400	80	2014
GM Hydrogen 4/ Chevrolet Equinox	400	93	2016
Honda FCX Clarity	570	100	2015
Hyundai ix35 FCV	650	100	ab 2012
Nissan X-Trail FCV	500	90	2015



Japan:

- Ankündigung von 13 Firmen (3 OEMs) und dem Transportministerium:
 - Serienfertigung ab 2015
 - 100 Tankstellen bis 2015, 1000 Tankstellen bis 2020

Südkorea:

- Green Car Roadmap: 100.000 BZ-Fahrzeuge und 168 Tankstellen bis 2020

sources: OEMs/Internet



- Das ZBT – eine kurze Einführung
- Elektromobilität und Brennstoffzellen
- Fahrzeugkonzepte

Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Antriebsstrangoptionen für elektrische Fahrzeuge



source: Toyota

Batteriefahrzeug



source: Toyota

Batterie/Brennstoffzellenhybrid



Brennstoffzellen Range Extender

Emissionsfrei Geräuscharm Div. Energieträger			
Batteriesystem BZ-System	Hochenergie, > 15 kWh -	Hochleistung, ~ 1.5 kWh Hohe Dauerleistung, > 80 kW	Hochenergie, ~ 10 kWh Low-Cost, ~ 30 kW
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Höchste Wirkungsgrade TTW ▪ Niedrige Betriebskosten ▪ Privates Nachladen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konventionelle Reichweite, Komfort und Nachtankzeit ▪ Hohe Dauerleistung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Konventionelle Reichweite, Komfort und Nachtankzeit ▪ Niedrige Betriebskosten ▪ Privates Nachladen
Herausforderungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einschränkungen Reichweite, Ladezeiten, Komfort ▪ Öffentliche Ladeinfrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Ausbaustufe H₂-Infrastruktur ▪ Höhere Betriebskosten 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mittlere Ausbaustufe H₂-Infrastruktur ▪ Begrenzte Dauerleistung
Designkriterien Batterie BZ-System	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reichweite ▪ - 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Spitzenleistung ▪ Dauerleistung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Optimierte TCO ▪ Max. Dauergeschwindigkeit
Anwendungen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innerstädtisch 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hochleistung, Langstrecke (>120km/h, SUVs) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Reichweiten bei niedrigen Betriebskosten



Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Betriebserfahrungen aus der National FCEV Learning Demo (USA)

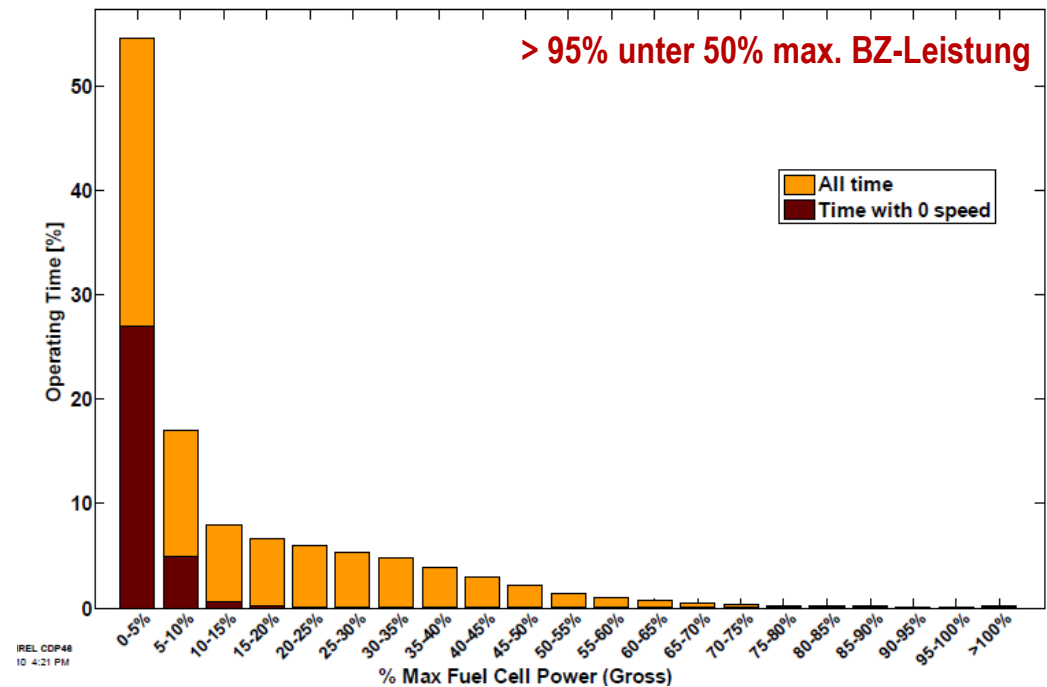
Programm:

- Dauer 7 Jahre
- 4 OEMs, 183 BZ-Fahrzeuge,
2 Generationen Brennstoffzellenfahrzeuge
- 5.8 Mio. km, 500.000 Einzelfahrten
- 25 Tankstellen, > 150.000 kg H₂

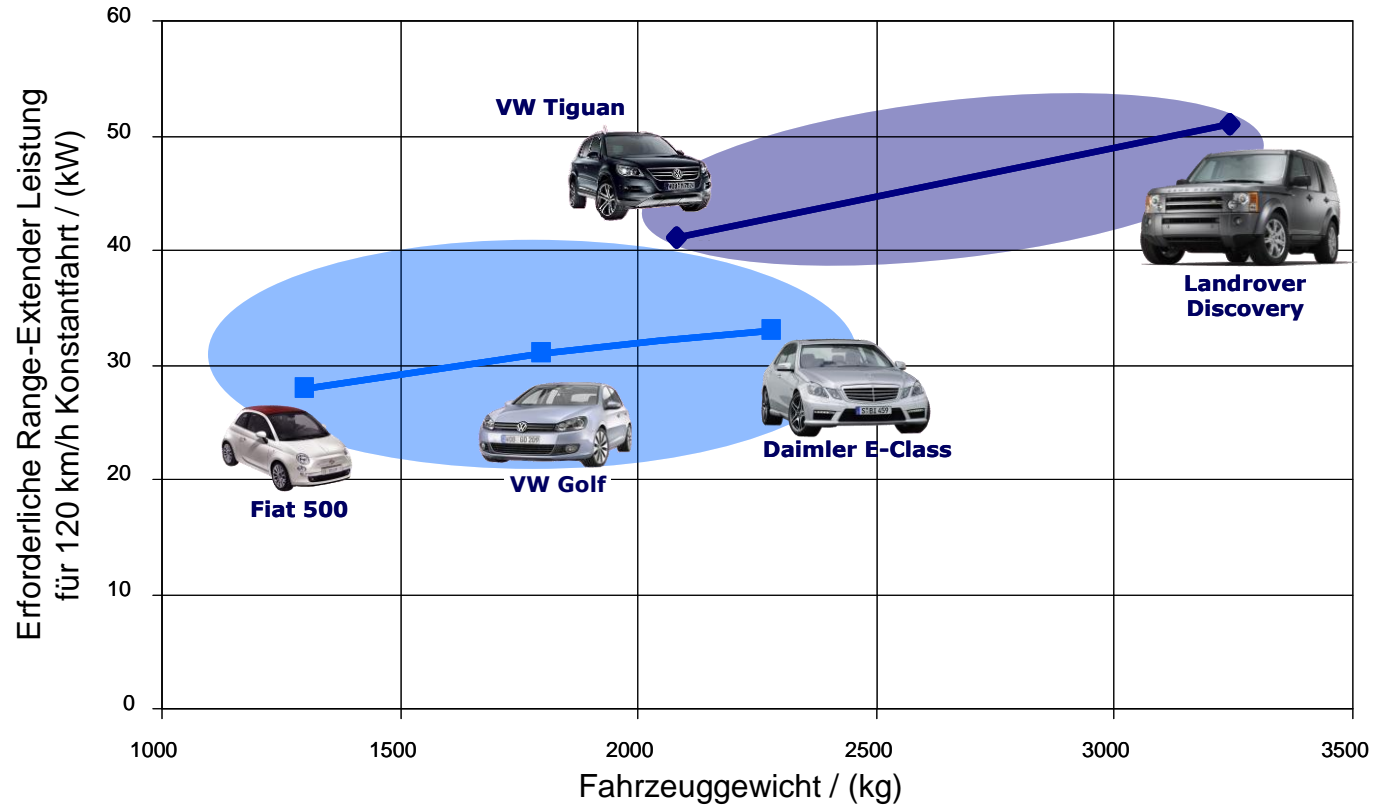
Real-World Nutzungsdaten:

- Niedrige Lastpunkte dominieren BZ-Betrieb
 - Maximale BZ-Leistung wird nur selten abgefragt
 - Nur ein kleiner Anteil der elektrischen Energie wird bei hohen Systemleistungen bereitgestellt
 - Aber: Die maximale Stackleistung ist der entscheidende Kostentreiber im BZ-System
- **Signifikantes Kostenreduktionspotential durch Downsizing des BZ-Systems**

BZ-Systemleistung



Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Erforderliche Leistung für Range-Extender Systeme



- Brennstoffzellen Range-Extender mit 30-40 kW decken den Leistungsbedarf von Kleinwagen bis hin zur oberen Mittelklasse für 120 km/h Konstantfahrt
- Full-Power Brennstoffzellen/Batteriehybridfahrzeuge besonders geeignet auch für große Fahrzeuge und Hochgeschwindigkeits-Langstreckenbetrieb > 120 km/h

Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Systemvergleich Full-Power System / Range-Extender



source: GM



Full-Power Brennstoffzellensystem

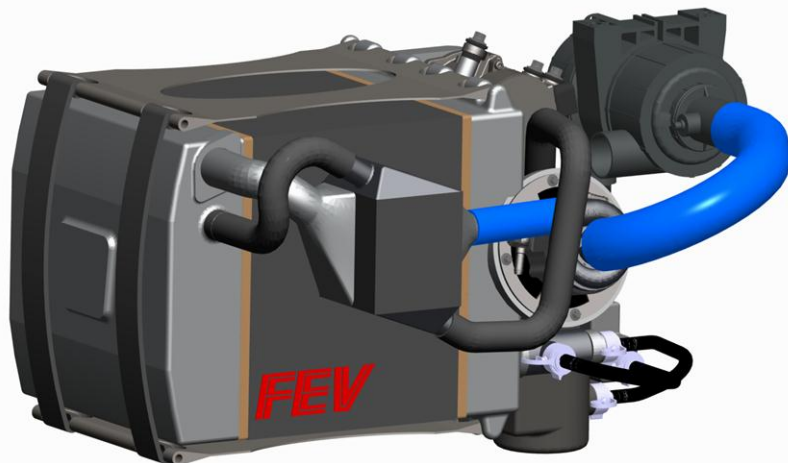
Brennstoffzellen Range-Extender

Betriebsstrategie	(Hoch-) Dynamisch	Quasistationärbetrieb / lim. Leistungsgradienten
Lebensdaueranforderung	> 5.000 h → Höhere Platinbeladung/Kosten	2.000 h (verringert für REX-Betrieb) → Geringere Platinbeladung/Kosten
Startzeit	Wenige Sekunden, häufige Starts	Ca. 30 sec., seltenere Starts
Kühlung	Hohe Kühlleistung erforderlich (~100 kW)	Reduzierte Kühlleistung (~30-40 kW)
Druckniveau	Hohe Druckniveaus für hohe Leistungsdichte	Reduktion Druckniveau möglich
Befeuchtungsregelung	Komplex insbesondere für Transientbetrieb	Weniger komplex, Quasistationärbetrieb
NVH	Hohe Anforderungen insbesondere bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten	Anpassung Betriebsstrategie möglich
Wirkungsgrad	Möglichst hoch für niedrige Betriebskosten	Hoch, Betriebskosten abhängig von Betriebsstrategie

Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Entwicklung eines Brennstoffzellen Range-Extenders am ZBT

BREEZE: Brennstoffzellen Range-Extender für Batterieelektrische Fahrzeuge

- Emissionsfrei auch im Range-Extender Betrieb
- Signifikante NVH-Vorteile gegenüber verbrennungsmotorischen Range-Extendern
- Hoher Wirkungsgrad
- Abwärme zur Kabinenklimatisierung
- Reduktion Batteriekapazität
- Nachtanken in ca. 3 min.



Partner:



Mit finanzieller Unterstützung:

Ziel2.NRW

Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

Ministerium für Wirtschaft, Energie,
Bauen, Wohnen und Verkehr
des Landes Nordrhein-Westfalen



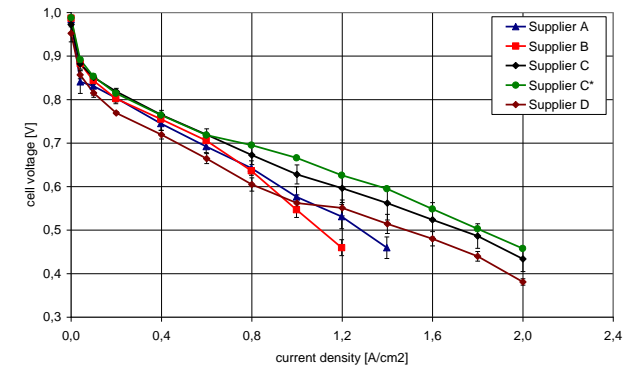
Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Entwicklung eines Brennstoffzellen Range-Extenders am ZBT

Projektstatus

- Auslegung Flowfelddesign ✓
- Strömungssimulation Flowfield ✓
- Materialqualifizierung System ✓
- Auslagerungsversuche, Kontaktwiderstandsmessungen
Korrosionsschutzschichten ✓
- MEA-Benchmarking ✓
- Dichtungsapplikation (Dispenser) ✓
- Aufbau und Druckbetrieb 100 cm² Shortstacks im Prüfstand ✓

Nächste Schritte

- Aufbau und Test 300 cm² Stacks: Mitte 2013
- Aufbau und Test Gesamtsystem standalone:
Mitte/Ende 2013
- Fahrzeugintegration Brennstoffzellen Range-Extender:
Anfang 2014





- Um signifikante CO₂ Reduktionen im Transportsektor zu erreichen ist langfristig eine Diversifikation der Antriebstechnologien erforderlich
- Elektromobilität ermöglicht eine Diversifikation der Primärenergieträger, den Einsatz erneuerbarer Energien im Transportsektor und lokal emissionsfreies und geräuscharmes Fahren
- Brennstoffzellen können insbesondere aufgrund hoher Reichweiten und kurzer Nachtankzeiten das Anwendungsspektrum und die Marktakzeptanz von Elektromobilität erweitern
- Range-Extender ergänzen die konventionellen „Full-Power“ Brennstoffzellenfahrzeuge, der Fokus liegt auf TCO und Ausbaustufe der Wasserstoffinfrastruktur
- ZBT bietet in Kooperation mit industriellen Partnern Entwicklungsdienstleistungen für Elektromobilität und brennstoffzellenbasierte Antriebsstränge

Vielen Dank! Haben Sie Fragen?

Kontakt:

Prof. Dr. rer. nat. A. Heinzl

A.Heinzl@zbt-duisburg.de

+49 (0)203/7598-4225

www.zbt-duisburg.de



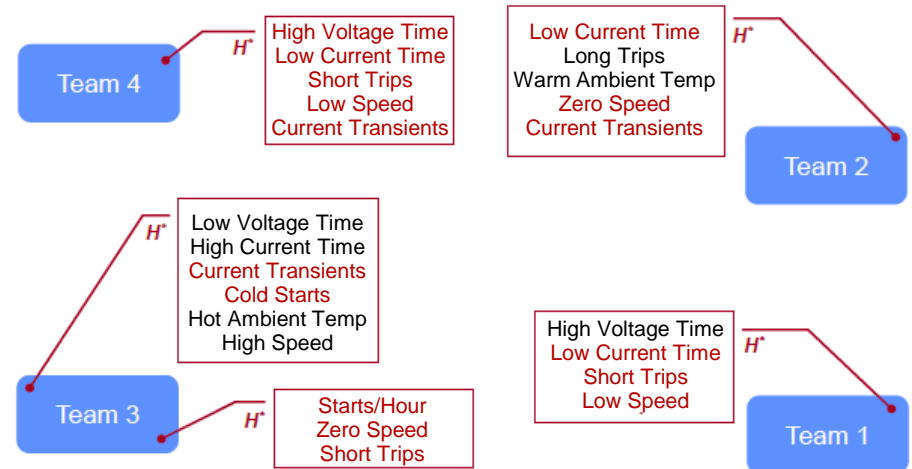


Elektromobilität mit Brennstoffzellen: Betriebserfahrungen aus der National FCEV Learning Demo (USA)

Wichtige Degradationsparameter

- Transientbetrieb
 - Niedrige Geschwindigkeiten
 - Kurze Distanzen
 - Leerlauf/Hohe Zellspannungen
 - Kaltstarts
 - Anzahl von Starts
- **Betriebsstrategie eines BZ Range-Extenders kann hinsichtlich Degradation optimiert werden**
- Hybridisierung (Abdeckung transienter Lastanforderungen aus Batteriesystem)

Haupt Einflussfaktoren Brennstoffzellendegradation



Anzahl Lastzyklen Brennstoffzelle pro Strecke

