

Langstreckenelektromobilität mit Brennstoffzellen: Antriebsstrangkonzeppte

Aktueller Status, Entwicklungsschwerpunkte und Fahrzeugkonzepte

Dr.-Ing. Peter Beckhaus,
Abteilungsleiter Brennstoffzellen- und Systemtechnik
Co-Autoren: Dr. Jörg Karstedt, Dipl.-Ing. Lars Kühnemann

Stralsund, 07.-08.11.2013





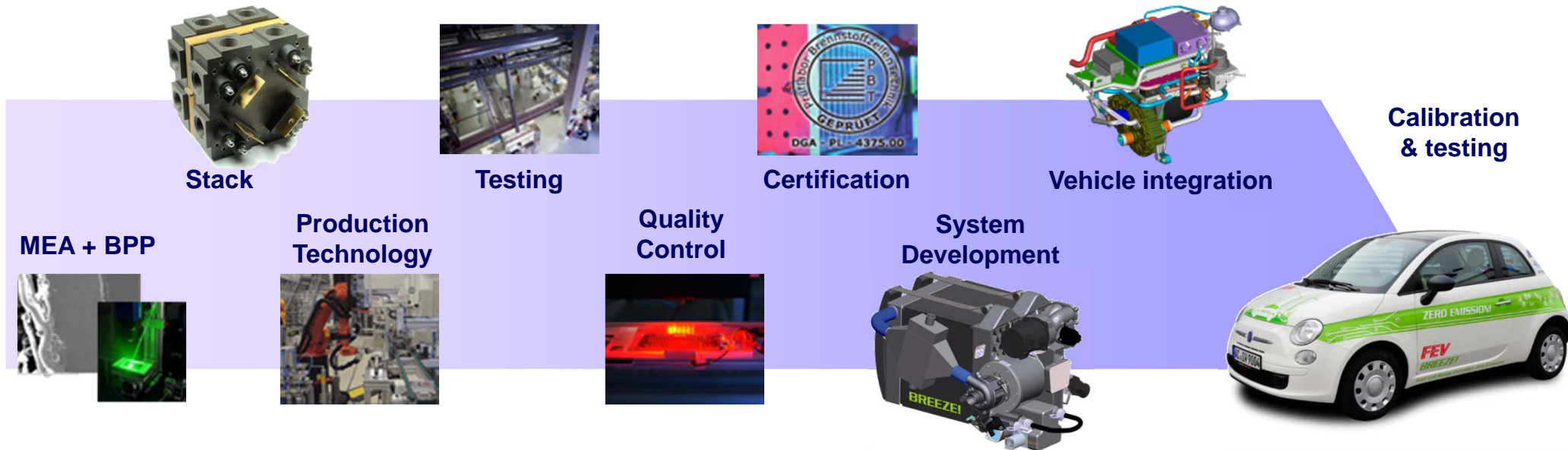
- Motivation und Entwicklungsstand Brennstoffzellenfahrzeuge
- Elektromobilität: Energieversorgungskonzepte
- Range Extender Entwicklung BREEZE
- Zusammenfassung

ZBT and FEV: Fuel cell powertrain development support from membrane development to vehicle validation

Target: To offer customers outstanding fuel cell powertrain development support from membrane development to vehicle validation

ZBT GmbH as an independent hydrogen and fuel cell engineering service provider with more than 100 technical experts, outstanding lab infrastructure and testing facilities provides fuel cell development capabilities for MEA, stack and system development, high volume manufacturing engineering, quality control and certification services for fuel cell stacks and fuel cell systems

FEV GmbH as a leading global automotive engineering company with 2300 employees working for all major OEMs worldwide has 250 technical experts specializing on hybrids and electric vehicles, 20 engineers and technicians are working on fuel cell system development, component optimization and vehicle integration





Langstrecken-Elektromobilität mit Batterie und Brennstoffzelle

Wasserstoff als erneuerbarer Energieträger

Volkswirtschaft

- Unabhängigkeit von Importen
- Energieträger mit nationaler Wertschöpfungskette
- Versorgungssicherheit



Quelle: CEP

Nachhaltigkeit

- CO₂ frei
- Gewinnung aus erneuerbaren Energieträgern
- Nutzung von Prozess- und Energieüberschüssen
- Integration Transportsektor in Gesamtenergiekonzept

Mobilität

- Fahrdynamik
- Reichweite
- Nachtankzeit

Lebensqualität

- (lokale) Emissionsfreiheit
- Lärmreduktion
- „Saubere“ Infrastruktur

Elektromobilität mit Brennstoffzellen

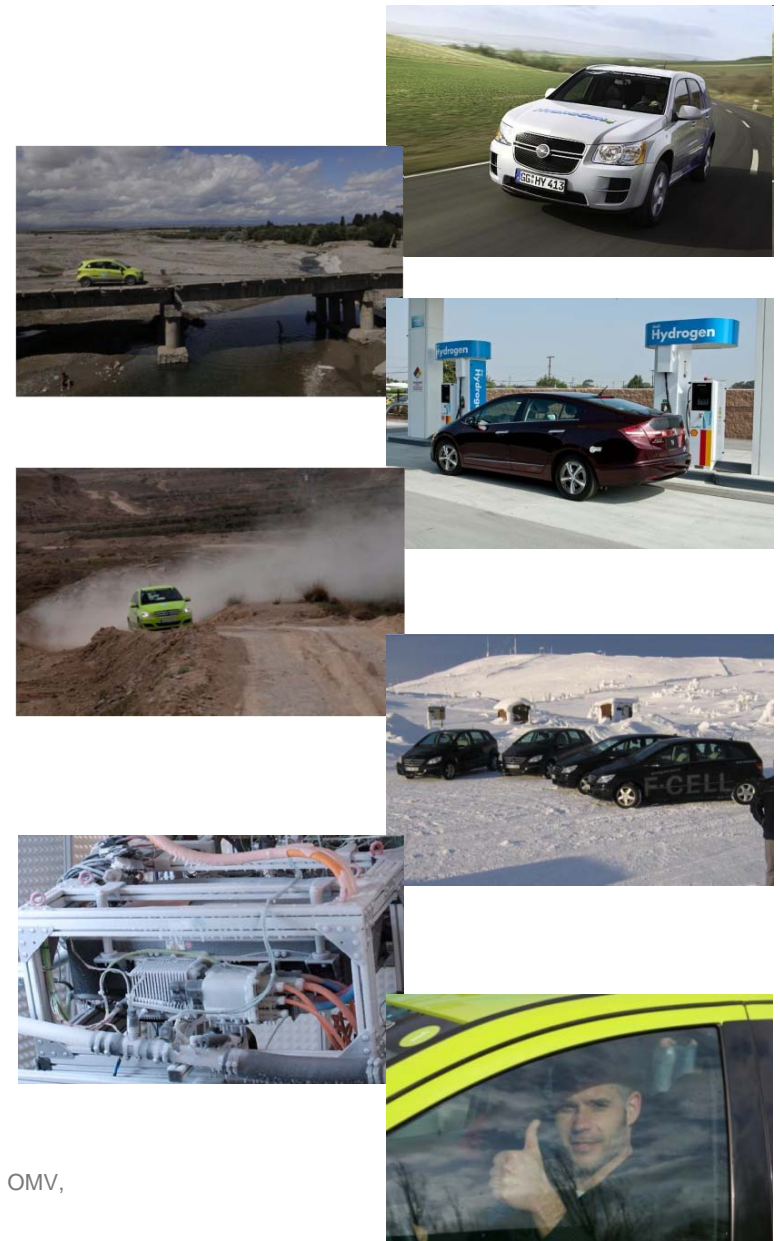
Aktueller Technologiestatus und Fokus Weiterentwicklung

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

Automotive fuel cell systems: Commercialization plans

OEM / vehicle	Range / (km)	FCS power / (kW)	Est. market launch / small series
Toyota FCV-R	700	n.s.	2015
Daimler F-Cell	400	90	2017
GM Hydrogen 4/ Chevrolet Equinox	400	93	2015
Honda FCX Clarity	570	100	2015
Hyundai ix35 FCV	650	100	2013
Nissan X-Trail FCV	500	90	2017



Japan:

- Announcement of 13 companies (3 OEMs) and Ministry of Transport:
 - FCV mass production in 2015
 - 100 HRS in 2015, 1000 HRS in 2020

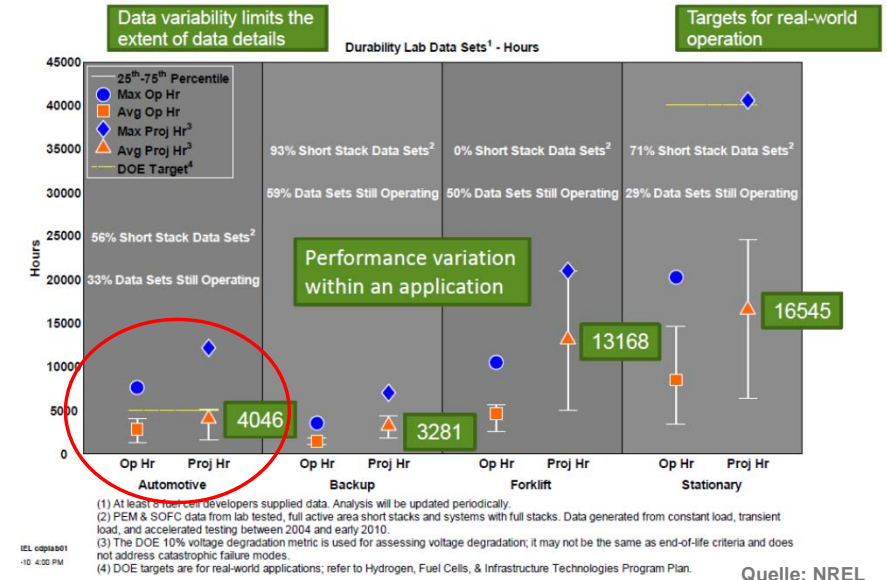
South Korea:

- Green Car Roadmap: 100.000 FCVs and 168 HRS in 2020

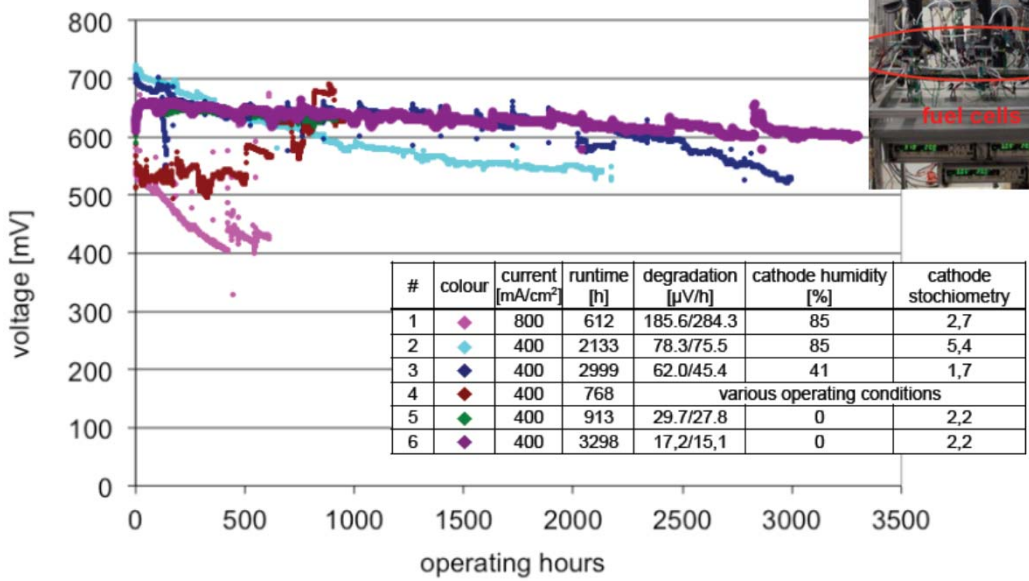
sources: OEMs/Internet

Steigerung der BZ-Systemlebensdauer

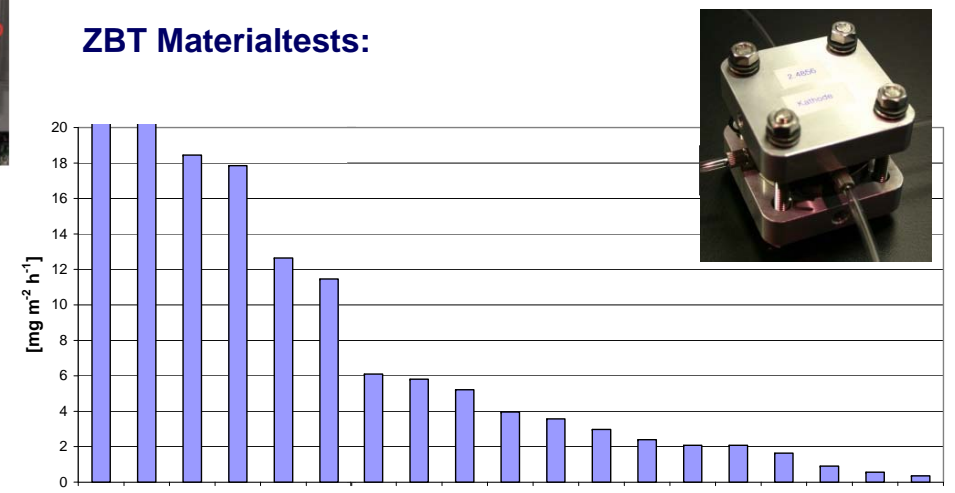
- Membranoptimierung
- Beschichtungsoptimierung metallische BPP
- Materialauswahl Stack und System
- Optimierte Start-/Stopprozeduren
- Regenerationszyklen



ZBT Langzeittests:



ZBT Materialtests:

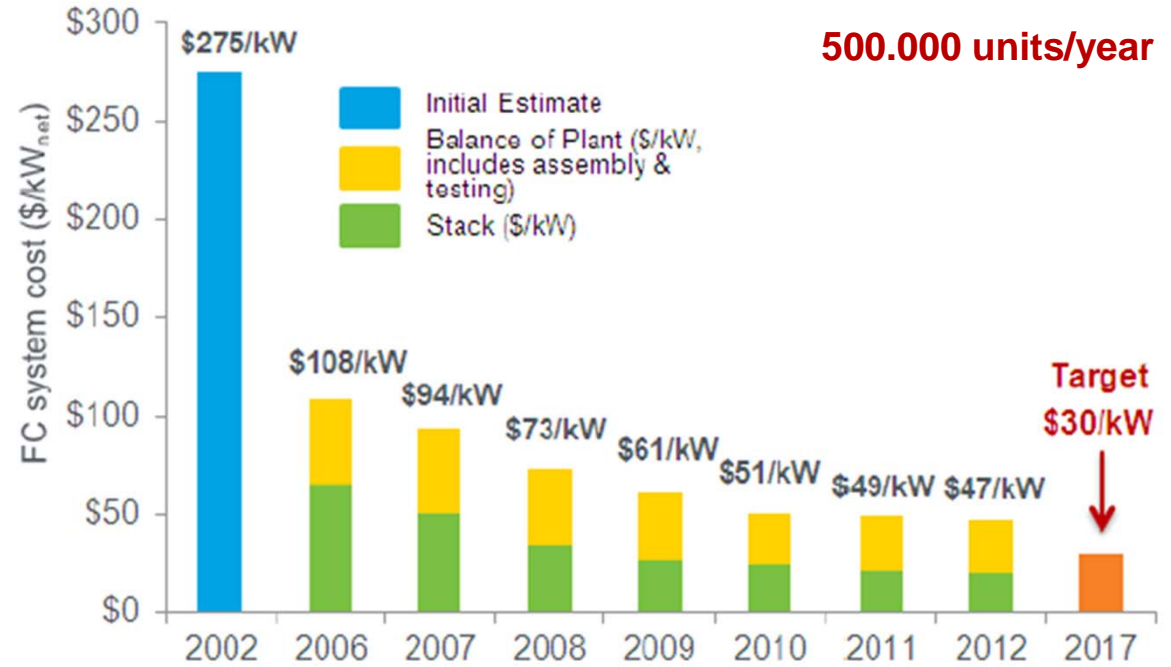


Elektromobilität mit Brennstoffzellen

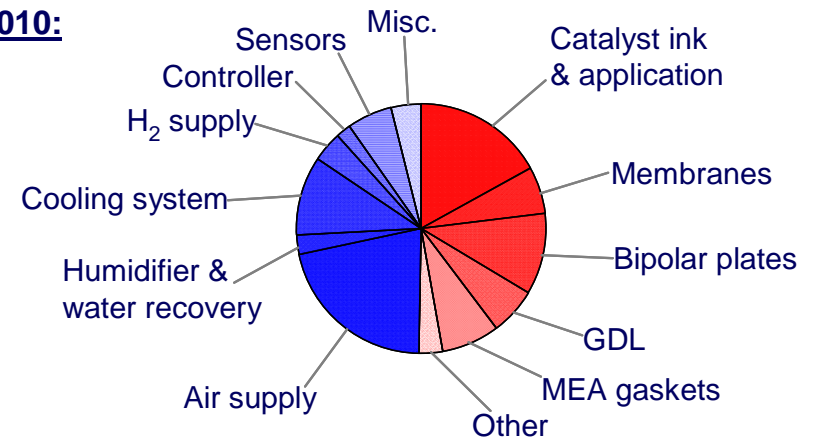
Entwicklung automotive Systemkosten

Fokus Kostenreduktion:

- Steigerung der Leistungsdichte
- Reduktion Platinbeladung (Tradeoff Kosten/Lebensdauer)
- Kostenoptimierung Nebenaggregate
- Materialauswahl
- Systemintegration
- Automation/Großserienfertigung
- Synergien (z.B. Hybridfahrzeuge)
- Zulieferer



2010:



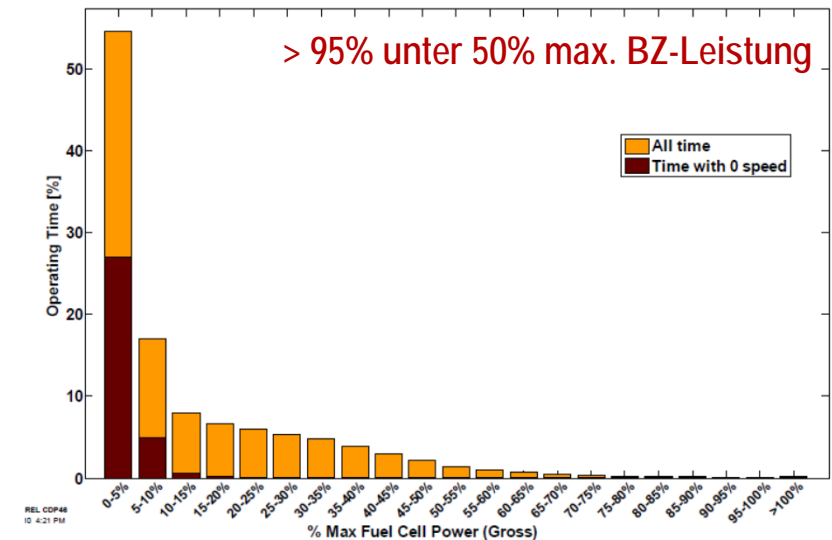
Programm:

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

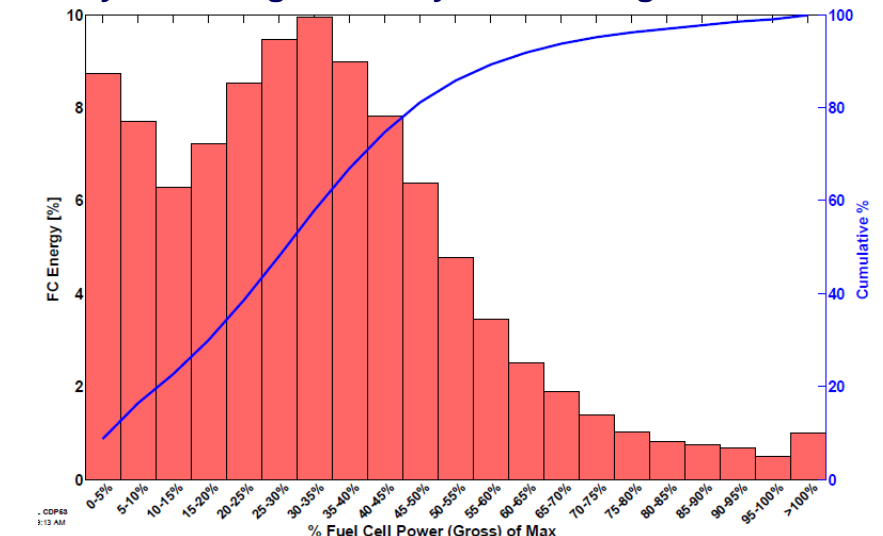
Real-World Nutzungsdaten:

- 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



BZ-Systemenergie nach Systemleistung



Quelle: National Fuel Cell Electric Vehicle Learning Demonstration Final Report, NREL 2012

Elektromobilität mit Brennstoffzellen

Batterie, Brennstoffzelle, Brennstoffzellen Range-Extender



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

Langstreckenelektromobilität mit Range-Extendern

Fahrzeugkonzepte



Opel Ampera/Chevrolet Volt

- 16 kWh Batterie, 40-80 km AER
- 63 kW Verbrennungsmotor, mech. und elektr. Kopplung Antriebsstrang
- + geringere Batteriekosten, Höchstgeschwindigkeit 160km/h
- höherer Anteil Verbrennungsmotor: Emissionen, Betriebskosten, Wirkungsgrad



BMW i3

- 21,6 kWh Batterie, 130-160 km AER
- 25 kW Verbrennungsmotor, elektr. Kopplung Antriebsstrang
- + höherer Anteil batterieelektrischer Betrieb
- höhere Batteriekosten, Schadstoff und Geräuschemissionen im Verbrennungsmotorbetrieb



BREEZE Range Extender

- 12 kWh Batterie, 80 km AER
- 30 kW Brennstoffzellensystem
- + Reines Elektrofahrzeug mit voller Nutzbarkeit für den Endkunden, emissionsfrei auch im Langstreckenbetrieb



Proton Motor/Smith

- 80 kWh Batterie, charge-depleting Betrieb
- 7 kW Range-Extender
- Range-Extender kann insbesondere für definierte Nutzfahrzeuganwendungen die erforderliche Batteriekapazität verringern

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.
- Reichweite bis zu 500 km



Partner:



Mit finanzieller Unterstützung:



regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung



EUROPAISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

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



Langstreckenelektromobilität mit Brennstoffzellen

Systemvergleich Full-Power System / Range-Extender



source: GM

Full-Power Brennstoffzellensystem

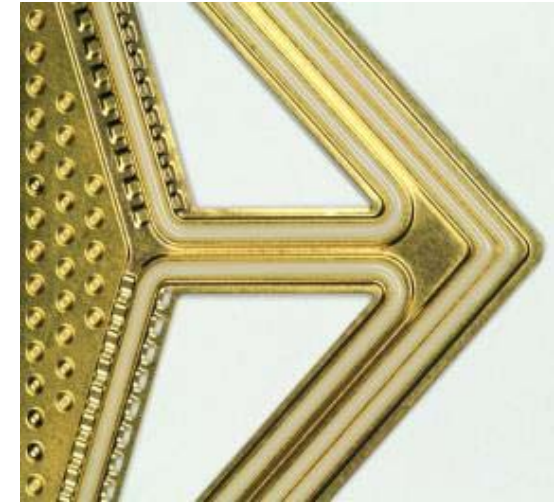


Brennstoffzellen Range-Extender

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 (~100kW)	Reduzierte Kühlleistung (~30-40kW)
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

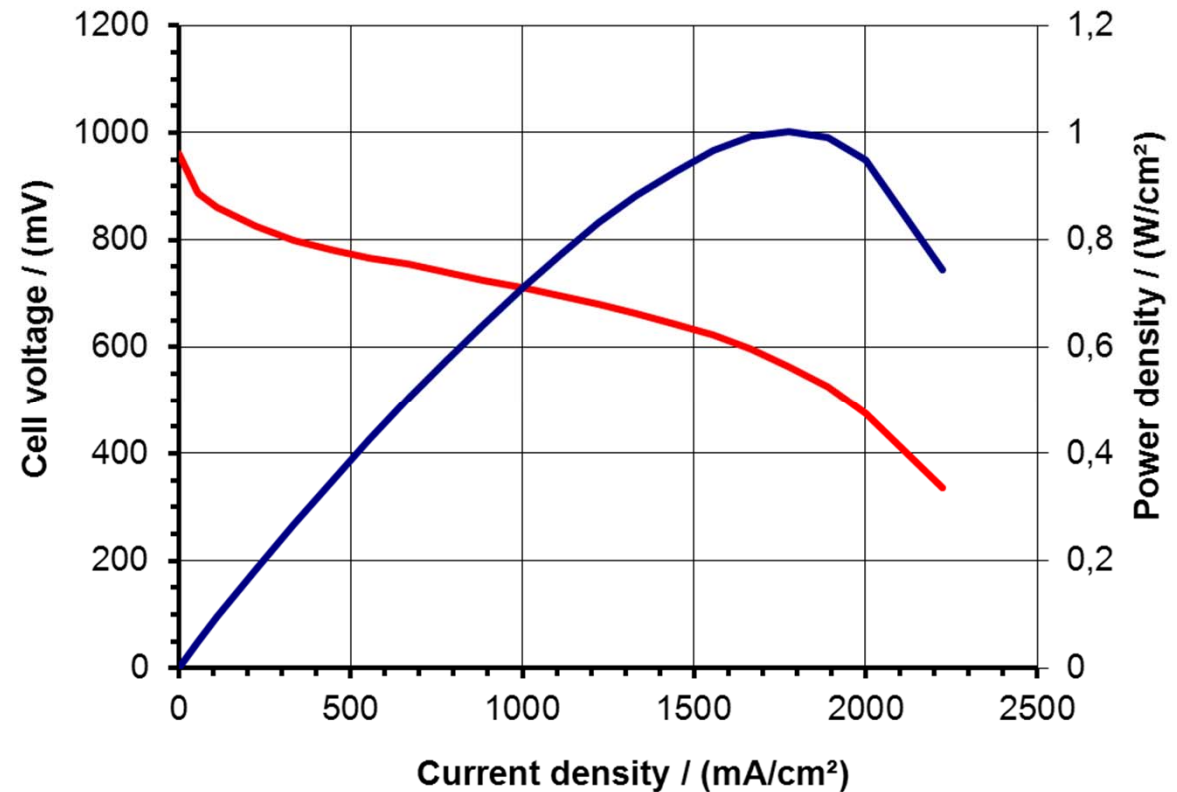
Fuel cell stack:

- High power density
 - MEA and flowfield optimization
 - Optimization of operating parameters
- Low cost
 - Catalyst and electrode structure optimization
 - Low cost stack components (membrane, GDL, BPP, gasket, ...)
- Durability
 - Material selection
 - Optimized operating strategies



Stackentwicklung für automobiler Anwendungen:

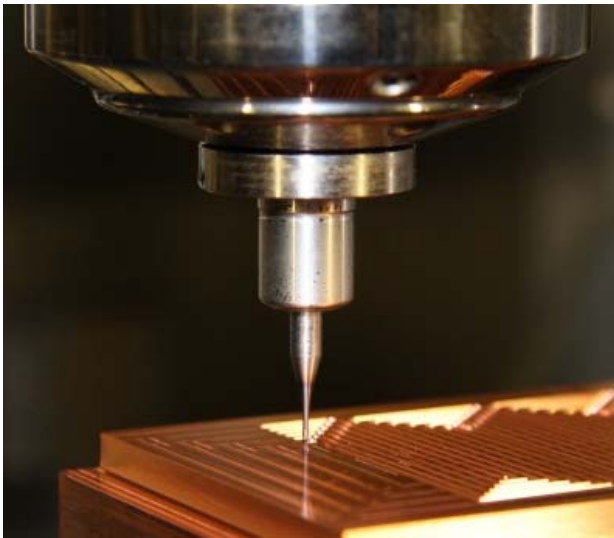
- Leistungsdichten bis zu 1 W/cm²
- Druckbetrieb bis 2 bar(a)
- Trockene Kathode
- Aktive Flächen 100 cm² und 300 cm²
- Flüssigkühlung
- CFD-Simulationen
Strömungsgleichverteilung



Stackentwicklung in Kooperation mit

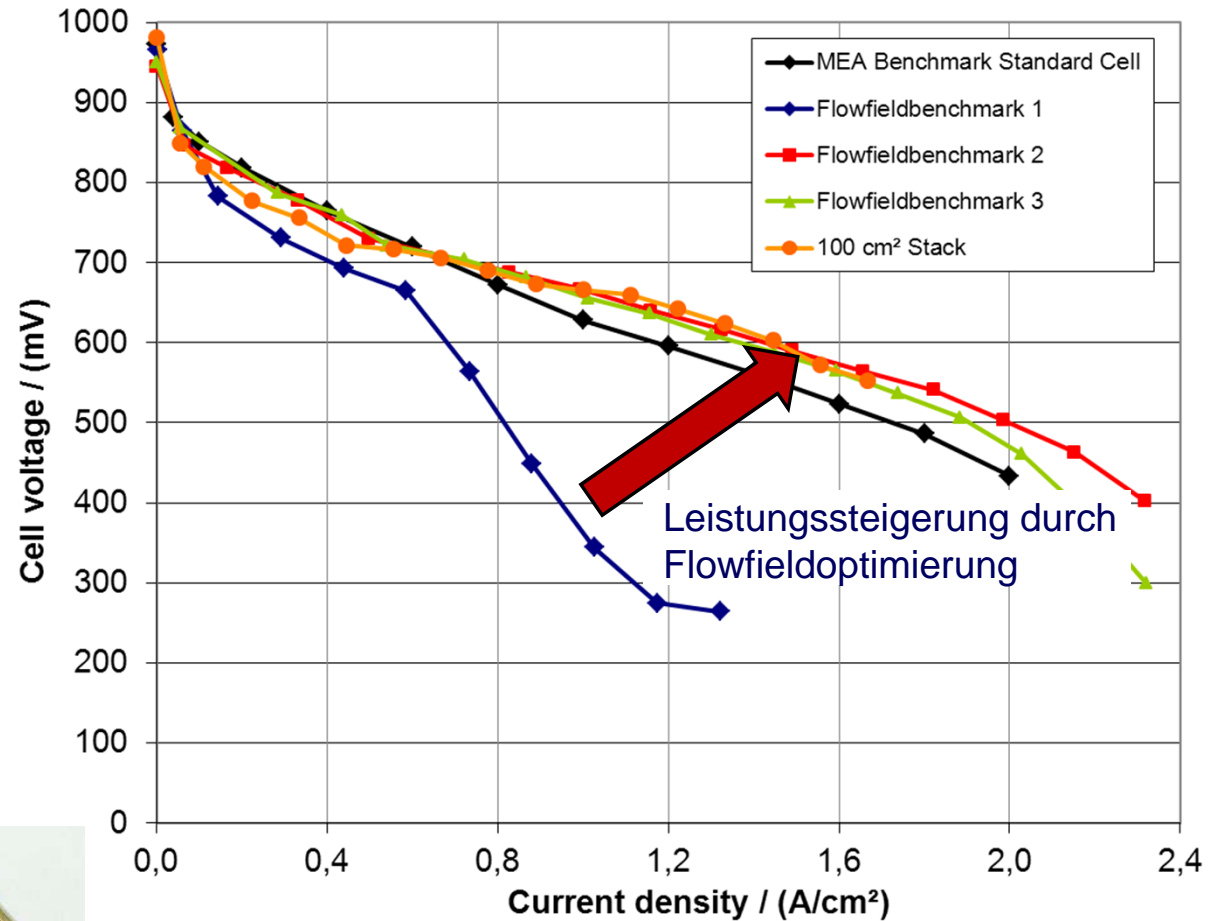


Entwicklung Brennstoffzellen-Range-Extender RP-Flowfieldoptimierung am ZBT



Flowfieldoptimierung am ZBT:

- CFD-Simulation Gleichverteilung
- RP-Fertigung Flowfield
- Benchmark Flowfield in Standardzelle
- Werkzeuggebundene Umsetzung Flowfields in Zielhardware



Medienversorgung:

- Entwicklung Betriebsstrategien spezifisch für den neuartigen Brennstoffzellenstack
- Bauraumoptimierte Integration der Aktorik
- Nutzung und Entwicklung automotive Komponenten für Aktorik, Sensorik, Steuerung
- Lebensdauerfördernde Betriebsführung

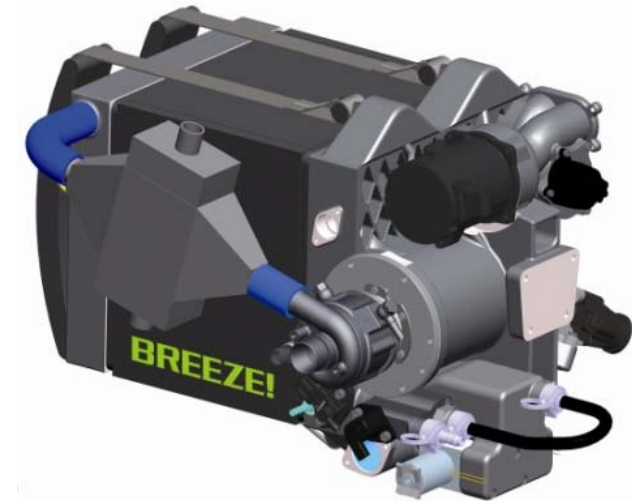
Fahrzeugintegration:

- Prototypintegration in FEV FIAT 500 LiON DRIVE
- Druckwasserstofftank
- Keine Einschränkung Zuladungsvolumen

Einsatzpotenzial:

- Zukünftig Nutzung des BZ-Moduls für andere Fahrzeuge der Kompaktkwagenklasse
- Weiters Nutzung des BZ-Moduls für andere Anwendungen (Traktion, Logistik, USV, ...)

BZ-System-Design



Fahrzeugvorstellung Hannover Messe 2013



Systementwicklung in Kooperation mit





- Motivation und Grundlagen
 - Diversifizierung des Antriebsstranges wird notwendig
 - Elektromobilität mit Batterie und / oder Brennstoffzelle bietet potenziell CO₂-neutrale Mobilität
- Aktueller Entwicklungsstand Brennstoffzellenfahrzeuge
 - Schnelles Tanken und hohe Reichweiten
 - Die Automobilindustrie setzt weltweit (auch) auf die Brennstoffzelle
 - Wasserstoff-Infrastrukturaufbau ist in Arbeit
 - Signifikante Markteinführung FCEV ab 2015
- Elektromobilität: Energieversorgungskonzepte
 - BEV für kleine Fahrzeuge und kleine Reichweiten
 - FCEV für Langstreckennutzung
 - Range-Extender bieten die „Veredelung“ für BEV und sind weniger abhängig von der Entwicklung der Infrastruktur
- Range Extender Entwicklung
 - BREEZE! – Brennstoffzellen-Range-Extender Zero-Emissions



Thank you for your attention!

Mit finanzieller Unterstützung:

Ziel2.NRW
Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung



EUROPAISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

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



Kontakt:

Dr.-Ing. Peter Beckhaus
p.beckhaus@zbt-duisburg.de
+49 (0)203/7598-3020
www.zbt-duisburg.de

Koordinator Elektromobilität:
Dr.-Ing. Jörg Karstedt
j.karstedt@zbt-duisburg.de
+49 (0)203/7598-1178
www.zbt-duisburg.de