
Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität

Innovationstag
Elektromobilität – neueste Trends

20. Juli 2010
Bad Neustadt a. d. Saale



Michael Jöckel, Holger Hanselka

© Fraunhofer

 Fraunhofer

100720_MJ

Inhalt

- Einleitung – Anforderungen an die Mobilität der Zukunft
- Lösungsansatz Elektromobilität – Potenziale und Herausforderungen
- Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität
- Fazit

© Fraunhofer

 Fraunhofer

100720_MJ

Einleitung – Schlaglichter aus Zukunftsstudien

- Im Jahr 2050 werden mehr als 9 Mrd. Menschen die Erde bevölkern. (UN 2010)
- Es wird erwartet, dass die Bevölkerung in Städten von 3,4 Milliarden in 2009 auf 6,3 Milliarden in 2050 ansteigt. (UN 2010)
- Bis zum Jahr 2030 wird es rund 500 Millionenstädte geben, davon 27 Megacities. (8. Weltkongress des Netzwerkes Metropolis - World Ass. of Major Metropolises)

⇒ Steigender Bedarf urbaner Mobilität

... möglichst emissionsfrei



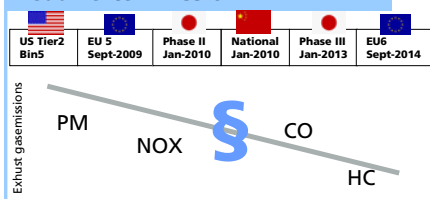
100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer

Einleitung – Herausforderungen für zukünftige Mobilität

Reduzierte Emission



Verringerter CO₂-Ausstoß



Preis / Verfügbarkeit von Öl



Zunehmender Individual- und Transportverkehr



Im Transportsektor wird der Bedarf an Treibstoff bis zum Jahr 2030 um 55% zunehmen.

100720_MJ

[Quelle: Grotendorst, Continental, 2009]

© Fraunhofer

Fraunhofer

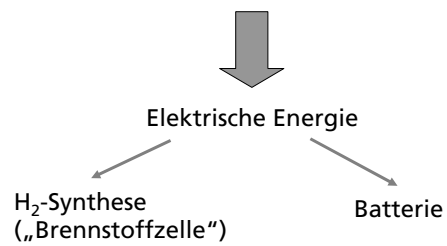
Angestrebt: Nutzung regenerativer Quellen

Regenerative Kraftstoffe

- Pflanzenölbasiert (z.B. Bio-Diesel)
- Bio-Ethanol
- Biogene Gase
- Synfuels
- Wasserstoff H₂
(Direktverbrennung)

Regenerative Energien

- Sonne
- Wind
- Wasser
- ...

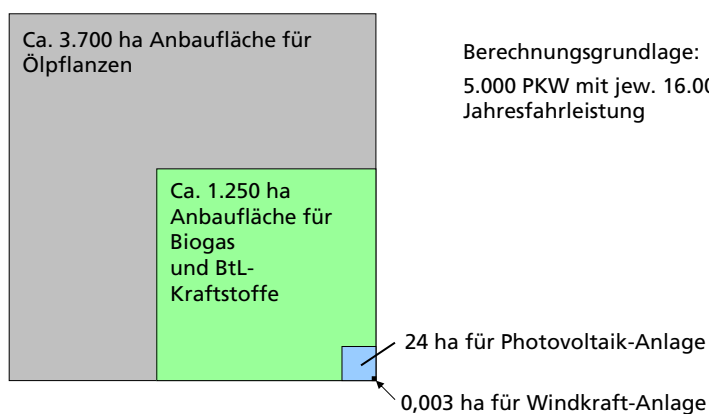


[Quelle: www.biokraftstoffe.org]

© Fraunhofer

Fraunhofer

Flächenbedarf: Regenerative Kraftstoffe und Energie



Berechnungsgrundlage:
5.000 PKW mit jew. 16.000 km
Jahresfahrleistung

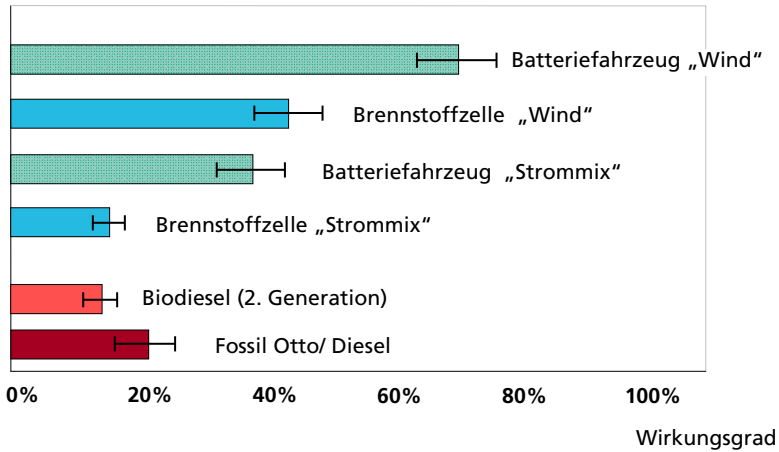
(BtL: Biomass to Liquid)

[Datenquelle: Schulze, Klimabündnis, 2009]

© Fraunhofer

Fraunhofer

Vergleich Wirkungsgrade (Well to Wheel)



[Datenquelle: Wietschel, Fraunhofer ISI, 2010]

© Fraunhofer

Fraunhofer

Heutige Kern-Herausforderungen bei Batteriefahrzeugen: Reichweite und Batteriekosten

Energieinhalt

{ Blei-Batterie ~ 0,03 kWh/kg
 Li-Ion-Batterie ~ 0,1-0,13 kWh/kg

{ Diesel ~ 11,8 kWh/kg
 Super ~ 12,0 kWh/kg

Kosten

■ Li-Ion-Batterie (20 kWh):
> 15.000 EUR

■ Benzintank + Füllung:
< 150 EUR

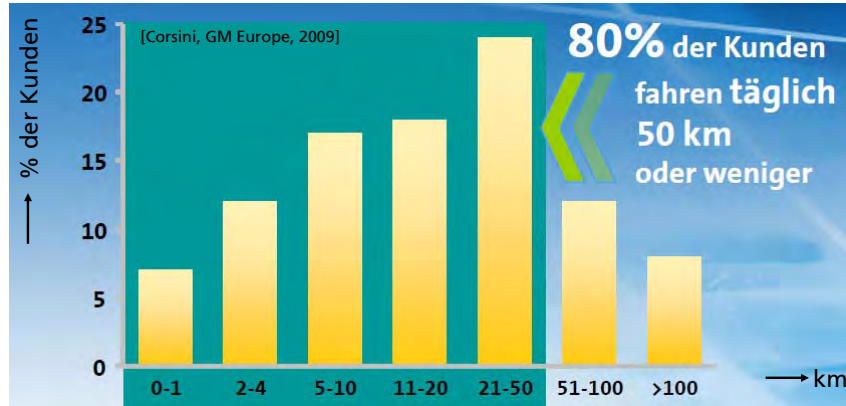
⇒ Reichweite mit einer Batterieladung ist im Vergleich zu heutigen Benzin-/Dieselfahrzeugen stark limitiert

© Fraunhofer

Fraunhofer

Heutige Kern-Herausforderungen: Reichweite und Batteriekosten

...aber:



⇒ Zwischen-Lösung: Plug-In-Hybride („Range-Extender“)?

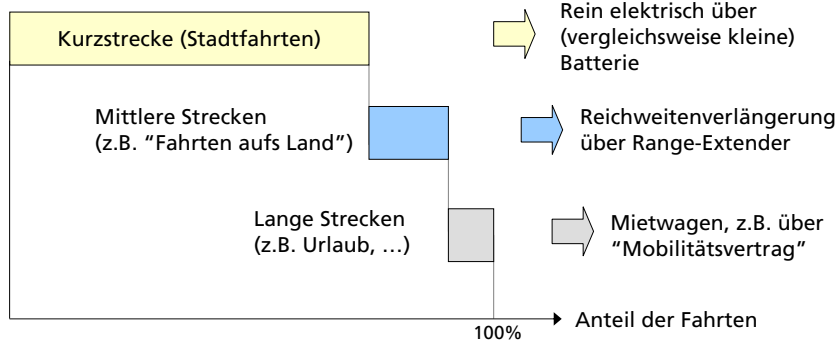
100720_MU

© Fraunhofer

Fraunhofer

Mittelfristig denkbares „urbanes“ Nutzer-Szenario (Bsp.)

Elektrofahrzeug mit Range-Extender (serieller Plug-In-Hybrid)



! Neben geeigneter Fahrzeugtechnik und Infrastruktur sind auch angepasste Nutzungsmodelle zu entwickeln!

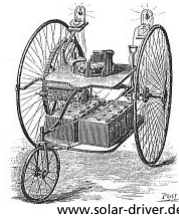
100720_MU

© Fraunhofer

Fraunhofer

Meilensteine der Elektromobilität (Auszug)

- 1800 Allesandro di Volta erfindet die elektrische Batterie.
- 1821 Michael Faraday zeigt, wie mit dem Elektromagnetismus eine kontinuierliche Rotation erzeugt werden kann.
- 1834 Hermann Jacoby entwickelt den ersten praxistauglichen Elektromotor (DC).
- 1860 Wiederaufladbare Blei-Akumulatoren verfügbar.
- 1881 Gustave Trouvé stellt auf der internationalen Elektrizitätsausstellung ein dreirädriges, elektrisch angetriebenes Automobil vor.



100720_MJ

© Fraunhofer

 Fraunhofer

Einer der „Urväter“ des Elektromobils: Lohner Porsche



- Erstmals auf Weltausstellung in Paris im Jahr 1900 gezeigt
- Radnabenmotoren in Vorderrädern (ges. 2,5 PS)
- Reichweite mit einer Batterieladung: 50 km

→ Danach: Fast vollständige Konzentration der Automobilindustrie auf Verbrennungsmotoren

100720_MJ

© Fraunhofer

 Fraunhofer

Elektrische Antriebe dominieren heute den Schienenverkehr

Personen und Güter auf der Schiene:

- 9% des Personenverkehrs
- 17% des Güterverkehrs

Energieeinsatz auf der Schiene:

- Ca. 1/3 fossiler Diesel
- Ca. 2/3 Strom

⇒ 16,4 Mrd. Kilowattstunden
(ca. 2,7% des dt. Stromverbrauchs 2007)



[Agentur für erneuerbare Energien, 2009]

100720_MJ

© Fraunhofer

 Fraunhofer

Erster „größerer“ Markt für Elektrofahrzeuge: E-Bikes und Pedelecs

China: Transport



Europa: Freizeit, Sport



[Bilder: Neupert, Extra Energy e.V., 2009]

100720_MJ

© Fraunhofer

 Fraunhofer

Beispiele für heutige Elektro-PKW

Tesla Roadster



Kenndaten Batterie:
 Typ: Li-Ion Typ18650
 Spannung: 400 V
 Anordnung: 6831 Zellen
 = 69 parallel x 99 seriell
 Leistung: 218 kW
 Kapazität: 45 kWh
 Gewicht: 450 kg
 Reichweite*: 350 km

Think City



Kenndaten Batterie:
 Typ: Li-Ion
 Spannung: 370 V
 Leistung: 20 kW
 Kapazität: 26 kWh
 Gewicht: 260 kg
 Reichweite*: 190 km

[Gies, RWTH Aachen, 2009]

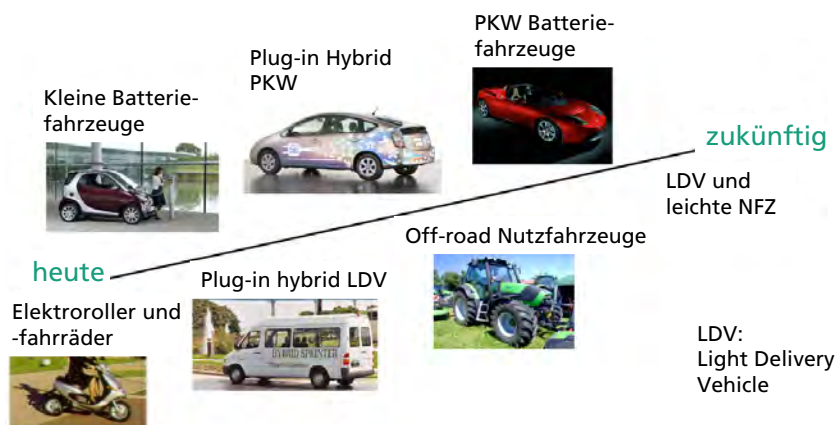
(*): Herstellerangaben

100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer

Elektromobilität – Fahrzeugspektrum heute und in Zukunft



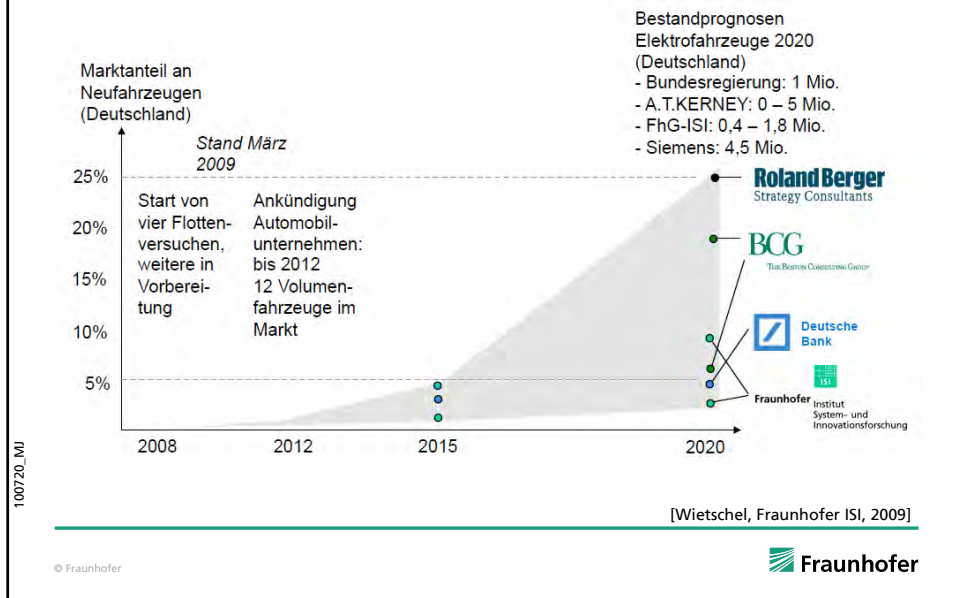
100720_MJ

[Quelle: Wietschel, Fraunhofer ISI, 2009]

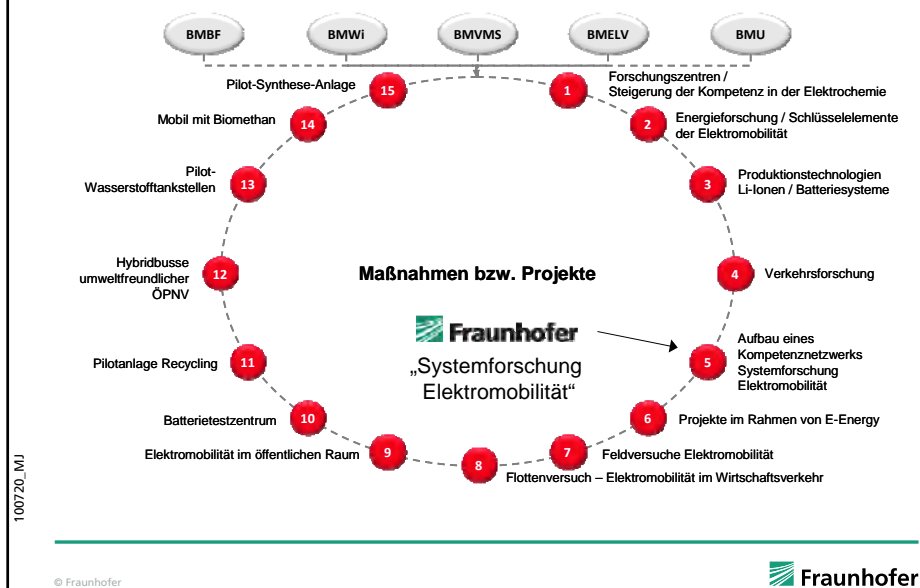
© Fraunhofer

Fraunhofer

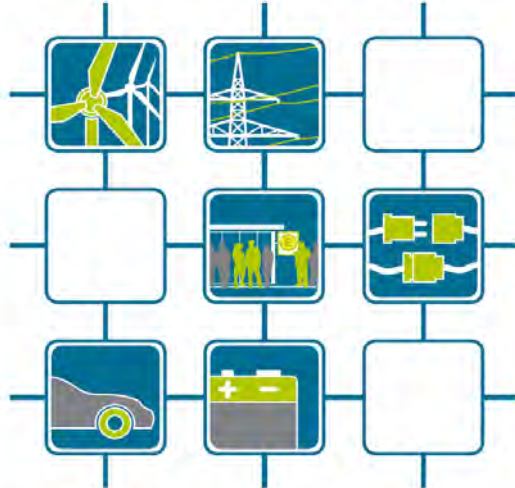
Marktpenetrationsszenarien



Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität



Elektromobilität ist ein komplexes System mit einer Vielzahl von Herausforderungen



100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer

**Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität
Mit diesen Schwerpunkten**



Energieerzeugung,
-verteilung und
-umsetzung

Energie-
speichertechnik

Fahrzeug-
konzepte

Technische
Systemintegration /
gesellschaftspolit.
Fragestellungen

100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer

Verbundprojekt »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität«

- Förderung im Rahmen Konjunkturprogramm II durch BMBF
- Gesamtbudget: 30 Mio. Euro, zzgl. 14 Mio. Euro für Investitionen aus Kopa I
- Projektleitung: Prof. Dr. Ulrich Buller (Fraunhofer-Vorstand Forschungsplanung)
- Hauptkoordination: Prof. Dr. Holger Hanselka (Institutsleiter Fraunhofer LBF)
Geschäftsstelle: Dr. Michael Jöckel (Fraunhofer LBF)
- Laufzeit: bis 30.06.2011

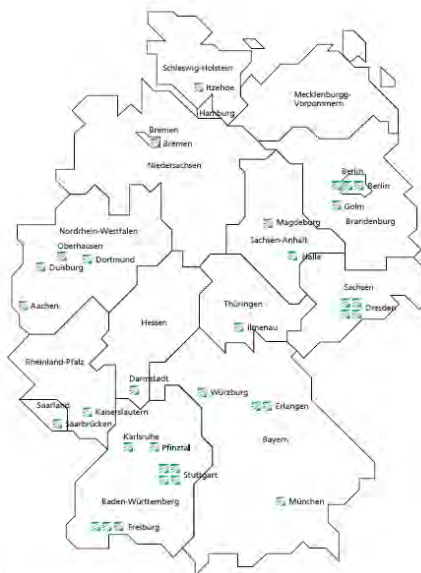
100720_MJ

© Fraunhofer

 Fraunhofer

Teilnehmende Institute

Aachen	ILT
Berlin	IPK, IZM, FIRST
Bremen	IFAM
Darmstadt	LBF
Dortmund	IML
Dresden	IFAM-DD, IKTS, IVI, IWS
Duisburg	IMS
Erlangen	IIS, IISB
Freiburg	EMI, ISE, IWM
Golm	IAP
Halle	PAZ/IWM-H
Ilmenau	IOSB/AST
Itzehoe	ISIT
Kaiserslautern	ITWM
Karlsruhe	ISI
Magdeburg	IFF
München	ESK
Oberhausen	UMSICHT
Pfintzal	ICT
Saarbrücken	IZFP
Stuttgart	IBP, IAO, IGB, IPA
Würzburg	ISC
In der Summe: 22 Standorte und 33 Institute	

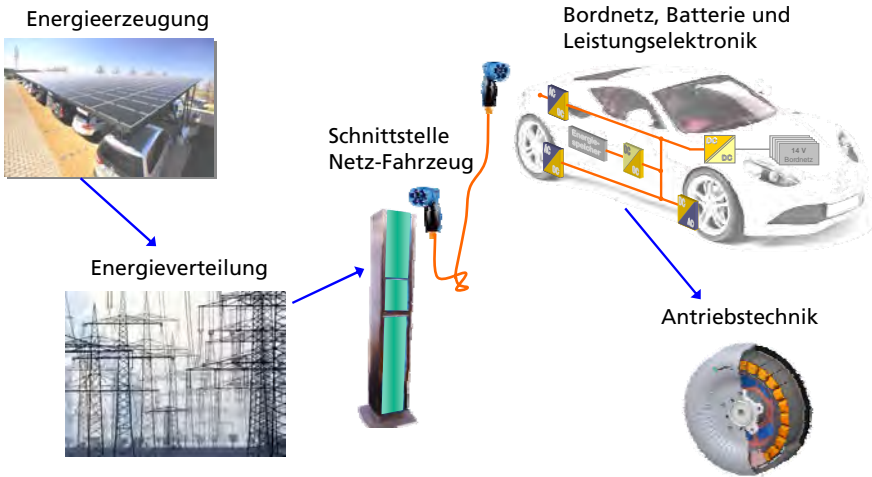


100720_MJ

© Fraunhofer

 Fraunhofer

Auszüge aus den Forschungsarbeiten – Von der Energieerzeugung bis zum E-Antrieb



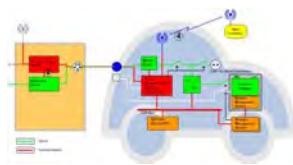
100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer



Teilprojekt "Energieerzeugung und Netzintegration"



Fahrzeug-Netz Schnittstelle



Ultrakompakter Umrichter

Auszüge: Fachlicher Fokus

Universelles nutzerfreundliches Identifikations-, Metering- und Abrechnungssystem

- universell nutzbar für herkömmliche Steckdosen, intelligente Steckdosen und Ladestationen
- mobiles Metering
- bidirektionaler Betrieb
- Tarifsignal nutzbar

■ On-Board Ladegerät

- Leistung 2 kW
- ultrakompakt
- hoher Wirkungsgrad

■ Externe Schnellladestation

- Leistung 22kW
- bidirektional
- ultrakompakt, kann auch mobil verwendet werden

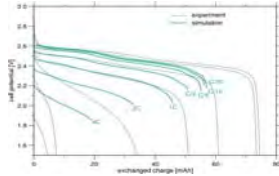
100720_MJ

© Fraunhofer

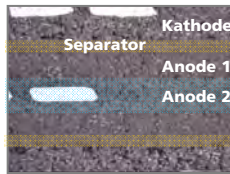
Fraunhofer



Teilprojekt "Energiespeichertechnik – Materialforschung"



Erste Simulationsergebnisse im Vergleich zu Messungen



Hybride Anodenstruktur

100720_MJ

Auszüge: Fachlicher Fokus

■ Simulation und Zellentwicklung

Angepasster Zellbau, Simulation und Messplätze zur Gewinnung von elektrischen und thermischen Daten in einem Projekt vereint zur

- Entwicklung von Batteriemodellen
- simulationsgestützte Material- und Prozessentwicklung
- applikationsbezogenes Zelldesign

■ Hybridelektrodenstrukturen zur gleichzeitigen Optimierung von Leistungs- und Energiedichte

- LIB-Supercap-Konzepte
- „Sandwich“-Strukturen

■ Separator-/Festelektrolyt-Konzepte

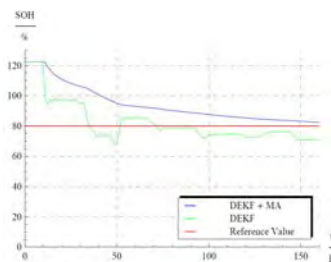
- Gelifizierung/Hybridpolymere/ionenleitende Gläser
- Ziel: Leitfähigkeit > 1mS/cm

© Fraunhofer

Fraunhofer



Teilprojekt "Energiespeichertechnik – Innovatives Batteriespeichersystem"



Bestimmung des Alterungszustandes

Übergeordnetes Energiemanagementsystem



100720_MJ

Auszüge: Fachlicher Fokus

■ Modulintegrierte vernetzte Batteriemanagementsysteme mit

- Ladezustands- und Alterungsbestimmung auf Zellebene
- Verbesserten Sicherheitsfunktionen

■ Übergeordnetes Energiemanagementsystem mit

- modellbasierten elektrischen und thermischen Betriebsführungsstrategien für ein zuverlässiges, sicheres und effizientes elektrisches Fahren
- Diagnosefunktionen zur Identifikation von Wartungsbedarf und notwendigen Modul- bzw. Batteriesystemwechse

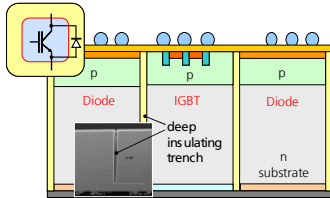
■ Optimiertes Kühlsystem auf Basis von Silikonöl für erhöhte Sicherheit bei hohen Leistungsdichten

© Fraunhofer

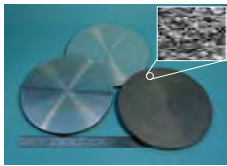
Fraunhofer



Teilprojekt "Energieumsetzung – Robustes Leistungsmodul"



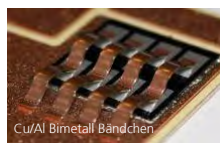
RC-IGBT Querschnitt



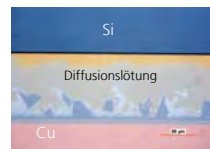
Low-CTE Werkstoff aus AlSi + natürlichem Graphit

Auszüge: Fachlicher Fokus

- Rückwärts-leitfähiger IGBT (1200V RC-IGBT)
- Robuste Aufbau-, Verbindungs- und Substrattechnologien
- Halbbrückenmodule (600V/400A und 1200V/200A)
- SOI-Gatetreiber IC in 0.35µm CMOS-Technologie
- Direkte Flüssigkeitskühlung (Wasser/Glykol)



Robuste Aufbau- und Verbindungstechniken



100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer



Teilprojekt „Fahrzeugkonzepte – Radnabenmotor“



Explosionsdarstellung des RNMs

Auszüge: Fachlicher Fokus

- 6-phasiger permanenterregter Synchronmotor als Außenläufer
- hohe Leistungs- und Drehmomentdichte (55 kW und 700 Nm)
- im Motor integrierte Leistungselektronik, d.h.
 - kurze Leitungswege
 - EMV-Sicherheit
- Kombination von rekuperativem und mechanischem Bremssystem
- Kurzschlussfest
- Pulvermetallurgische Herstellung von weichmagnetischen Komponenten
- serientaugliche Fertigung von Einzelkomponenten durch Druckguss bzw. Lost-Foam Gießverfahren

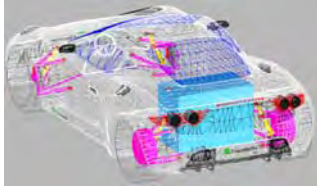
100720_MJ

© Fraunhofer

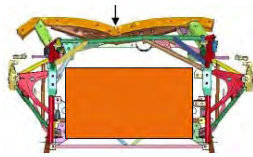
Fraunhofer



Teilprojekt „Fahrzeugkonzepte – Crashesichere Batterie“



Batterie im virtuellen Fahrzeug



Rahmen nach Heckaufprall

Auszüge: Fachlicher Fokus

- Masse Batteriepack ca. 320 kg
- gewichtsoptimierte Tragstruktur
- handhabungsgerechtes (Ein- und Ausbau) Batteriepack
- Analyse der Batterieanordnung auf das Fahrverhalten
- Intrusionsschutz
- Simulierter Lastfall nach ECE 34: Heckaufprall, starre Wand 1100 kg, 10 m/s
- Gewährleistung eines deformationsfreien Raums für die Batteriesicherheit

100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer



Teilprojekt „Fahrzeugkonzepte – Ganzfahrzeugprüfung“



Reproduktion auf Prüfstand zur Straßensimulation



Fraunhofer LBF



Fraunhofer ESW



Konzeptverifikation und Optimierung elektrischer Antriebskomponenten

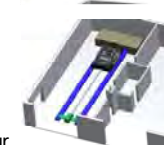


Reproduktion auf Allrad-Akustikprüfstand

Fraunhofer IBP



Fraunhofer ESW



Crashtest an Ersatzstruktur

100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer

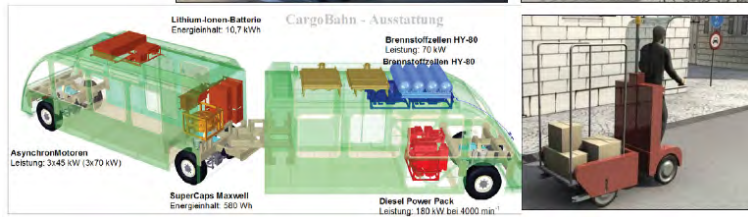


Technische Systemintegration Demonstrator ÖPNV + innerstädtische Logistik

AutoTram



MicroCarrier



100720_MJ

© Fraunhofer



Technische Systemintegration Demonstrator Individualverkehr Fraunhofer E-Concept Car Typ 0 – FrECC0



Fraunhofer- Komponenten
(Auszug)

Energieerzeugung,-verteilung und
-umsetzung

- Ladegerät

Energiespeichertechnik:

- Batteriesystem

Fahrzeugkonzepte:

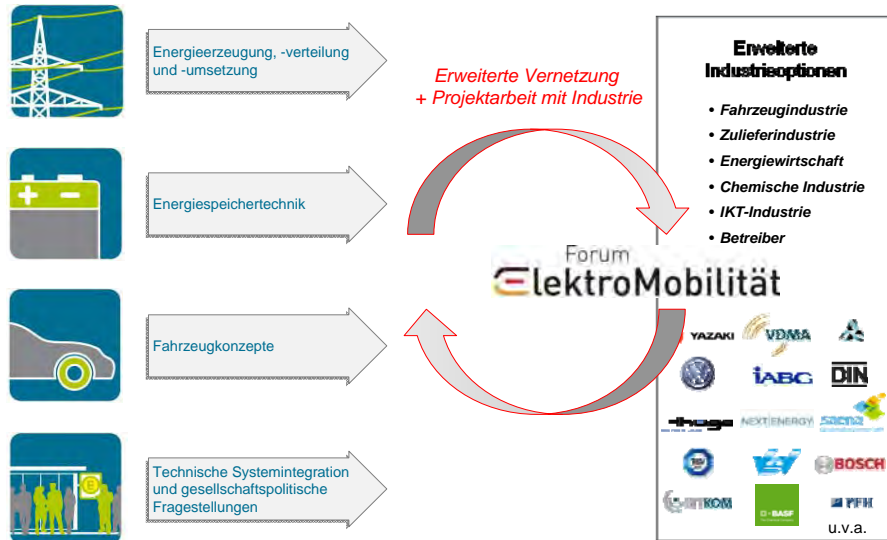
- Crashesichere Batterieintegration
- Radnabenmotor mit integrierter Leistungselektronik

100720_MJ

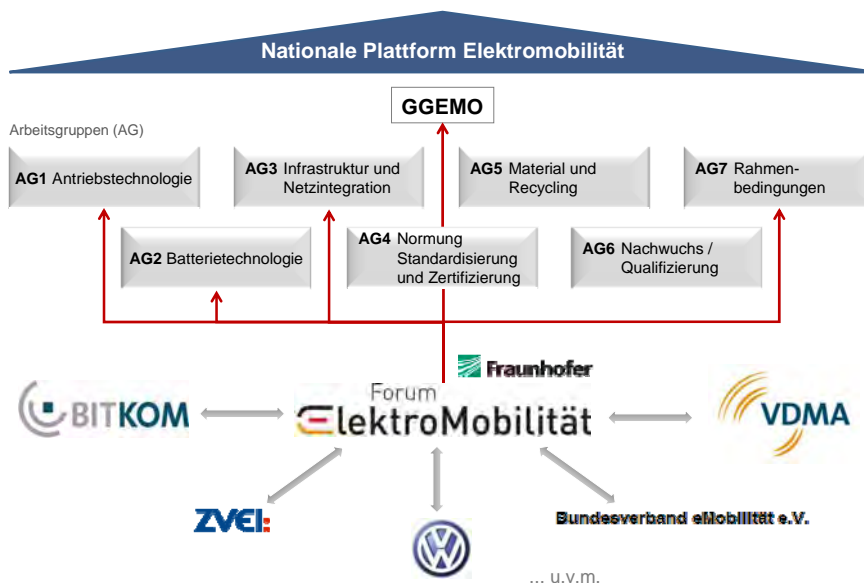
© Fraunhofer



Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität Forum Elektromobilität e.V.



Strategischer Dialog Projektimplementierung



Fazit

- Urbaner Mobilität mit möglichst geringen Emissionen kommt eine steigende Bedeutung zu.
- Im Verkehr der Zukunft werden verschiedenartigste Antriebskonzepte zu finden sein.
- Batteriefahrzeuge werden in diesem Antriebsmix ein zunehmender Bestandteil sein:
 - + „Direkte“ Nutzung regenerativer Energien möglich (auch: Abfederung von Netzschwankungen „Vehicle to Grid“)
 - + Keine lokale Emission
- Heutige Kernherausforderung sind die Kosten der Energiespeicher sowie die machbaren Reichweiten.
- Elektromobilität ist ein komplexes System, dessen volles Potenzial erst bei gesamtheitlicher Betrachtung fassbar wird.

100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer

Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität Aufbau interdisziplinärer Kompetenz im Fraunhofer-Verbund

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



100720_MJ

© Fraunhofer

Fraunhofer