

Forschungsprojekt "e performance"

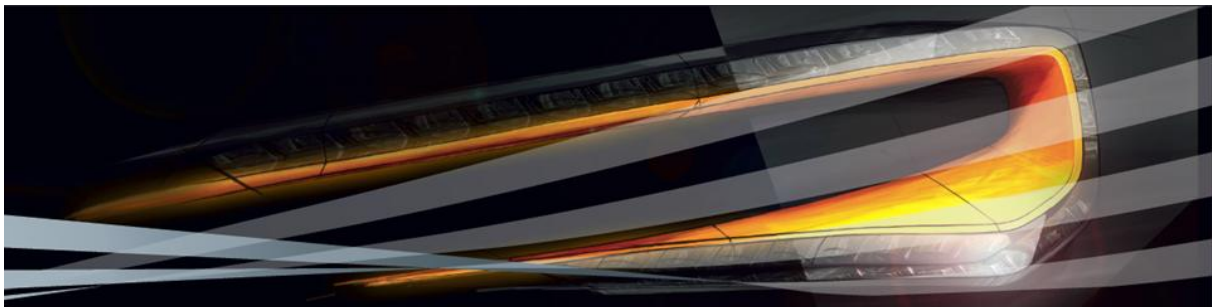
Konzeption eines Elektro-fahrzeuges

Research Project "e performance" Design Approach for a BEV

M. **Schüssler** – Audi AG, Ingolstadt, Germany

C. **Allmann** – AEV, Germany

B. **Hartmann** – ika – Institut für Kraftfahrzeuge, RWTH Aachen University, Germany



Forschungsprojekt e performance

Konzeption eines Elektrofahrzeuges

Dipl.-Ing. M. Schüssler, Audi AG

Dr.-Ing. Chr. Allmann, AEV

Dipl.-Ing. B. Hartmann, ika

06. Oktober 2010, 19. Aachener Kolloquium

AUDI AG



Audi
Electronics Venture GmbH

Robert Bosch GmbH
Bosch Engineering GmbH



RWTH AACHEN
UNIVERSITY

Forschungsprojekt e performance Projektdaten



Abb. 1: Projektdaten

Forschungsprojekt e performance Herausforderungen

- **Elektrischer Antriebsstrang**
 - Multi-E-Maschinen Konzepte
 - Auslegung und Dynamik von E-Maschinen
- **Energiespeicher Batterie**
 - Leistungs- und Energiedichte
 - Elektrische Reichweite
 - Crash-Tauglichkeit
- **Thermomanagement**
(Heizen / Kühlen Innenraum und Komponenten)
 - Einfluss der Innenraumheizung auf die Reichweite
 - Heiz- und Kühlbedarfe des Innenraums
 - Kältekreis für Innenraum- und Batterie-Kühlung
- **Elektrische Nebenaggregate**
 - Lenkung, Bremse
 - Klimakompressor
- **Mensch-Maschine-Schnittstelle**
 - Bedien- und Anzeige-konzept
- ...



Ziele:

- Bearbeitung grundlegender technischer Fragestellungen
- Know-How-Aufbau in der Industrie und den Hochschulen
- „War for talents“ Aufbau der Fachkräfte von morgen

Abb. 2: Herausforderungen

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete

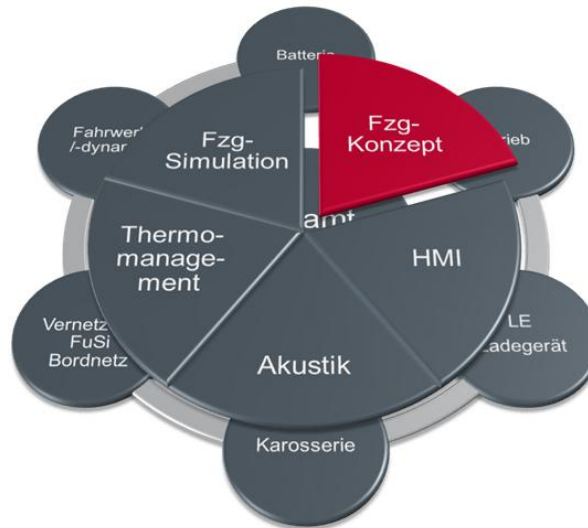


Abb. 3: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
Ausgangssituation



<p>Aufgaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse der Konzeptanforderungen • Erstellung von Konzepten zur Bewertung (und Umsetzung) • Detaillierte technische (und finanzielle) Bewertung 	<p>Ziel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modulare Verwendbarkeit von Komponenten für unterschiedliche Fahrzeugkonzepte
---	---

<p>Forderungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Batterie-elektrischer Antrieb • Sitzplätze: mind. 2 • Anzahl der Räder: 4 • Fahrzeugaufbau geschlossen • Reichweite > 120 km • Projektlaufzeit: 3 Jahre 	<p>Fragestellung:</p> <p>Welches Fahrzeugsegment ist prädestiniert für den elektrischen Antrieb?</p> <p>Vorgehensweise:</p> <p>Gegenüberstellung und Bewertung der Segmente mittels Konzept-bestimmender Attribute:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeugmasse • Luftwiderstand, Querspanfläche • Elektrische Verbraucher • Fahrleistungen: v_{max}, a, Reichweite • Berechnung Energieverbrauch, Batteriegewicht und -energieinhalt • Berechnung Betriebskosten, Herstellungskosten, Emissionen, usw.
<p>Wünsche</p> <ul style="list-style-type: none"> • Skalierbarer Antriebsstrang • Modulares Batteriesystem 	



Abb. 4: Ausgangssituation

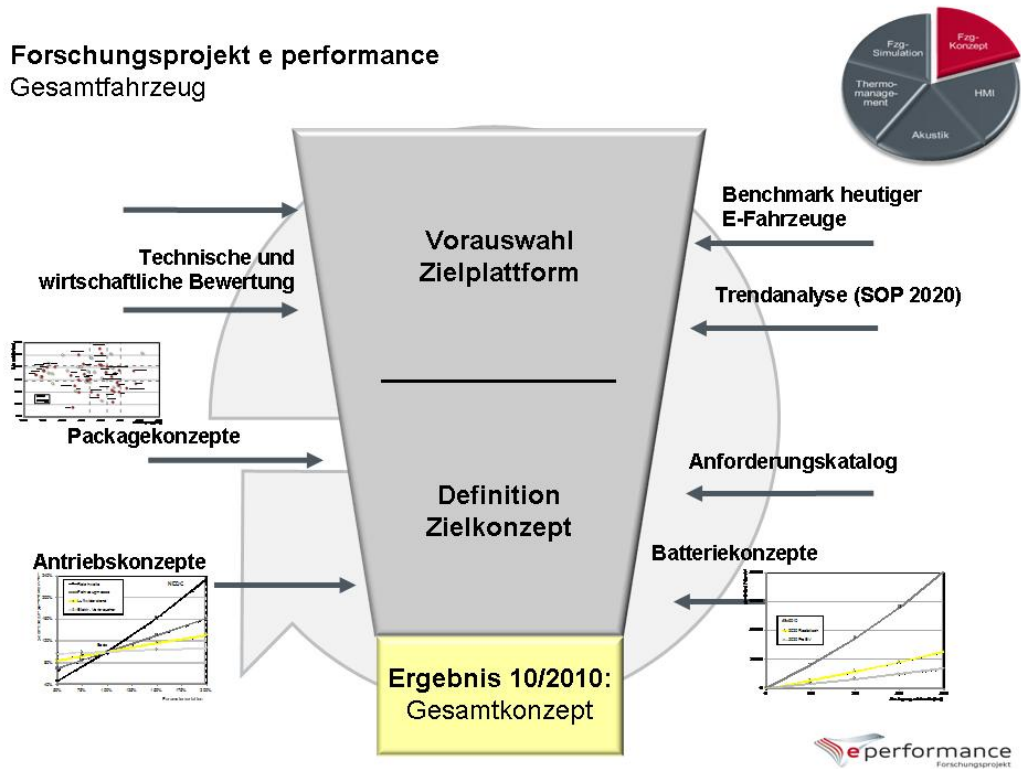


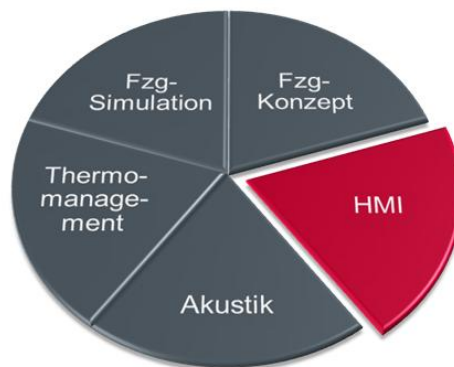
Abb. 5: Gesamtfahrzeug

Forschungsprojekt e performance
Gesamtfahrzeug - Fahrzeugklassen

Bezeichnung	e-City	e-Family	e-Sport
Fahrzeugsegment	Kleinwagen	Mittelklasse	Sportwagen
vergleichbare Audi-Plattform	A1	A4	TT
Sitzplätze	4	mind. 4	2+2
Referenz-Radstand	2460 mm	2800 mm	2470 mm
max. Länge	4000 mm	4630 mm	4200 mm
max. Breite	1682 mm	1880 mm	1842 mm
max. Höhe	1462 mm	1430 mm	1352 mm
Zielgewicht	1100 kg	1300 kg	1200 kg
cw-Wert x A	0,29 x 2	0,26 x 2,2	0,29 x 2,1
fr	0,01	0,01	0,01
Fahrleistungen			
Beschl. 0-60 km/h	5 sec	4 sec	3 sec
Beschl. 0-100 km/h	12 sec	10 sec	7 sec
Steigfähigkeit	58%	58%	58%
Höchstgeschwindigkeit dauerhaft	130 km/h	150 km/h	150 km/h
Höchstgeschwindigkeit maximal (1 min.)	150 km/h	180 km/h	180 km/h
Reichweite NEDC	>120	>150	>200

Abb. 6: Gesamtfahrzeug - Fahrzeugklassen

Forschungsprojekt e performance Arbeitspakete



e performance
Forschungsprojekt

Abb. 7: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance HMI - Kundennutzungsverhalten



- **USA:** 80% fahren maximal 80 km / Tag (Quelle dt. Bank)
- **UK:** 93% fahren maximal 40 km / Tag (Quelle dt. Bank)
- **D:** 63% fahren maximal 50 km / Tag (Quelle fka)
- **EU:** 70% fahren maximal 40 km / Tag (Quelle Bain&Company)

e performance
Forschungsprojekt

Abb. 8: HMI - Kundennutzungsverhalten

Forschungsprojekt e performance
HMI - Interior

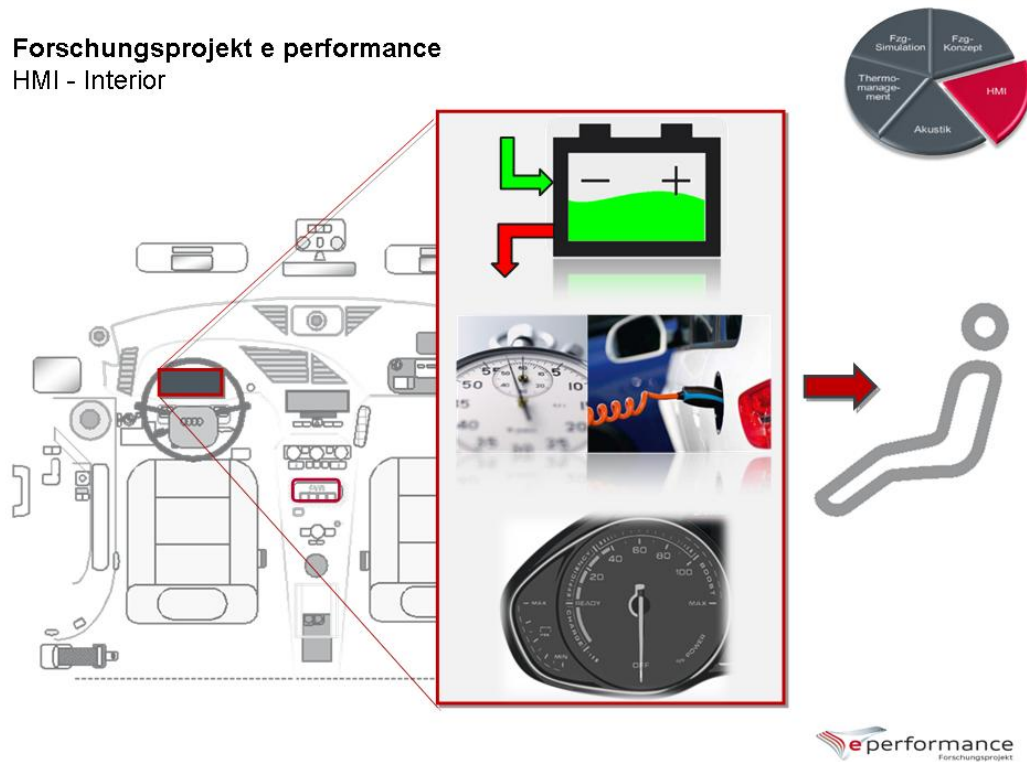


Abb. 9: HMI - Interior

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete

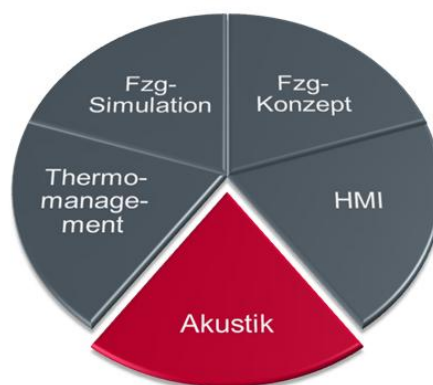


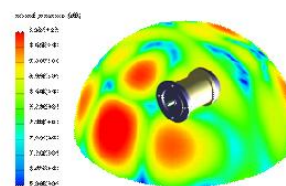
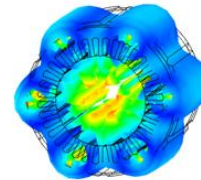
Abb. 10: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance

Akustik

Ziele:

- Transiente Drehschwingungssimulationsmodell des gesamten Antriebsstrangs unter Berücksichtigung des Gesamtfahrzeugs
 - Fahrzeuglängsruckeln
 - „Bonanza“-Effekt
 - Untersuchung kritischer Momentenrampen
- Simulation von Luft- und Körperschallabstrahlung der Antriebsaggregate
- Vorhersage des NVH-Verhaltens
- Gute Schwingungsisolierung der Antriebsaggregate (Lagerungskonzept Antriebsstrang)
- Kapselung und Dämmung von Aggregaten bei Bedarf
- Untersuchung der subjektiven Wahrnehmung
 - Innengeräusch
 - Außengeräusch
- Aktives Sounddesign

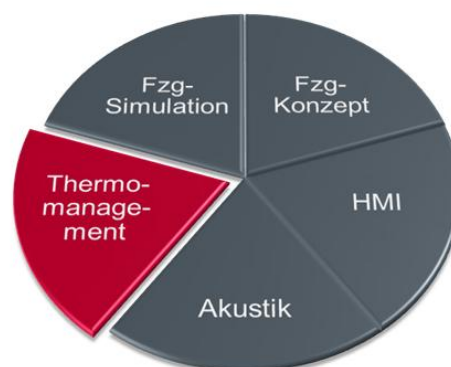


e performance
Forschungsprojekt

Abb. 11: Akustik

Forschungsprojekt e performance

Arbeitspakete



e performance
Forschungsprojekt

Abb. 12: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance Thermomanagement

Ziele:

- Identifikation von Auslegungsszenarien für Antriebsstrang und Batterie zur Ableitung von Effizienz-steigernden Thermomanagementkonzepten durch Simulation
- Reduzierung von Kälte- und Wärmebedarf des Fahrzeuginnenraums und Ableitung alternativer Verfahren zur Kälte- und Wärmeerzeugung durch Simulation alternativer Klimatisierungskonzepte
- Kopplung von Thermomanagement und Klimatisierung zur Steigerung der Gesamtsystemeffizienz

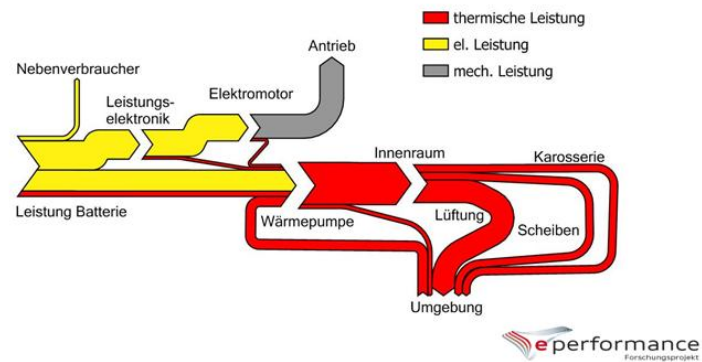
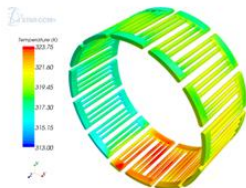


Abb. 13: Thermomanagement

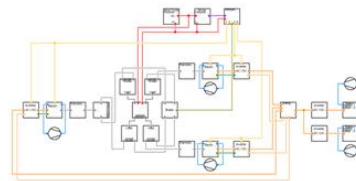
Forschungsprojekt e performance Thermomanagement

Statische 3D-CFD Simulation Beispiel: PSM

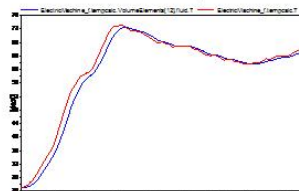


Parametri-
sierung

Dynamische 1D Simulation Längsdynamik & Wärmeströme



Komponenten- und Kühlfluidtemperatur



Verlustleistung Beispiel: PSM

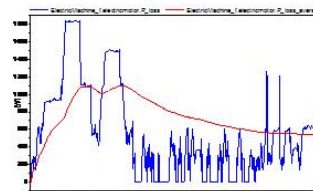


Abb. 14: Thermomanagement

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete

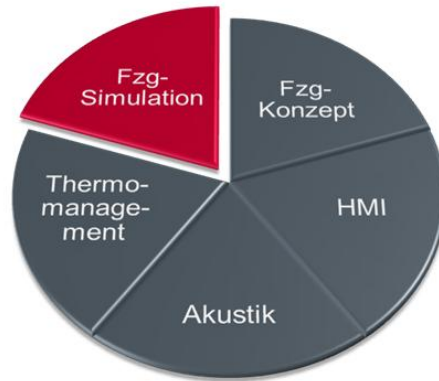
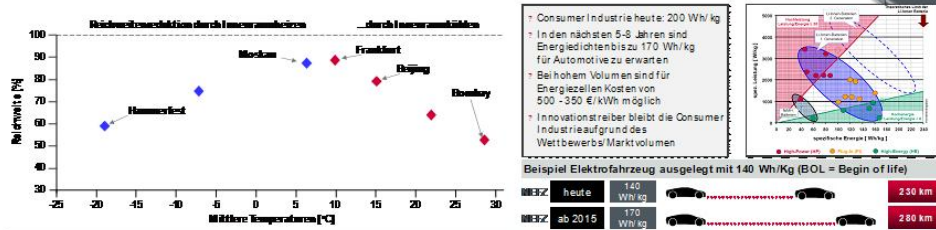


Abb. 15: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
Gesamtfahrzeugsimulation - Thermomanagement



- ▶ Ableiten von Energiebedarf, Fahr- und Verlustleistungen
- ▶ Optimierung des Energieverbrauchs durch domänenübergreifende Simulation
- ▶ Unterstützung der Antriebsstrang- und Kühlkreisauslegung
- ▶ Unterstützung bei der Entwicklung von Betriebsstrategie und Energiemanagement

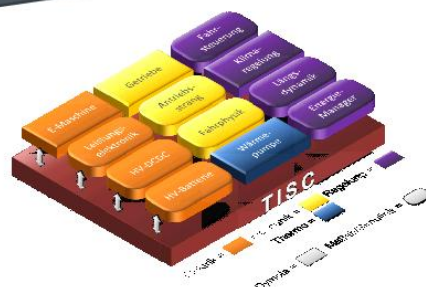


Abb. 16: Gesamtfahrzeugsimulation - Thermomanagement

Forschungsprojekt e performance
Gesamtfahrzeugsimulation

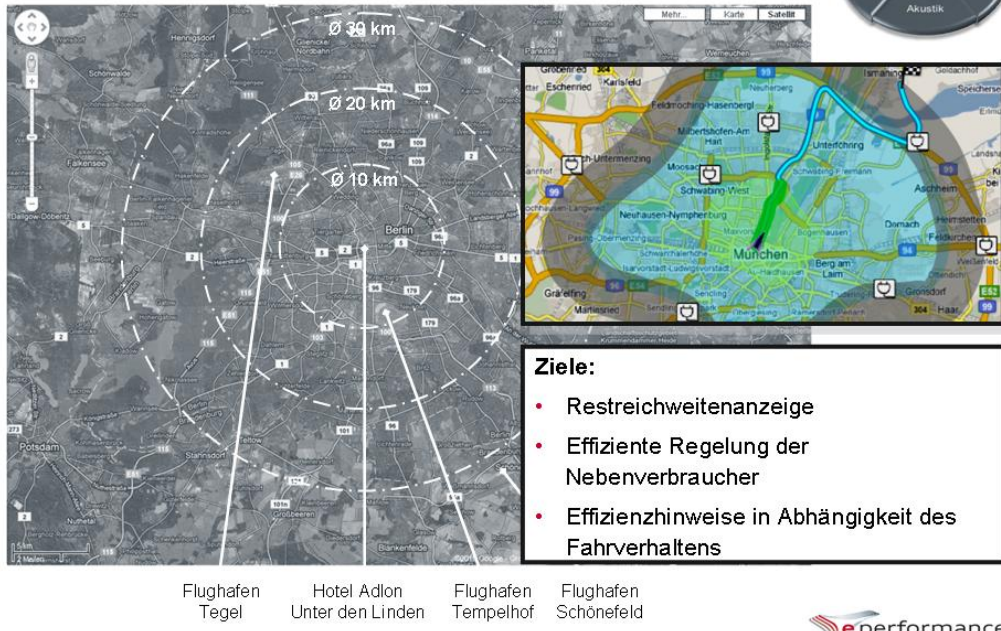


Abb. 17: Gesamtfahrzeugsimulation

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete



Abb. 18: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
Antriebsstrang - Modulbaukasten

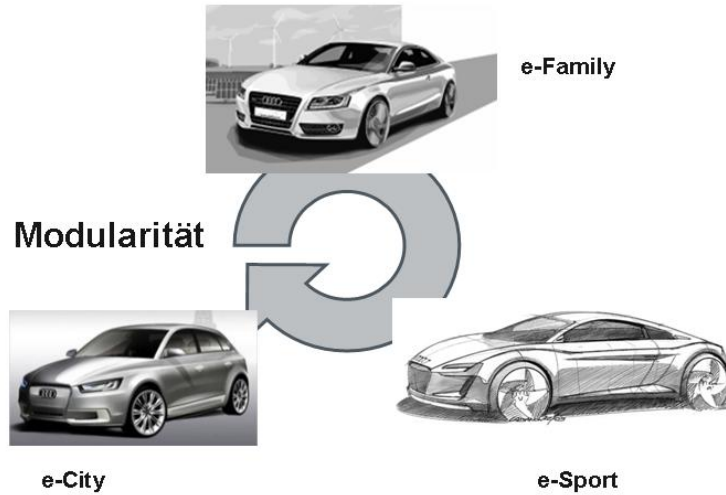


Abb. 19: Antriebsstrang - Modulbaukasten

Forschungsprojekt e performance
Antriebsstrang - Modulbaukasten

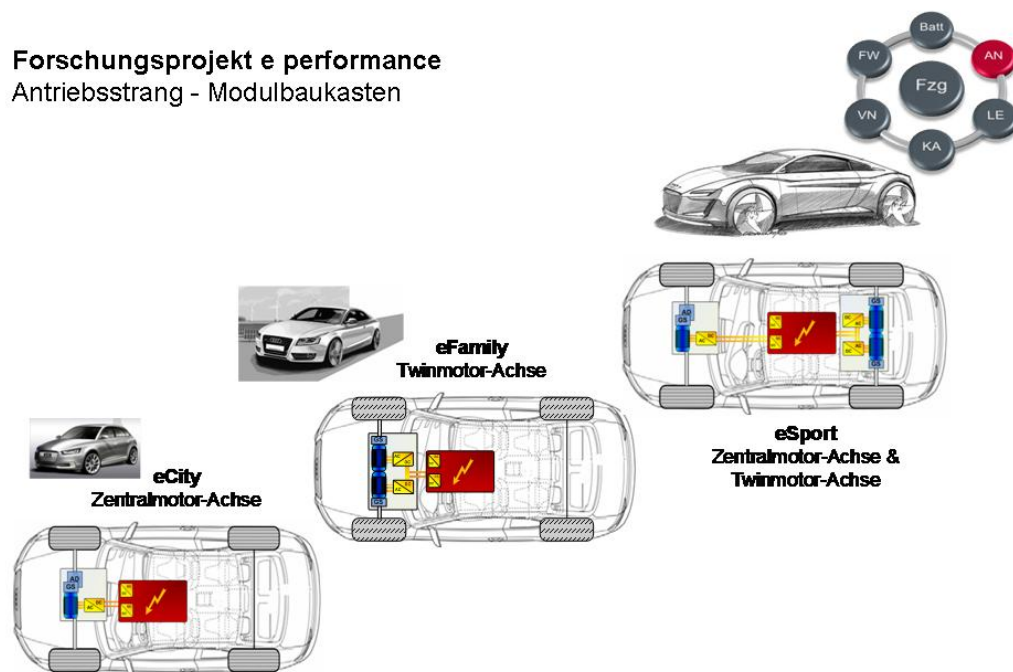


Abb. 20: Antriebsstrang - Modulbaukasten

Forschungsprojekt e performance
Antriebsstrang - Konzeptionsphase



► Konzeptionsphase

► Aufbau einer Antriebsstrangtopologiematrix zur Antriebsstrangauswahl

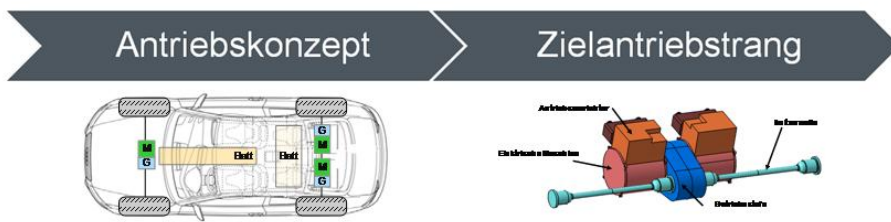
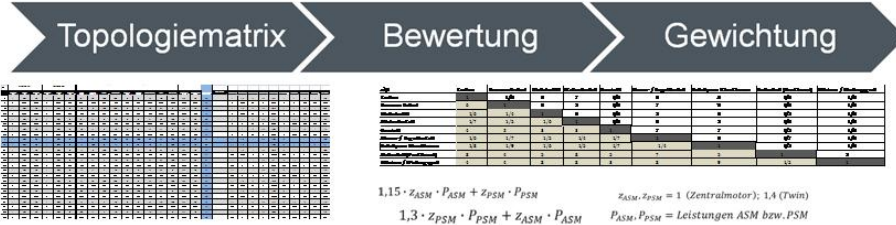


Abb. 21: Antriebsstrang - Konzeptionsphase

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete



Abb. 22: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
 Batterie



- ▶ Auswahl Zellgeometrie



- ▶ 18650 Consumer-Zelle
 - ▶ Austauschbarkeit durch standardisierte Zellgeometrie
 - ▶ Zellen unterschiedlichster Zellchemie und Hersteller erhältlich.
Markante Unterschiede in der Qualität und Sicherheit
 - ▶ Geringe Kosten und konstante Qualität bei Produktion in hohen Stückzahlen
- ▶ Auswahl Zelltyp
 - ▶ Durchführung von Schnellcharakterisierungstests am ISEA
 - ▶ Vermessung von Kapazität und Leistungsfähigkeit in verschiedenen Betriebsbereichen



Abb. 23: Batterie

Forschungsprojekt e performance
 Batterie - Modulkonzept



- ▶ Parallelschaltung von jeweils 26 Einzelzellen zu Makrozellen
 - ▶ Zellen befinden sich in festem Verbund
- ▶ Makrozelle bildet kleinste Einheit für
 - ▶ Batteriemanagementsystem (Überwachung von Temperatur und Spannung)
 - ▶ Kühlsystem
- ▶ Herausforderung:
 „Vernünftiges“ Verhältnis von Zellgewicht zu Systemgewicht.

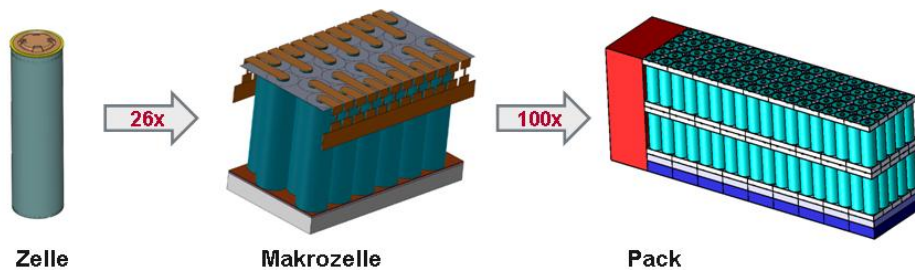


Abb. 24: Modulkonzept

Forschungsprojekt e performance
 Batterie – Modulares Batteriesystem

► Entwicklung des Batteriesystems für verschiedene Fahrzeugklassen

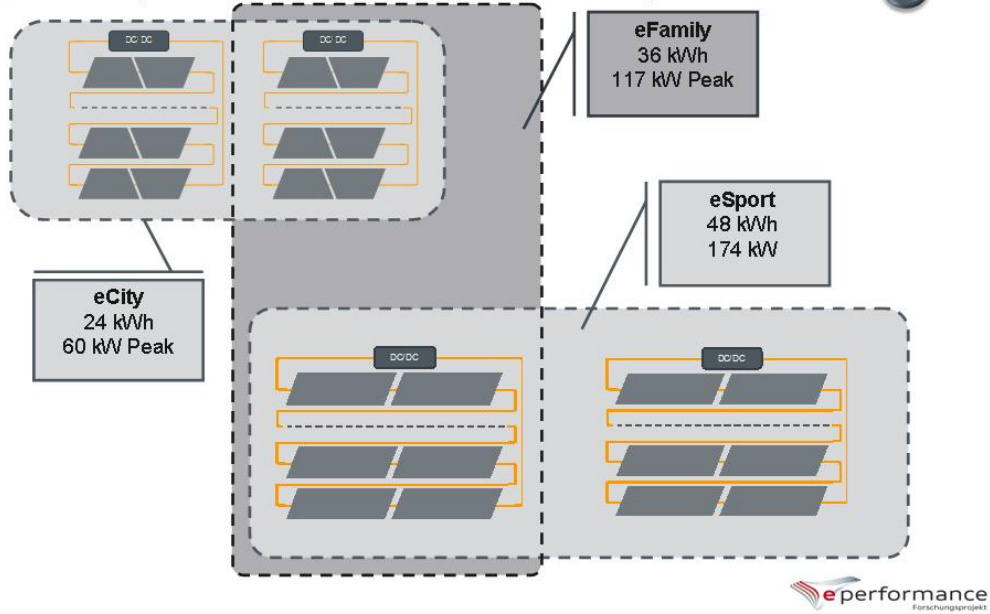


Abb. 25: Batterie – Modulares Batteriesystem

Forschungsprojekt e performance
 Arbeitspakete

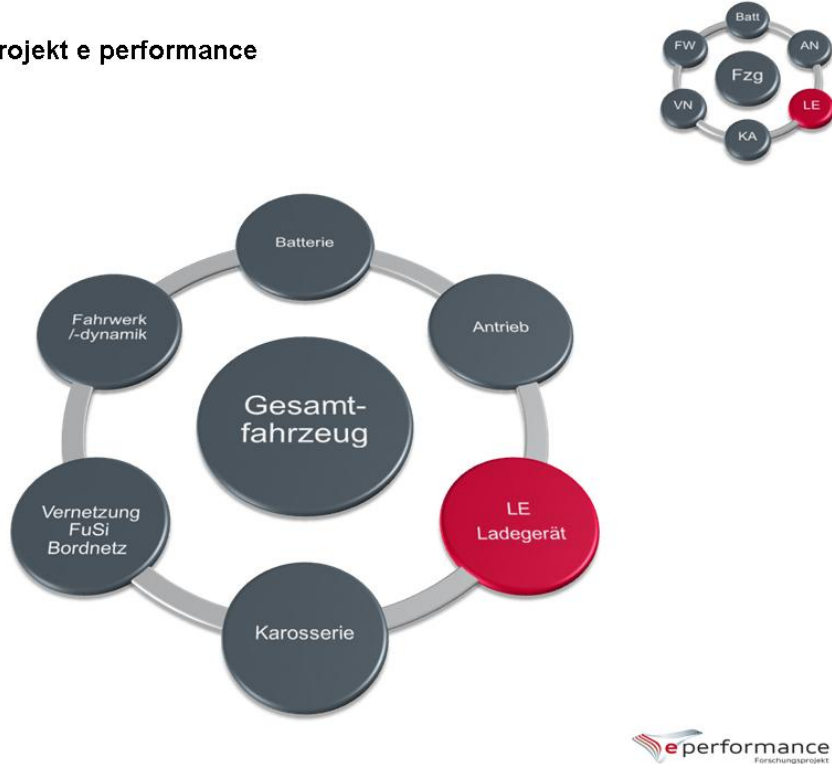


Abb. 26: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
Leistungselektronik

- ▶ Skalierbarkeit durch:
 - ▶ mehrphasigen DC/DC-Wandler
 - ▶ unabhängige Batteriepacks
- ▶ Redundanz
 - ▶ Ausfall eines Batteriepacks kompensierbar
 - ▶ Bei Ausfall eines DC/DC-Wandlers können Nebenverbraucher durch Restenergie der Batterie versorgt werden
 - ▶ Bei Ausfall eines Traktionsumrichters ist Notbetrieb mit einem Antrieb möglich
- ▶ Anpassbare Traktionsspannung
 - ▶ Umrichterverluste verringierbar
 - ▶ Maschine muss nicht überdimensioniert werden
- ▶ Topologie ist auf E-Fahrzeuge kleinerer Leistung oder Hybridfahrzeuge übertragbar

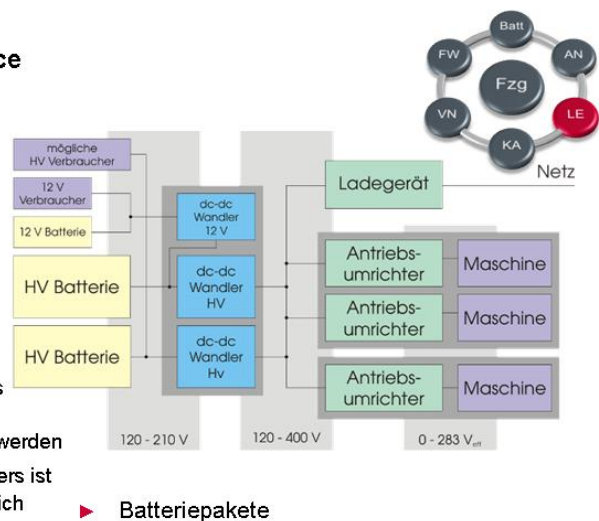


Abb. 27: Leistungselektronik

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete

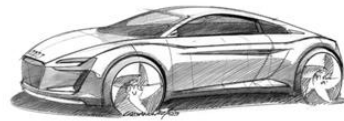


Abb. 28: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
Gesamtfahrzeug - Packagekonzepte



eFamily



eSport

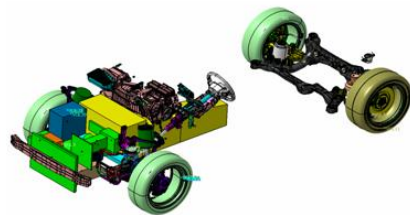
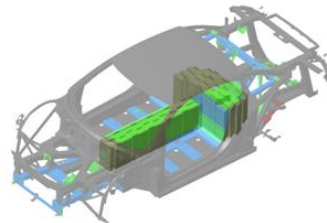
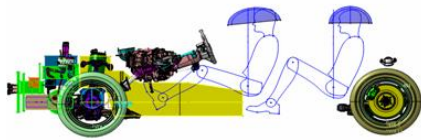


Abb. 29: Gesamtfahrzeug - Packagekonzepte

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete



Abb. 30: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
 Fahrzeugarchitektur bisher ...

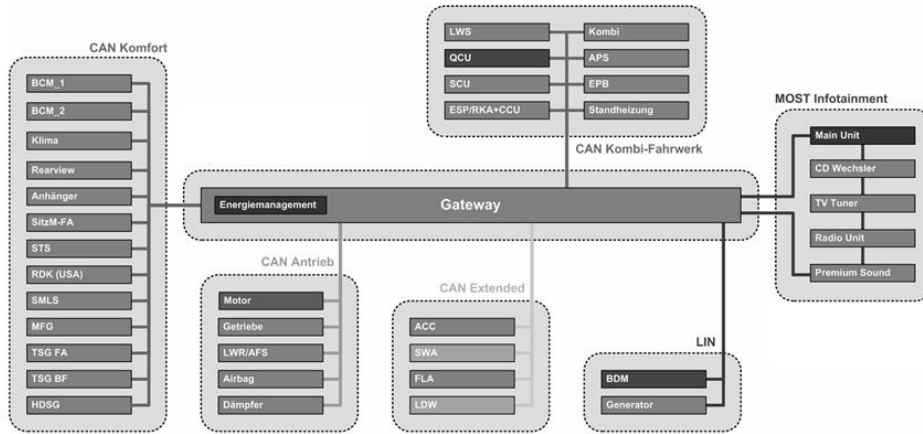
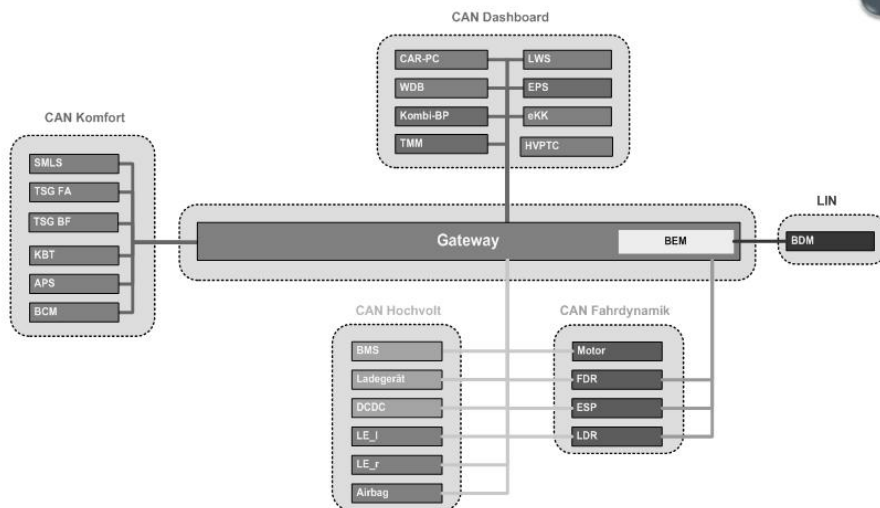


Abb. 31: Fahrzeugarchitektur bisher

Forschungsprojekt e performance
 Fahrzeugarchitektur E-Fahrzeug



- ▶ Anpassung der Fahrzeugarchitektur ist erforderlich
- ▶ Chance zu neuer Zuordnung von Funktionen und SG-Hardware



Abb. 32: Fahrzeugarchitektur E-Fahrzeug

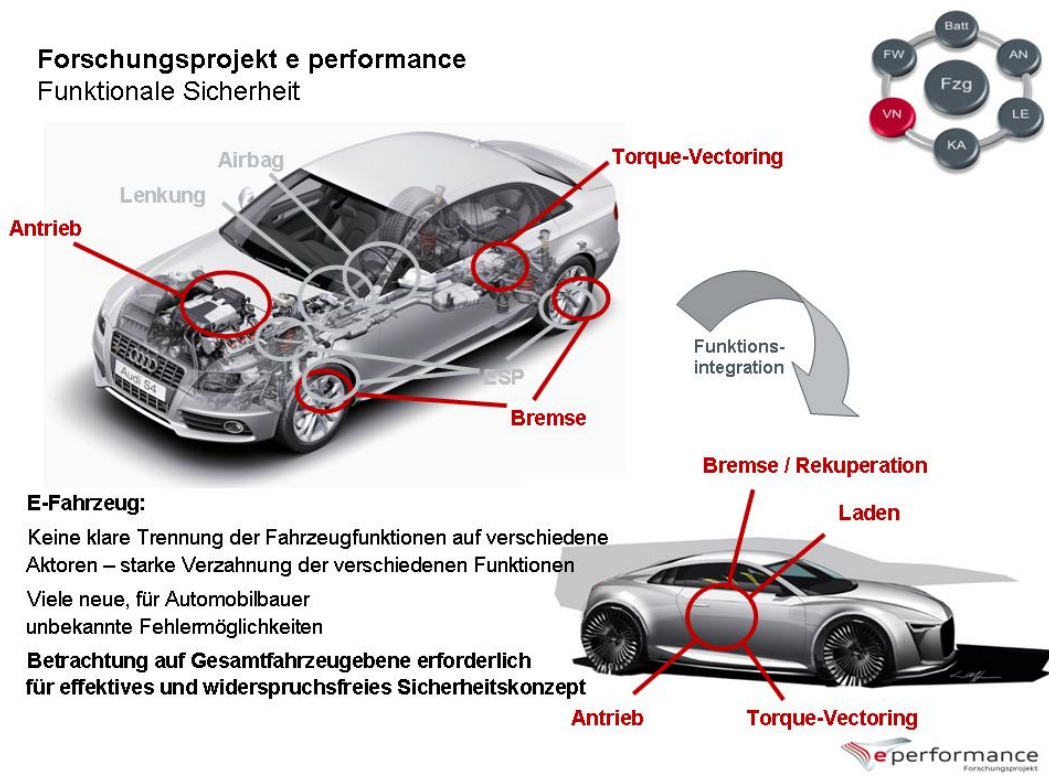


Abb. 33: Funktionale Sicherheit

Forschungsprojekt e performance
Arbeitspakete

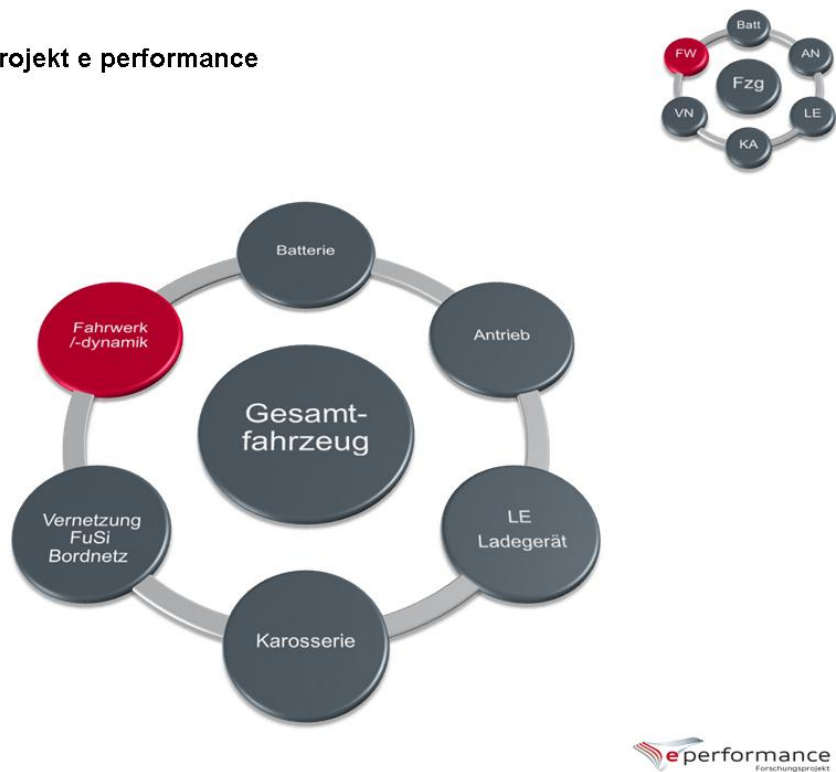


Abb. 34: Arbeitspakete

Forschungsprojekt e performance
 Fahrdynamikregelung

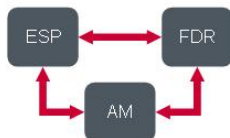


► **Fahrdynamikregelung**



- Signaldatenaufbereitung → Nutzung neuer Sensoren
- Fahrzustandsermittlung → Einfluss hoher Rekuperation
- Hohe Regelgenauigkeit E-Maschinen → neue Funktionen

► **Schnittstellenkonzept Fahrdynamikregelung – Antriebsmanagement**



- Hohe Varianz möglicher Triebstranglayouts → Modularität
- Funktionspartitionierung → Aufgabenteilung OEM - Zulieferer
- Neue Anforderungen → Bussysteme und Steuergeräte

► **Funktionale Sicherheit von Fahrdynamikregelsystemen in E-Fahrzeugen**



- Fehlerverhalten E-Maschinen → Auslegungsrandbedingungen
- Vernetzungsarchitektur → Abschaltstrategien im Fehlerfall

Fahrdynamikregelung ist integraler Bestandteil des Antriebs



Abb. 35: Fahrdynamikregelung

Forschungsprojekt e performance
 Technik im Demonstrator



Thermomanagement

- Wärmerückgewinnung
- Speichersysteme für Innenraum und E-Komponenten
- Flächenheizung, Wärmestrahlung

Fahrwerk & Fahrdynamik

- Reifenentwicklung
- Bremsen
- Pedalhaptiksimulatoren und deren Wahrnehmung durch den Fahrer
- Potentiale adaptiver Bremsbetätigungsgestaltung
- Elektrischer Dämpfer, Aktorkonzept & Auslegung
- eTV Regler HA + eAllrad in E-Fzg.

Bordnetz, Vernetzung & FuSi

- Vernetzung: Komplexitätsreduzierung, E-Vernetzung an Labor- / Bretttaufbau und in Simulation
- Funktionale Sicherheit: Umsetzung Überwachungsfunktionen Bausteine für modulares Sicherheitskonzept von E-Fahrzeugen

Fahrzeug-Konzept

- Gesamtfahrzeug-Konzept: Entwicklung Modul- / Baukastenstrategie Gewichts- & Reichweitenoptimierung
- Package & Maßkonzept
- Mensch-Maschine-Schnittstelle

Energiespeicher

- HV-Topologie mit Mehr-Speicher-Prinzip und HV-Zwischenkreis
- Neue Kühlkonzepte
- Erstellung von Batteriemanageralgorithmen
- Pre-Crash Steuerung

Karosserie

- Konzeptentwicklung
- Energiespeicher-Integration
- Entwicklung von wirtschaftlich optimierten Fertigungskonzepten
- Materialentwicklung von Matrixwerkstoffen zur Kostenreduzierung

Antrieb / Leistungselektronik

- Allradantrieb
- „Elektrisches Schalten“ (Einbau PSM und ASM) vs. mechanisches Getriebe
- H-Brücke als Umrichter
- angepasste Bordnetz- & Wechselrichter-Topologie



Abb. 36: Technik im Demonstrator

Unser Dank gilt:

M. Wein, A. Muigg, F. Engelhard, K. Müller, S. Ginsberg, D. van Treek, M. Felden,
C. Schäper, M. Bösing, R. Abl, T. Hillers, P. Jeck, Chr. Rebinger, B. Mohrmann,
P. Bütterling, K. Simon, F. Sellmaier, J. Badhorn, D. Leitner, J. Bader, K-H Meitinger,
Chr. Westermaier, D. Hirschmann, H. Staats, N. Stüber, J. Ungermann
und allen andern Projektbeteiligten...



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Martin Schürzler, VBB 11

 eperformance
Forschungsprojekt

Abb. 37: Dank