

DAIMLER



Schlussbericht über das Vorhaben: Kundengerechte Range Extender Konzepte

FKZ: 16EM1045

RD/R Driving the future

Kundengerechte Range Extender Konzepte

Inhaltsverzeichnis

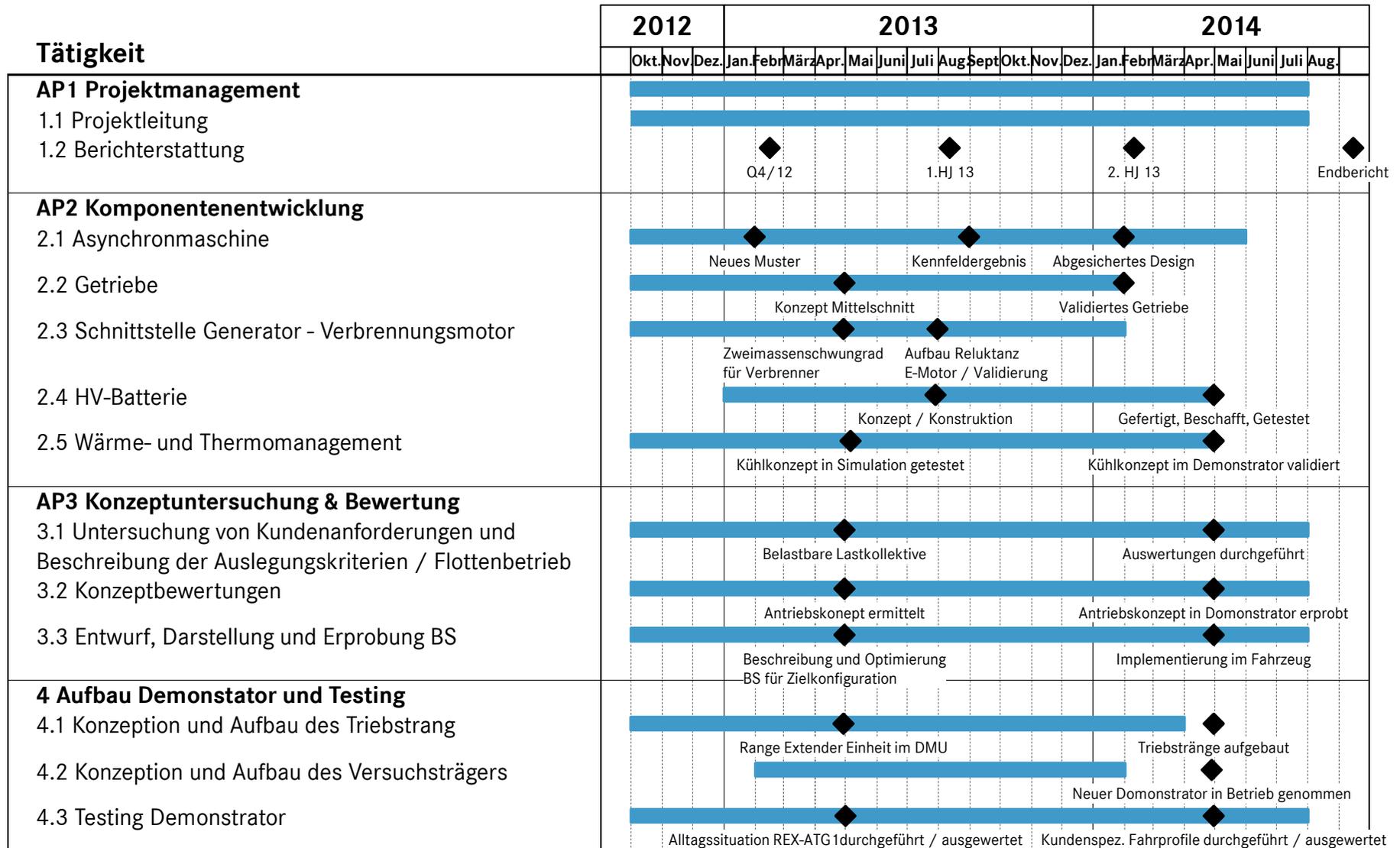
- 1 Übersicht Terminplan und Projektinhalte
- 2 Zusammenfassung der gesamten Projektergebnisse
- 3 Dokumentation der Ergebnisse pro Arbeitspaket
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

Kundengerechte Range Extender Konzepte

Inhaltsverzeichnis

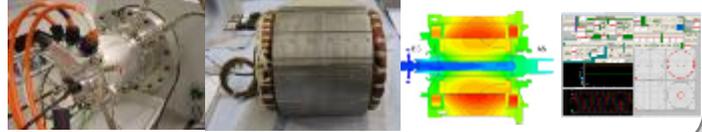
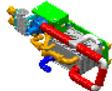
- 1 Übersicht Terminplan und Projektinhalte
- 2 Zusammenfassung der gesamten Projektergebnisse
- 3 Dokumentation der Ergebnisse pro Arbeitspaket
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

Terminplan Kundengerechte Range Extender Konzepte



Inhalte Kundengerechte REX Konzepte

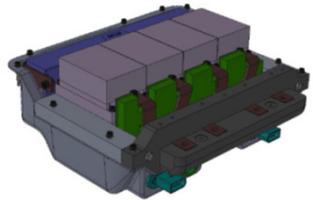
Zeitraum: 10/2012 – 06/2014

	2012	2013	2014	
AP1 Projektmanagement 1.1 Projektleitung 1.2 Berichterstattung <hr/> AP2 Komponentenentwicklung 2.1 Asynchronmaschine 2.2 Getriebe 2.3 Schnittstelle Generator - Verbrennungsmotor 2.4 HV-Batterie 2.5 Wärme- und Thermomanagement	Technologie Asynchronmaschine (ASM) Hardware & Mechanik-Entwicklung Tools&Methode: thermische Auslegung, Regelung-			
	Technologie Reluktanzmaschine (SR)		Inkl. Optimierung Verbindung mit VM	
	Elektrifizierung Seriengetriebe	Elektrifizierung Frontantrieb-Architektur durch Module		Wärme- & Thermomanagement 
AP3 Konzeptuntersuchung & Bewertung 3.1 Untersuchung von Kundenanforderungen und Beschreibung der Auslegungskriterien / Flottenbetrieb 3.2 Konzeptbewertungen 3.3 Entwurf, Darstellung und Erprobung BS	Flottenversuch	Kundenanforderungen und Spezifikationen		
	4 Aufbau Demonstrator und Testing 4.1 Konzeption und Aufbau des Triebstrang 4.2 Konzeption und Aufbau des Versuchsträgers 4.3 Testing Demonstrator	Demonstrator Plug-In auf Basis Serienkomponenten und Module		

Ziel: Kundengerechte Range Extender Konzepte – bezahlbar und mit bester Effizienz im Alltag

Inhalte Aufstockung Kundengerechte REX Konzepte

Aufstockung: 06/2014 – 03/2015

		2014	2015	
<p>AP1 Projektmanagement</p> <hr/> <p>AP2 Geschaltete Reluktanzmaschine AP2.1 Optimierung LE und EM SR2206 AP2.2 Wiederinbetriebnahme REX Einheit AP2.3 Fahrzeuginbetriebnahme AP2.4 Akustische Bewertung und Optimierung FZG</p>	AP2	<p>Reluktanzmaschine</p> <p>Nachweis der Konzepttauglichkeit im Fahrzeug (SmartEV)</p> <ul style="list-style-type: none"> - NVH Verhalten Optimierung auf „Serienniveau“ - Regelfunktionen in Fahrzeugumgebung bestätigen 		
		AP3	<p>Asynchronmaschine</p> <p>Varianten testen auf Prüfstand um Serienanforderungen bedienen zu können</p> <ul style="list-style-type: none"> - LE-Regelung - Varianten Kühlung - Wirkungsgradoptimierungen - Vereinfachung Gesamtsystemkosten 	
	<p>AP3 Asynchronmaschine AP3.1 Weiterentwicklung Komponente AP3.2 Anpassung Umrichter AP3.3 Beschaffung AP3.4 Aufbau AP3.5 Validierung</p>			

Ziel: Die Komponenten Asynchronmaschine und Reluktanzmaschine können durch weitere Optimierung und dem Nachweis der Leistungs-/ Umsetzungsfähigkeit für eine Serienanwendung zu Verfügung stehen!

Kundengerechte Range Extender Konzepte

Inhaltsverzeichnis

- 1 Übersicht Terminplan und Projektinhalte
- 2 Zusammenfassung der gesamten Projektergebnisse
- 3 Dokumentation der Ergebnisse pro Arbeitspaket
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

Ziele und Abschlußergebnisse des Projektes

Ziel des Vorhabens

Das Ziel des Vorhabens war, elektrische Mobilität mit einem Range Extender nicht nur funktional attraktiv, sondern auch erschwinglich und in der Breite verfügbar zu machen. Hierfür ist eine Senkung der Kosten für die „wirtschaftliche Erreichbarkeit“ eines breiten Kundenkreises unabdingbar. Der Stellhebel zur Kostensenkung liegt sowohl bei der kundengerechten Auslegung des Antriebs, als auch bei der Entwicklung kostengünstiger einzelner Komponenten.

Das im Rahmen des Förderprojektes „Batteriefahrzeug mit Range Extender“ entworfene Range Extender Konzept stellt ein Fahrzeug in der Kompaktklasse dar, das in technischer Hinsicht serientauglich ist. In wirtschaftlicher Hinsicht gibt es noch einige Hürden. Zum Einen ist die Technik noch sehr teuer und das Konzept ist sowohl von der Antriebstechnik her als auch von der Batteriegröße fraglich. Deshalb sind weitere Grundsatzuntersuchen nötig.

Im Rahmen dieses Vorhabens wurden 5 Fahrzeuge mit dem REX Antrieb aus dem ersten Förderprojekt aufgebaut. Diese Fahrzeuge wurden im realen Verkehrsverhalten betrieben, um die Lastkollektive ermitteln zu können. Der Fokus dabei war die Ermittlung des im kundennahen Betrieb erforderlichen Leistungs- und Energiebedarfs. Aus diesen Erkenntnissen konnten dann die zielführenden bedarfsgerechten Konzepte und Komponenten beschrieben werden.

Die Arbeitsschwerpunkte des Vorhabens waren:

- Einsatz einer kleinen Fahrzeugflotte (5 Fahrzeuge) in realen, kundennahen Verkehrsverhältnissen zur Bestimmung der Lastkollektive (Leistungs- und Energiebedarf) für die, im Rahmen des ersten Förderprojektes beschriebenen Nutzerprofile. Ergebnis: wie viel Range Extender braucht der Kunde tatsächlich im Alltag?
- Entwicklung von Tools & Methoden für die Prüfstands- und Fahrzeugerprobung zur Ableitung der technischen Anforderungen an Range Extender Antriebe.
- Konzeptuntersuchungen und -bewertungen hinsichtlich der technischen Anforderungen unter Einbeziehung von wirtschaftlichen und marktbedingten Erfordernissen.
- Gezielte Weiterentwicklung der Einzelkomponenten.
- Aufbau eines Demonstrators und Nachweis der Optimierung auf dem Prüfstand und im Fahrzeug.

Kurzfassung zum Verwertungsplan

Zielerreichung des Verwertungsplans

Das Ziel, elektrische Mobilitätskonzepte mit einem Range Extender nicht nur funktional attraktiv, sondern auch erschwinglich zu erarbeiten, wurde erreicht. Hierfür wurden die Stellhebel zur Kostensenkung sowohl bei der kundengerechten Auslegung des Antriebs, als auch bei der Entwicklung kostengünstiger einzelner Komponenten identifiziert und mit den Entwicklungsergebnissen bestätigt.

Verwertung der einzelnen Ergebnisse

Die aus dem Förderprojekt erreichten Ergebnisse innerhalb der einzeln dargestellten Komponentenentwicklungen, Weiterentwicklung Tools & Methoden und des Fahrzeugdemonstrators stellen eine solide Basis für die weiteren Entwicklungsarbeiten für effiziente und bezahlbare elektrifizierte Antrieben dar. Im Einzelnen werden die Ergebnisse u.a. folgendermaßen verwertet:

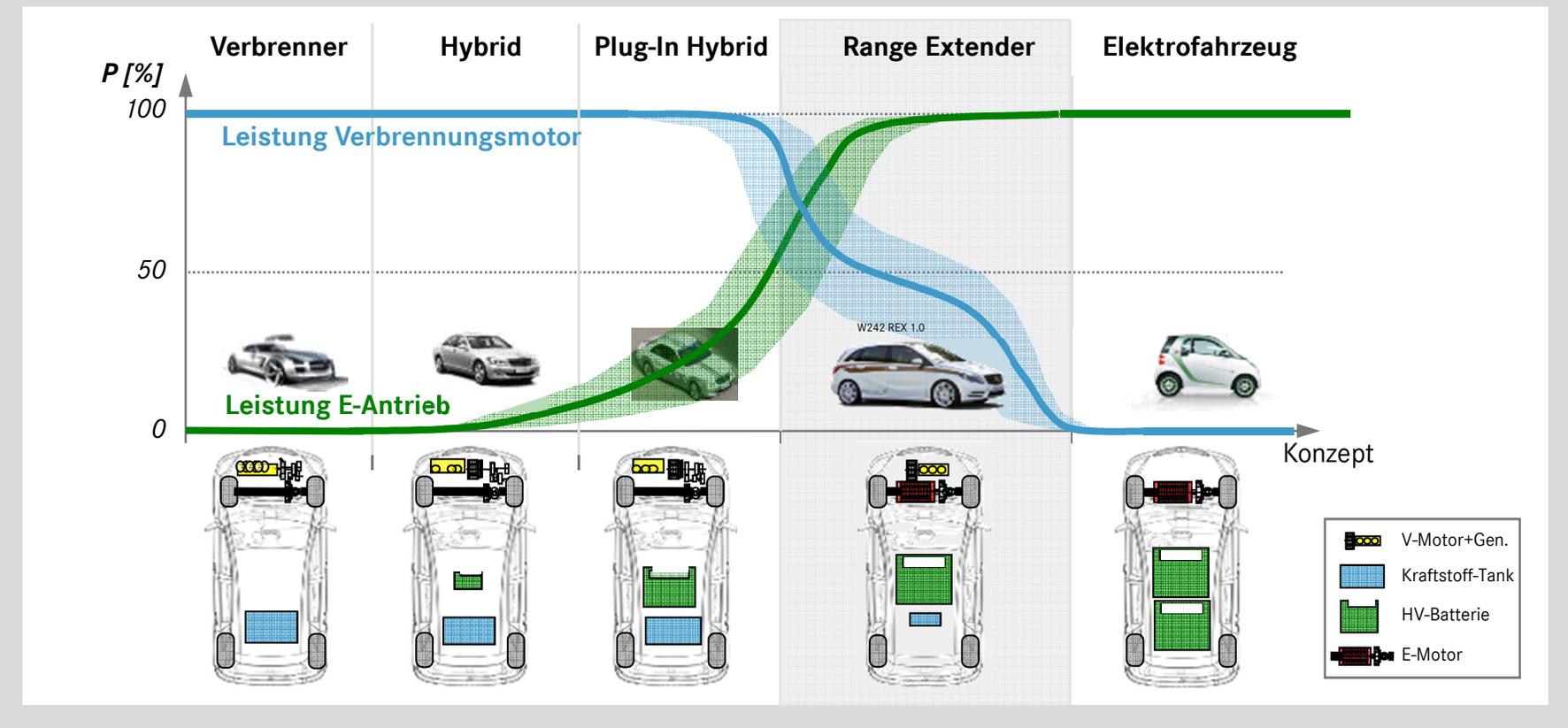
- Tools & Methode: Anwendung bei der Elektromotor-Auslegung (elektromagnetisch, thermisch und mechanisch) sowie bei der Bewertung zukünftiger elektrifizierter Antriebskonzepte in einer sehr frühen Entwicklungsphase
- Technologie Asynchronmaschine (ASM): Weiterentwicklung für eine mögliche Serienanwendung u.a. in einem hochintegrierten Antriebsstrang mit hoher Effizienz und Leistungsdichte.
- Technologie Reluktanzmaschine (SR): Weiterentwicklung mit Fokus Leistungselektronik mit Ziel Konzepttauglichkeit.
- Elektrifizierung Seriengetriebe bzw. Plug-In Demonstrator auf Basis Serienkomponenten und Module: Transfer zur Serienentwicklung.
- Wärme- und Thermomanagement: gewonnene Erkenntnisse fließen in aktuelle Vor- und Serienentwicklungsprojekte
- Daten aus dem Flottenversuch werden als Basis für die Auslegung und Bewertung zukünftiger elektrifizierter Antriebe für das C-Segment geschaffen.

Marktpotenziale

Die aufgebauten Demonstratoren haben die Konzepttauglichkeit der Antriebkonzepte (Plug-In auf Basis Serienkomponenten und min-REX) nachgewiesen. Für die Unterstützung der Unternehmensziele können noch Potentiale aus den entwickelten Komponenten gezogen werden, um die *Total Costs of Ownership* zu senken und das Antriebskonzept für einen breiteren Kundenkreis zugänglich zu machen.

Positionierung Range Extender Konzept (REX1)

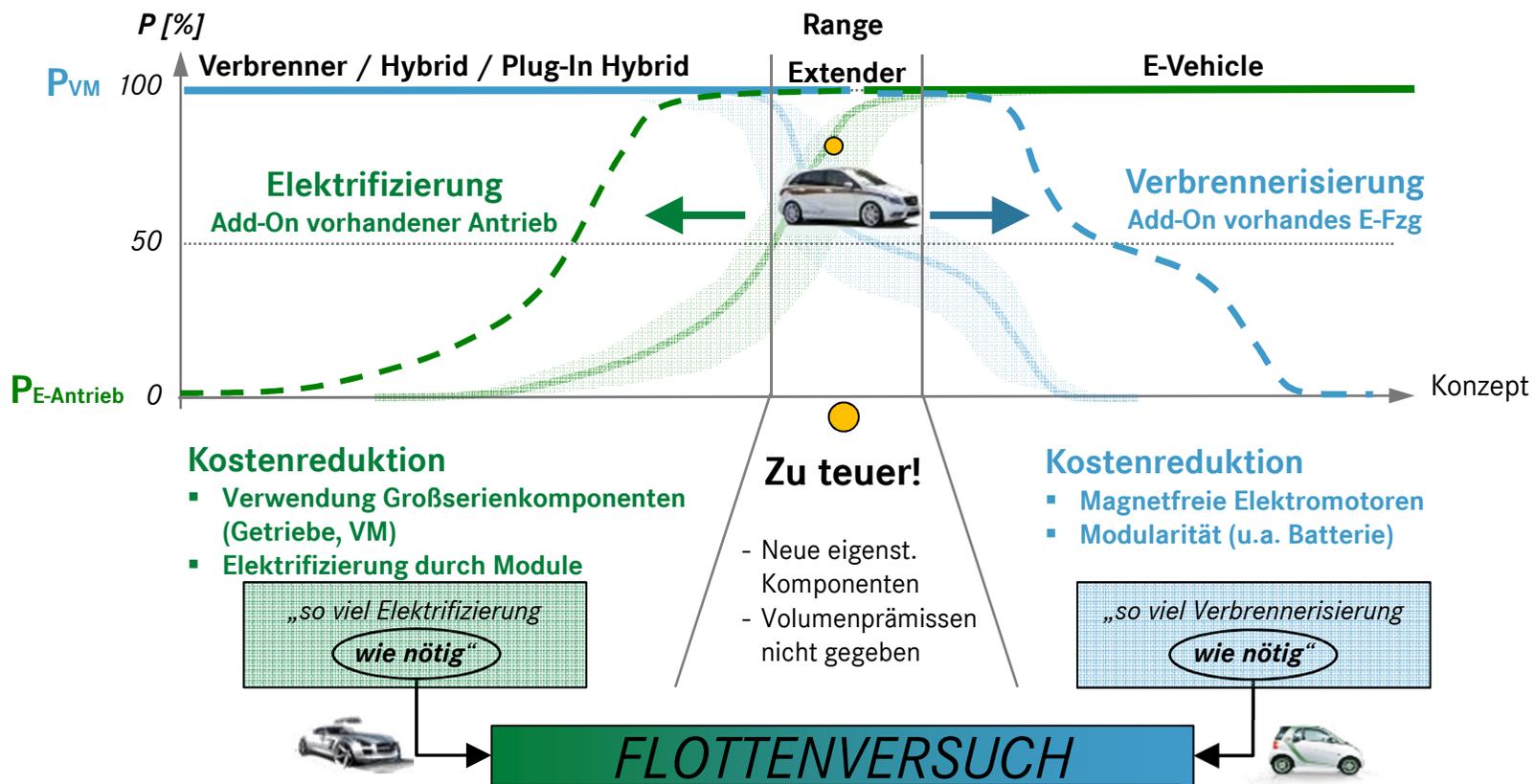
Beschreibung des Antriebskonzeptes über das Leistungsverhältnis zw. Verbrennungsmotor und E-Antriebsmotor



Im Gegensatz zu den klassischen Hybridkonzepten ist der E-Motor beim Range Extender der Hauptantrieb und verfügt deshalb auch über mehr Leistung als der Verbrennungsmotor. Ein Range Extender Fahrzeug ist somit ein **hybridisiertes Elektrofahrzeug**.

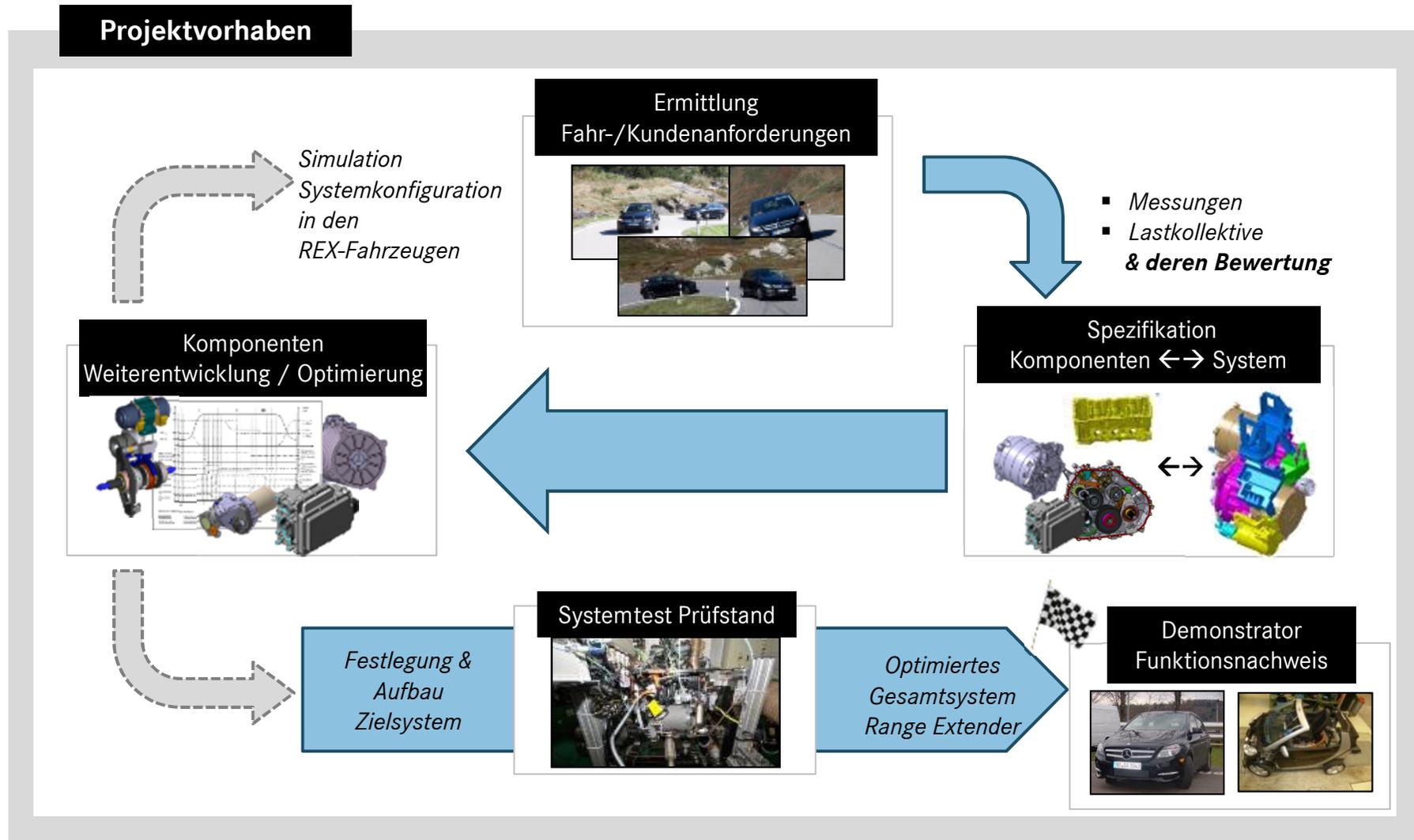
Einsatzpotentiale und Weg zur optimalen Anwendung

Fokus für kundengerechten Range Extender Konzepte



Zur Beschreibung des Grades von *Elektrifizierung* bzw. *Verbrennerisierung* sind die Ergebnisse aus dem Flottenversuch notwendig.

Kundengerechte Range Extender Konzepte



Fahrzeuge der Flotte

REX-Flotte



W242 - 50
Pool RD/EKY



W242 - 51
Pool RD/RPT



W242 - 54
Pool RD/RPT



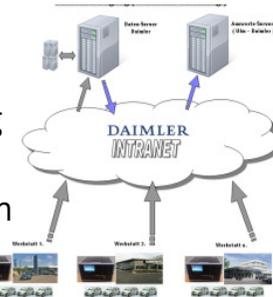
W242 - 55
Pool RD/RPT



W242 - 53
Pool RD/RPT

5 Versuchsfahrzeuge mit Messeinrichtung zur Speicherung der wichtigsten Fahrdaten.

FDA
100 GByte
Festplatte zur
Datenspeicherung
Gerät besitzt 6
CAN Schnittstellen

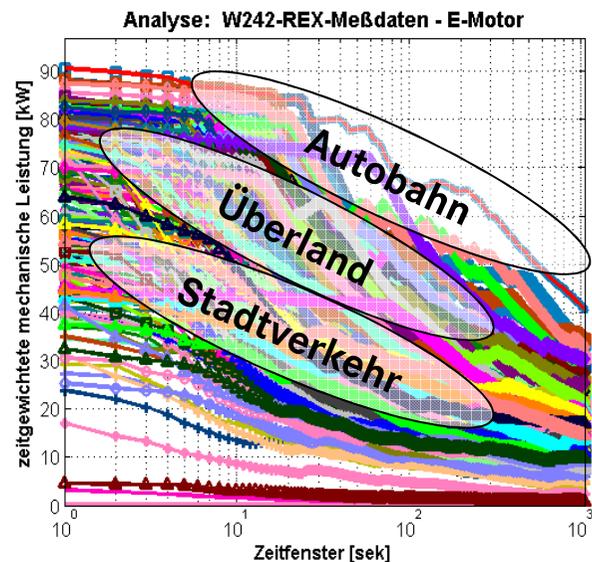


Die Fahrzeuge wurden von den Mitarbeitern für Dienstfahrten zwischen den Daimler-Werken, für die Fahrten vom- / zum Arbeitsplatz und für Wochenendfahrten genutzt um auch längerer Wegstrecken in die Ergebnisse einfließen zu lassen.

Erkenntnisse aus den Messungen

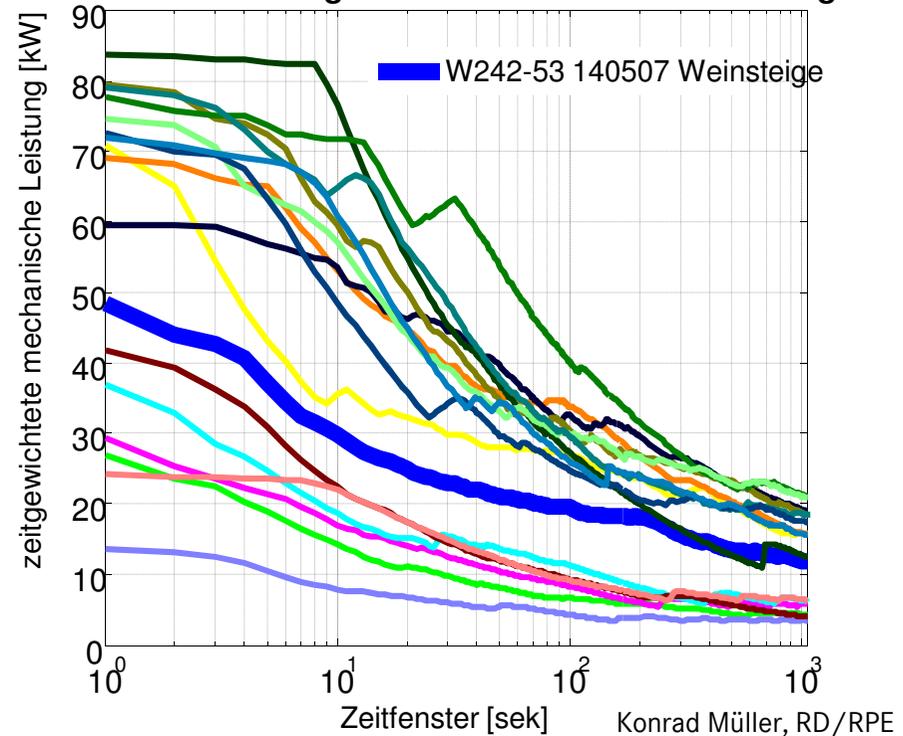
Belastungsanalyse

Belastungsanalyse inkl. Zeitwichtung der mechanischen Leistung des E-Motors aller Messungen für eine gesamte Laufleistung von 16 Tkm



Leistungsanforderung minREX in MFA2 am Bsp. W242

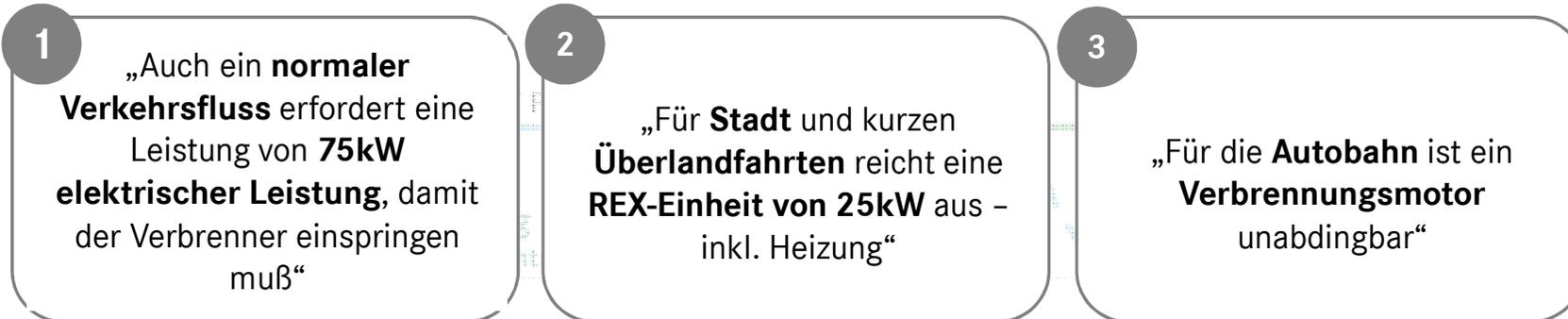
Zeitwichtung: W242-53/54 - E-Motor Leistung



Die Messungen der REX-Fahrzeuge in realen Verkehrsverhältnissen zeigen, dass eine 25kW-minREX-Einheit in einem Kompaktwagen **für den Stadtverkehr** ausreichend ist.

Einsatzpotentiale und Weg zur optimalen Anwendung

Erkenntnisse aus dem Flottenversuch



PE-Antrieb 0 Konzept

Kostenreduktion

- Verwendung großer Elektromotoren (Getriebe, etc.)
- Elektrifizierung

Kostenreduktion

- Verwendung großer Elektromotoren (Getriebe, etc.)
- Elektrifizierung

Typische Alltagssituationen haben die wichtigsten Erkenntnisse an das Kundenverhalten gebracht.

→ realen Pendelverkehr über längeren Zeiträumen und Entfernungen

„so viel Elektrifizierung wie nötig“

„so viel Verbrennerisierung wie nötig“



FLOTTENVERSUCH



Σ >16 Tkm

Zusammenfassung der Vorhabensergebnisse

Ergebnisse des Vorhabens

Kostenreduktion

- Verwendung Großserienkomponenten (Getriebe, VM)
- Elektrifizierung durch Module

„so viel Elektrifizierung wie nötig“



FLOTTENVERSUCH



Kostenreduktion

- Magnetfreie Elektromotoren
- Modularität (u.a. Batterie)

„so viel Verbrennerisierung wie nötig“

Demonstrator Plug-In auf Basis Serienkomponenten und Module

Elektrifizierung Seriengetriebe

Kundenanforderung und Spezifikationen

Technologie Asynchronmaschine (ASM)

Technologie Reluktanzmaschine (SR)

minREX-Einheit im versuchsträger

Zwei Entwicklungsstoßrichtungen wurden im Projekt verfolgt: Elektrifizierung durch Module auf Basis Serienkomponenten und kostenoptimierte Elektrifizierung mit magnetfreien Elektromotoren und minREX-Einheit.

Kundengerechte Range Extender Konzepte

Inhaltsverzeichnis

- 1 Übersicht Terminplan und Projektinhalte
- 2 Zusammenfassung der gesamten Projektergebnisse
- 3 Dokumentation der Ergebnisse pro Arbeitspaket**
- 4 Zusammenfassung und Ausblick

AP1 Projektleitung

1/2

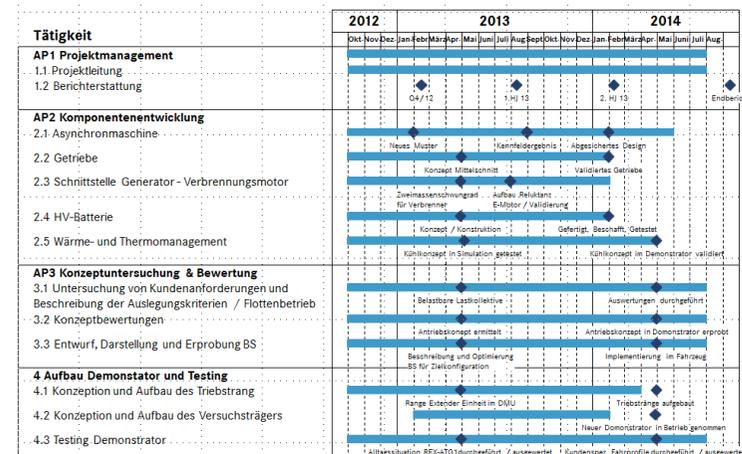
AP-Beschreibung

Das Projekt „Kundengerechte Range Extender Konzepte“ ist ein Projekt mit vielen beteiligten Einzelbereichen der Daimler AG. Die Tätigkeiten gehen von der Konzeptfindung über die Konstruktion und Beschaffung bis zum Aufbau und Betrieb eines Demonstratorfahrzeugs. Parallel dazu wird eine Kleinflotte mit Erprobungsfahrzeugen betrieben. Die Umfänge sind zu koordinieren und zu organisieren, damit ein produktiver und möglichst reibungsarmer Ablauf gewährleistet ist.

AP-Inhalt

- Organisation und Planung des Projekts
- Feinplanung und Koordination der einzelnen Arbeitspakete
- Organisation, Durchführung und Protokollierung von Besprechungen / Absprachen
- Kommunikation mit allen Projektteilnehmern
- Organisation und Sicherstellung des Informationsflusses
- Kommunikation und Absprachen mit dem BMU
- Berichterstattung gegenüber dem Management und dem BMU
- Dokumentation und Präsentation von Ergebnissen

AP-Zeitraum



AP1 Projektleitung

2/2

AP-Ergebnisse

- Projektplanung mit Meilensteinen durchgeführt
- Projekt- und Teilprojektbesprechungen organisiert
- Finanzplanung für 2012 und 2013 festgelegt
- Änderungen zur ursprünglichen Projektplanung zusammengefahren
- Erster Quartalsbericht durchgeführt
- Projektflyer erstellt
- Inhalte des Projekts an alle Projektteilnehmer kommuniziert
- Regelmäßige Durchführung von Projekt-Rekos für den Aufbau des Demonstrators und die kontinuierliche Verbesserung und Organisation der Fahrzeuge der Versuchsflotte.
- Drei Konzept-Workshops für zukünftige Konzepte mit integriertem elektrifiziertem Antrieb durchgeführt.
- Regelmäßiges Controlling und Erstellen der Abrechnungsvorlage für den Projektträger
- Konzept-Workshops für zukünftige Konzepte mit integriertem elektrifiziertem Antrieb durchgeführt.
- Auswahl der zu bewertenden Konzepte ist erfolgt.
- Ausarbeitung von Zwischenberichten und Abschlußbericht

Kundengerechte Range Extender Konzepte

AP2 Komponentenuntersuchungen

- Zeitschiene, Ziele, Ergebnisse des Arbeitspaketes 2
- Zusammenfassung AP 2.1 Asynchronmaschine
- Zusammenfassung AP 2.2 Getriebe
- Zusammenfassung AP 2.3 Schnittstelle Generator - Verbrennungsmotor
- Zusammenfassung AP 2.4 HV-Batterie
- Zusammenfassung AP 2.5 Wärme- und Thermomanagement

AP2 Komponentenentwicklung

1/...

AP 2.1 Asynchronmaschine

1/13

AP-Beschreibung

In heutigen Hybrid, Range Extender und EV-Anwendungen finden vorwiegend permanenterregte Synchronmaschinen Anwendung. Diese stellen heute den Benchmark bzgl. Leistungs- und Drehmomentdichte sowie Wirkungsgrad dar. Grundlage für Permanentmagnete sind seltene Erden welche einen enormen Preisanstieg erfahren haben und deren Exporte zu 90% von China getätigt werden (Bsp. Preisanstieg Dysprosium Jan-Jul' 11 +2150%). Das Ziel bei der Weiterentwicklung der Komponente Elektromotor ist es, eine magnetfreie bzw. seltene Erden freie Maschine zu entwickeln um Kosten planbar zu machen.

AP-Inhalt

- 2.1.1 Messungen und Auswertungen Prototypen
- 2.1.2 Simulation und Berechnung
- 2.1.3 Konstruktion prototypische Darstellung
- 2.1.4 Mechanikentwicklung & Typbegleitung E-Motoren
- 2.1.5 Elektromotoren-Prüfstand (Prüfstandsführer)
- 2.1.6 Toolentwicklung

AP-Zeitraum

2012				2013								2014											
Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug



AP2 Komponentenentwicklung

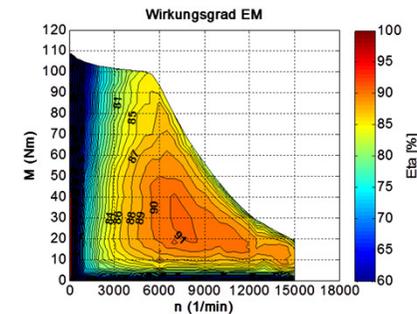
AP 2.1 Asynchronmaschine

2/13

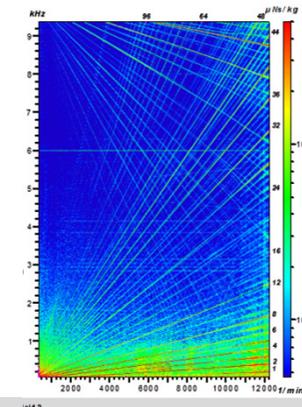
2.1.1 Messungen und Auswertungen Prototypen

- Charakterisierung eines Asynchronmaschinen-Prototyps aus einem vorangegangenen Design als Referenz
- Validierung des weiterentwickelten Designs: Performance, Drehzahlfestigkeit, Kühlkonzept, NVH
- Auswertung der Daten

- Eine vorhandener Induktionsmotor IM2318 wurde gemessen
- Typprüfung wurde durchgeführt
- Abgleich von Messung und Simulation zeigt gute Übereinstimmung der Betriebsgrenzen bei verschiedenen Randbedingungen
- Verlustberechnung im Teillastbereich zeigt noch größere Abweichungen
- Analyse der Abweichungsquelle ist für die nächste Phase unabdingbar.



- Erste akustische Messungen am Induktionsmotor IM2318 durchgeführt
- Übereinstimmung zwischen analytischer Ordnungsanalyse und Messung bestätigt Modellierungsansatz
- Wesentlicher Unterschied zur PM ist, dass das Spektrum der IM durch viele niederenergetischer Ordnungen gekennzeichnet wird hingegen die PM durch wenige hochenergetische Tonalitäten



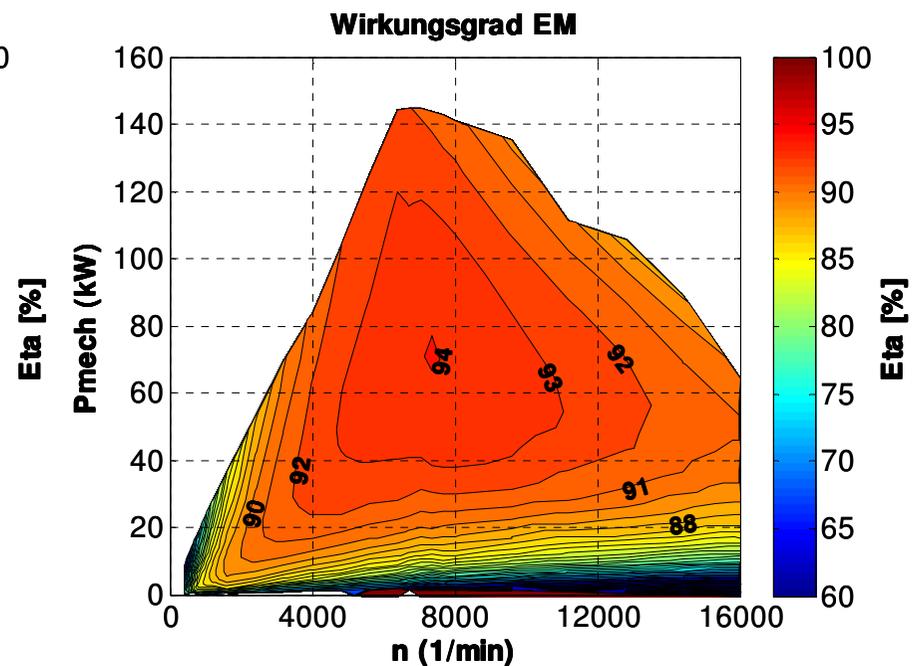
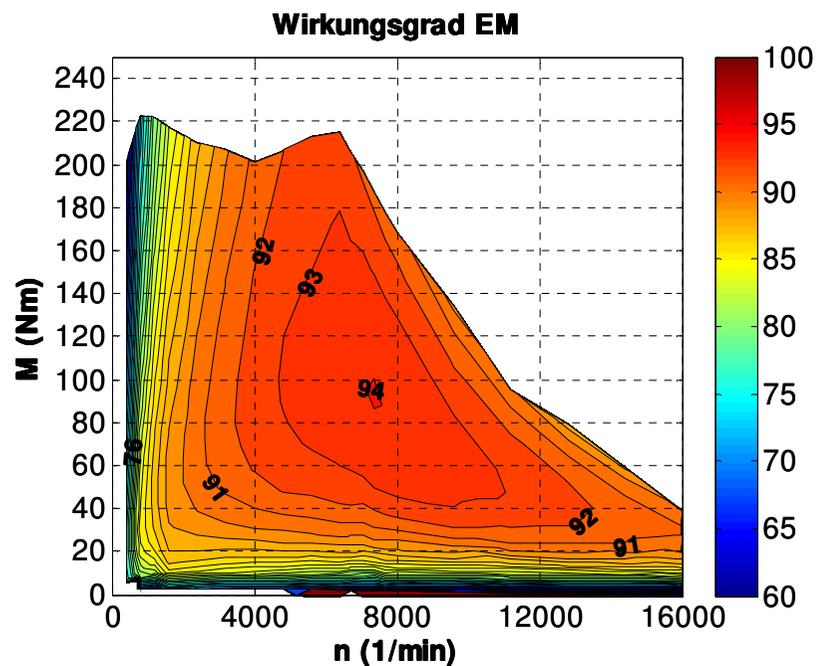
AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

3/13

2.1.1 Messungen und Auswertungen Prototypen

- Messschleifen an der Asynchronmaschine IM2216 nach Anforderungen durchgeführt.
- Verbesserungen nach Auswertung der Messergebnisse mit Konstruktion abgestimmt und eingearbeitet.
- Übereinstimmung zwischen analytischer Ordnungsanalyse und Messung bestätigt Modellierungsansatz
- Wesentlicher Unterschied zur PM ist, dass das Spektrum der IM durch viele niederenergetischer Ordnungen gekennzeichnet wird hingegen die PM durch wenige hochenergetische Tonalitäten.



AP2 Komponentenentwicklung

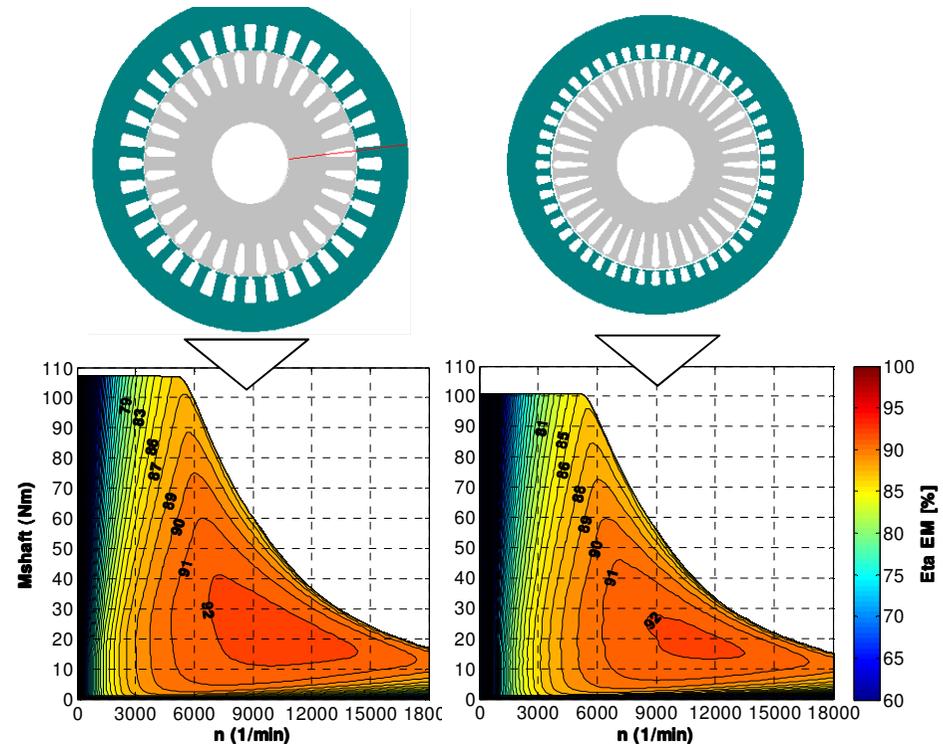
AP 2.1 Asynchronmaschine

4/13

2.1.2 Simulation und Berechnung

- Grobauslegung der Asynchronmaschine hinsichtlich der Fahrzeug-Anforderungen
- Optimierung des Blechschnitts mittels FEM-Simulation
- Thermisch Auslegung durch Simulationstoolkette

- Ableitung einer kleinen und einer großen Maschinen-Bauform/-Durchmesser (160mm und 220mm) für die Abdeckung von Leistungsklassen von 15kW bis 150kW
- Analyse unterschiedlicher Blechschnitte und Polzahlen.
- Statorjochdicke und Spannung sind die längsten Stellhebel um den Wirkungsgrad der E-Motoren zu maximieren.
- Induktionsmotoren sind sehr sensitiv bezüglich der Leistung bei hohen Drehzahlen. Im Vergleich zu Permanentmagnetmaschinen zeichnet Induktionsmotoren ein deutlicher Leistungseinbruch zu maximalen Drehzahlen aus.



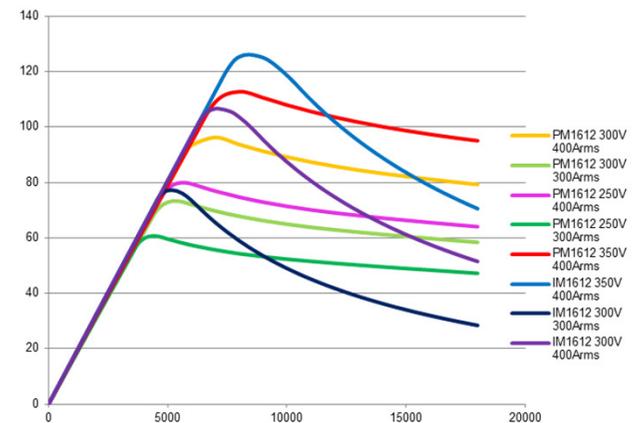
AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

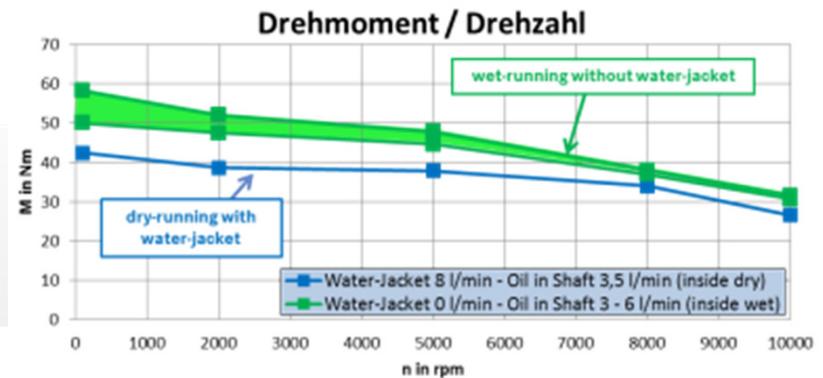
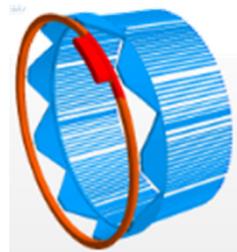
5/13

2.1.2 Simulation und Berechnung

- Intensive Variantenrechnung zur Optimierung eines Triebstrangsystems wurden durchgeführt
- Weitere Optimierungen müssen im E-Motor System durchgeführt werden
- Lediglich die Kombination aus Strom-Spannungslage und Drehzahl kann zum optimalen Triebstrang führen



- Thermische Auslegungskette als Schlüssel zum optimierten Materialeinsatz
- Nasslaufende E-Motoren erfordern in der thermischen Auslegung spezialisiertes Berechnungs-Know-How
- Sonstige Berechnungen beziehen Bauteil und System als durchgängige Berechnungsschleifen mit ein (Steifigkeit, Festigkeit, Modalanalyse).



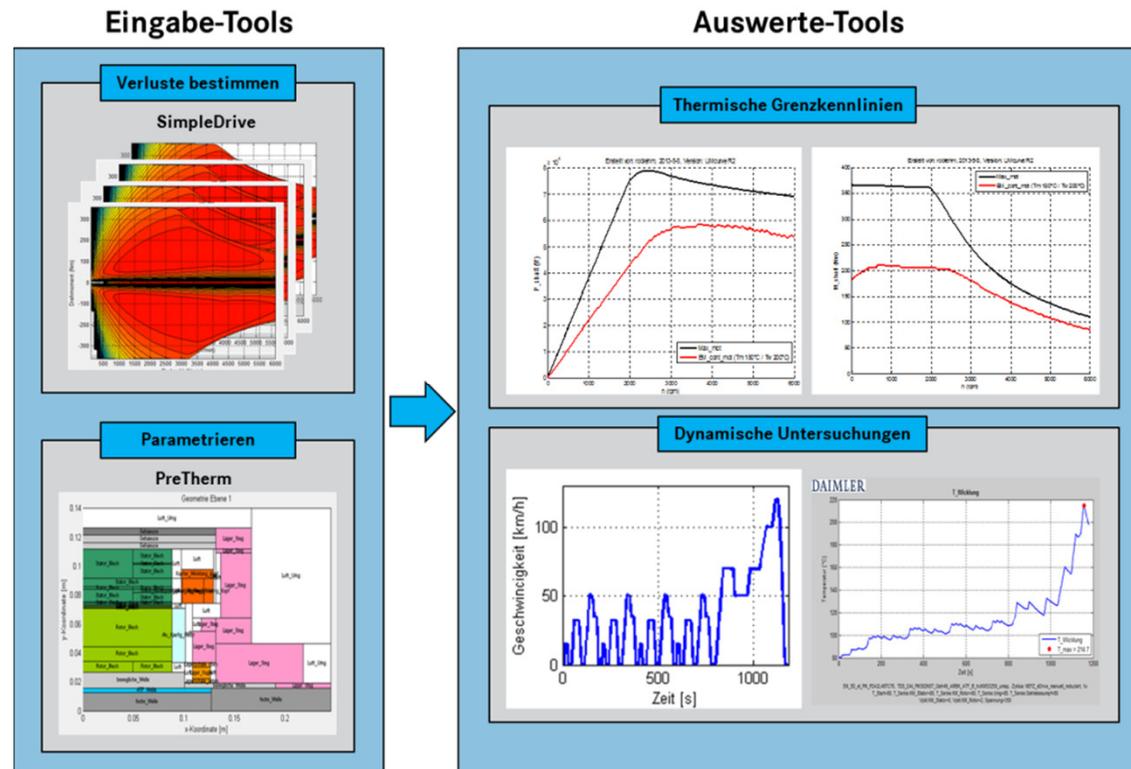
AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

6/13

2.1.2 Simulation und Berechnung

- Durch die thermischen Simulationen konnte die Performance der elektrischen Antriebe deutlich gesteigert werden
- Nasslaufende E-Motoren erfordern in der thermischen Auslegung spezialisiertes Berechnungs-Know-How
- Sonstige Berechnungen beziehen Bauteil und System als durchgängige Berechnungsschleifen mit ein (Steifigkeit, Festigkeit, Modalanalyse).



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

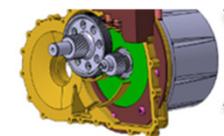
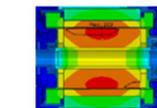
7/13

2.1.3 Konstruktion prototypische Darstellung

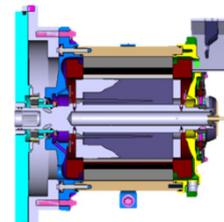
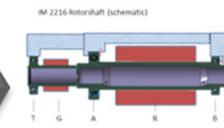
- Bauraumoptimale Umsetzung des Maschinen-Designs => hohe Integrationsdichte
- Konstruktion der Aktivteile, Gehäuse, Welle, etc.
- Materialauswahl und Absicherung => Temperatur, Festigkeit, Toleranzen
- Lagerkonzept
- Kühlkonzept

Flexible Konstruktion anhand der Projektanforderungen

- Asynchronmaschine mit Innenkühlung
- Hohe Drehzahlen bei großserientauglicher Lagerung
- Optimiertes Antriebsstrang-Package
- Reduzierter Materialeinsatz
- Weitgehende Getriebeintegration
- Gemeinsame Motor/Getriebe Lagerung
- Direktkontaktierung Leistungselektronik
- Detailkonstruktion inkl. Fertigungszeichnungen



Konstruktion



AP2 Komponentenentwicklung

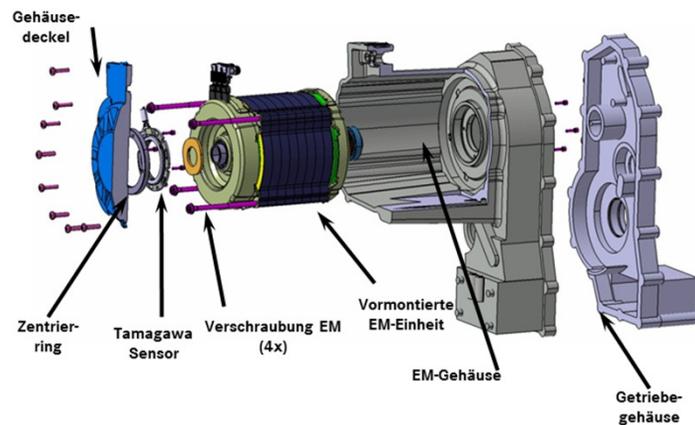
AP 2.1 Asynchronmaschine

8/13

2.1.3 Konstruktion prototypische Darstellung

Das konstruierte Konzept zeichnet sich durch folgende Merkmale/Innovationen aus:

- prüfbare Einheit
- EM-Einheit in Gehäuse verschraubt
→ kein Einpressen in Gehäuse
- Lagerung und Luftspalt unabhängig von Temperatureinflüssen
→ relevante Bauteile in Stahl
- hohe Funktionsintegration in EM möglich (Hydraulik, Sensorik, HV-Anschluss)



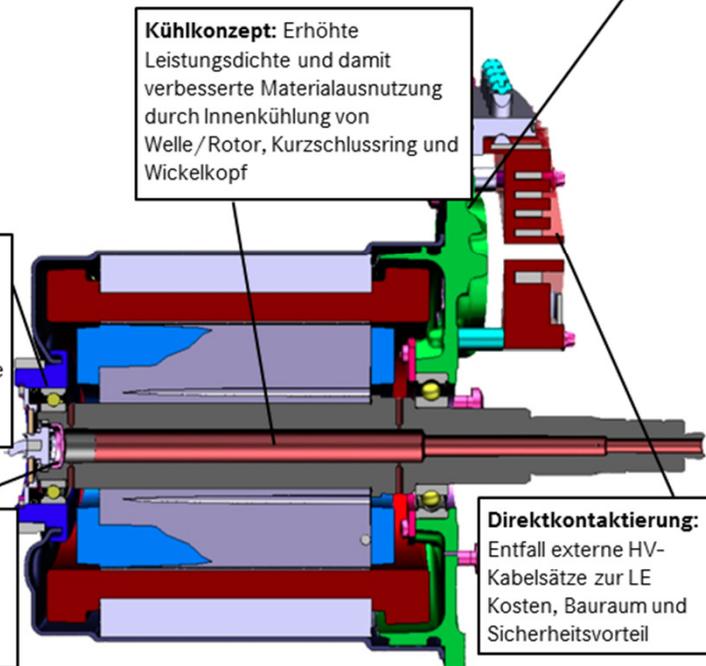
Lagerkonzept:
Großserientaugliche Rillenkugellager, Hochdrehzahl-eignung durch optimierte Toleranzkette, gute thermische Anbindung, Durchmesser-reduktion

Resolverkonzept robust & platzsparend: Integration in Welle erlaubt minimale Baulänge und beste EMV-Schirmung

Kühlkonzept: Erhöhte Leistungsdichte und damit verbesserte Materialausnutzung durch Innenkühlung von Welle/Rotor, Kurzschlussring und Wickelkopf

Getriebeintegration:
Packageoptimierung und verbesserte Toleranzlage durch gemeinsames A-Schild / Vorgelegewellenlagerung

Direktkontaktierung:
Entfall externe HV-Kabelsätze zur LE Kosten, Bauraum und Sicherheitsvorteil



AP2 Komponentenentwicklung

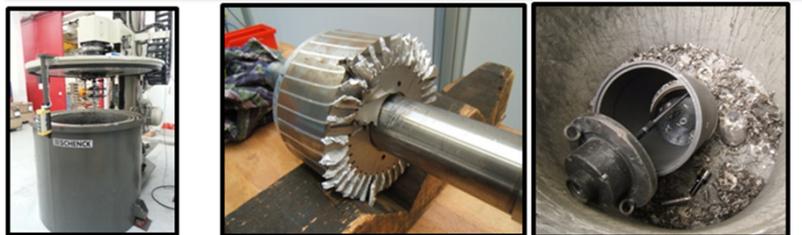
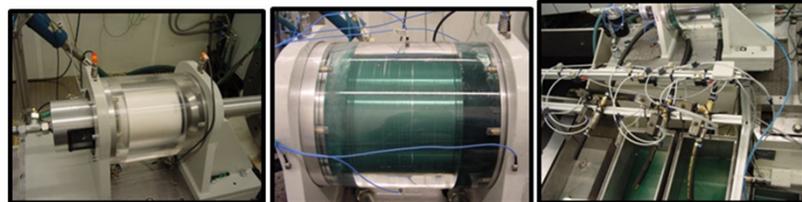
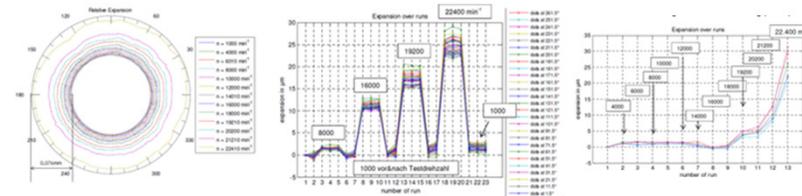
AP 2.1 Asynchronmaschine

9/13

2.1.4 Mechanikentwicklung & Typbegleitung E-Motoren

- Sicherstellung des Hardwareprozesses von der Beschaffung (Logistik) der Bauteile bis zur Fertigstellung des Aggregats
- Dokumentation der Montage und der E-Motoren in Daimler Systemwelt
- Organisation und Koordination des Aufbaus mit internen und externen Partnern
- Versuchstechnische Absicherung von Mechanikentwicklungsinhalten

- Beschaffung der Komponenten für Referenzmaschine
- Zusammenbau der Referenzmaschine (3x)
- Dokumentation der Montage und Einplanung der E-Motoren in PIT/PISA/Finas
- Mechanische Inbetriebnahme der Referenzmaschine
- Lagereinlauf, Schleppmoment und Reibleistungsmessung
- Öldynamikuntersuchung am Transparentaggregat
- Schleuderversuche zur Ermittlung der bleibenden Verformung
- Berstversuche zur Grenzdrehzahlermittlung
- Ausdrehversuche zur mech. Überprüfung des übertragbaren Drehmoments zw. Welle und Nabe (Rotor)



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

10/13

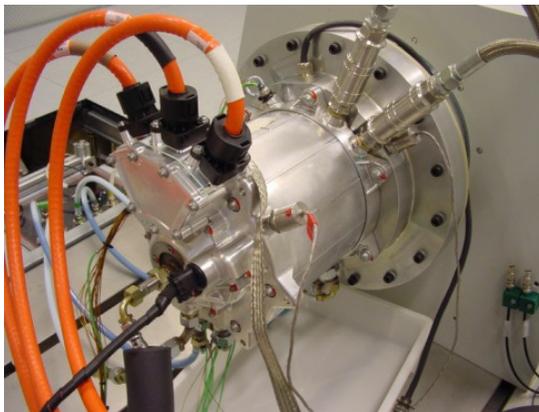
2.1.5 Elektromotoren-Prüfstand

- Betreiben Prüfstand und Aufbereitung von Versuchsergebnissen
- Optimierung der Regelungs-Software

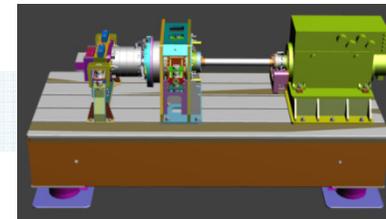
Prüfstandserprobungen mit Fokus auf:

- Performance
- Thermik
- Akustik (NVH)
- Robustheit
- Sonderprüfungen (Hydraulik, Schleudern, Lagerung)

Rückschlüsse werden in die gesamte Toollandschaft einbezogen



**Akustik
Prüfstand**



**Antriebs
Prüfstand**



**Sonderprüfungen:
Schleudern
Hydraulik
Lagerung**



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

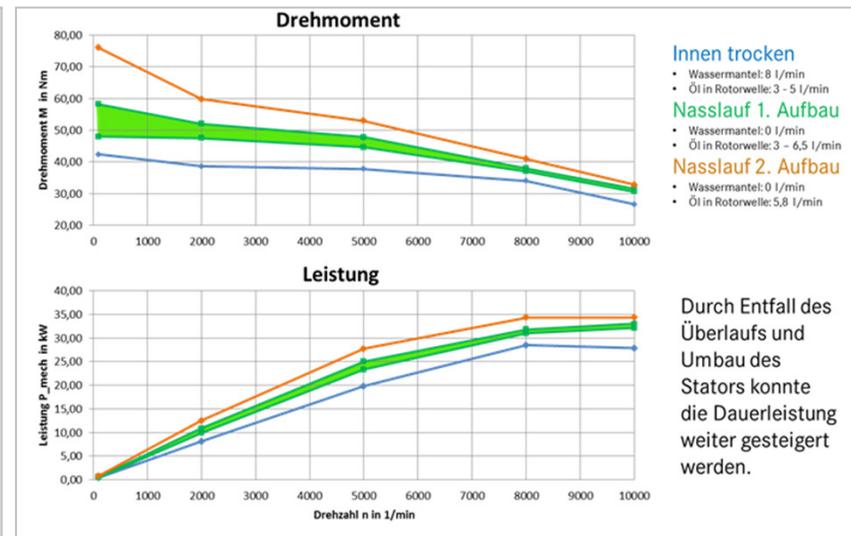
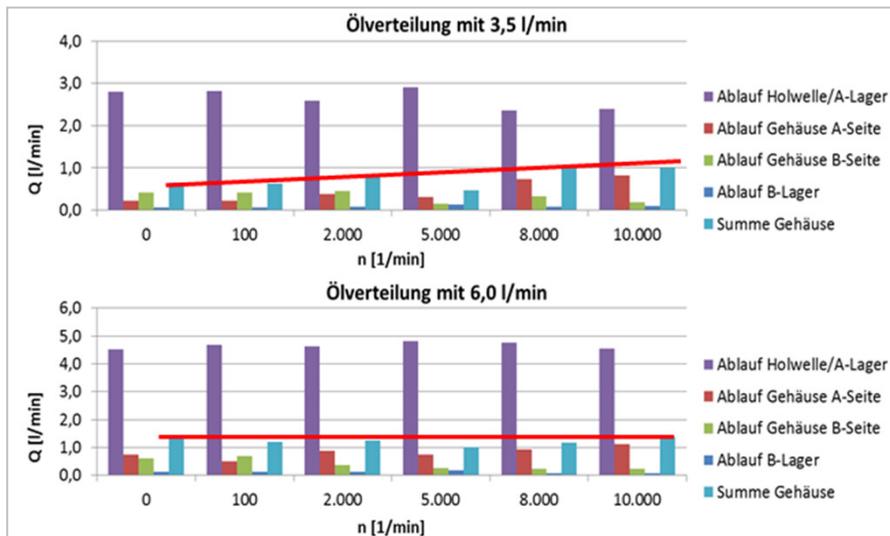
11/13

2.1.5 Elektromotoren-Prüfstand

Untersuchung des neuen Kühlkonzepts (im Öl laufenden Elektromotor):

- hohe Sensitivität der hydraulischen Mediumbegrenzer
- Die optimale Abstimmung der Mediumbegrenzer ist der Schlüssel für eine Maximierung der Dauerleistungsfähigkeit der E-Motoren
- Dafür wurden diversen Messreihen zur Optimierung des Hydro-Thermik Systems beim Prüfstand durchgeführt
- Untersuchungen bestätigen die Sensitivität / den großen Einfluss des mechanischen Designs auf die hydraulischen Fluid-Kondition im Kühlungshaushalt.

Ergebnis: Steigerungen der Dauerleistungen von bis zu 25% im Vergleich zu herkömmlichen Kühlungssystemen



AP2 Komponententwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

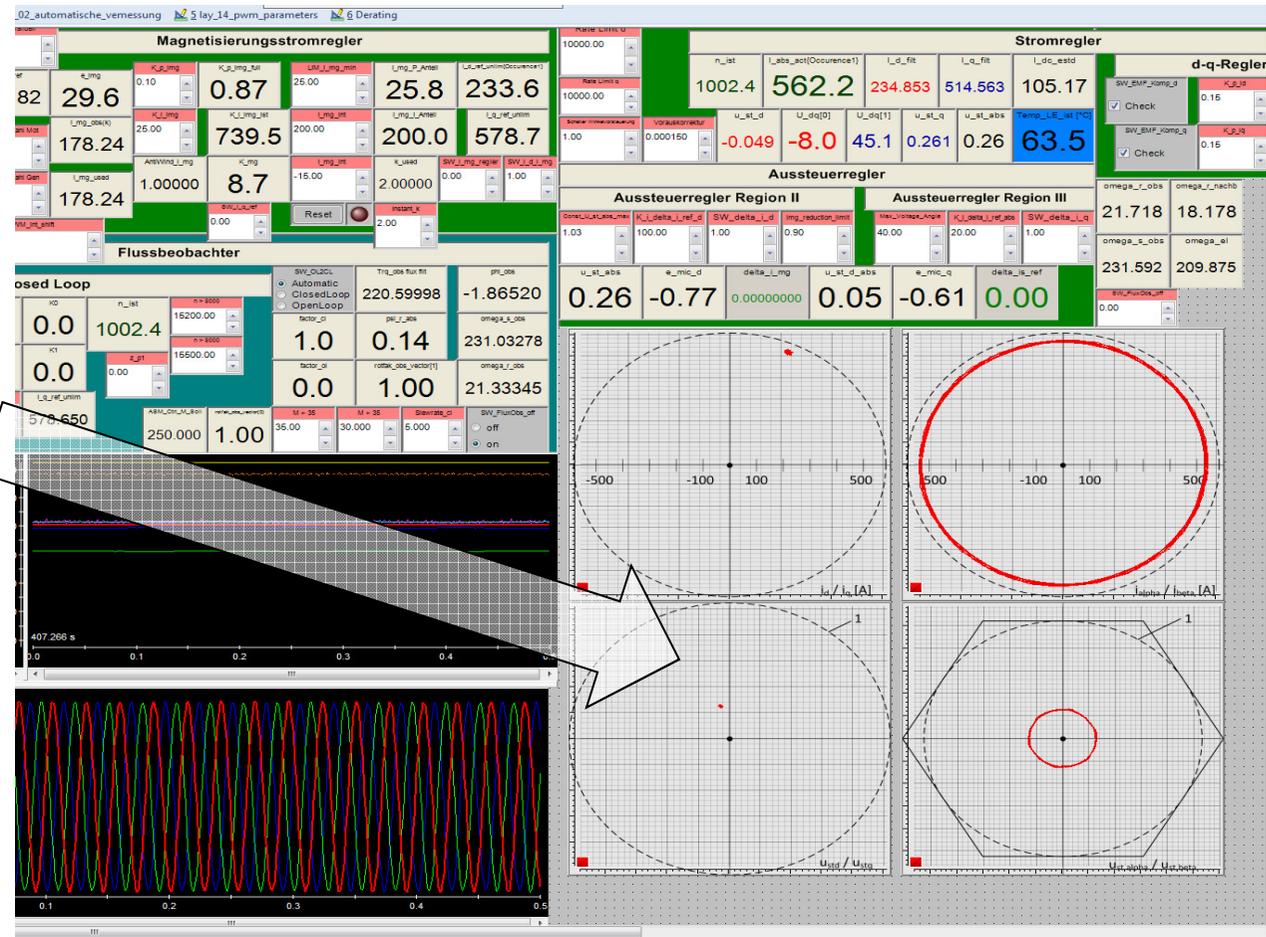
12/13

2.1.5 Elektromotoren-Prüfstand

Im Fokus des APs stand die Regelung der Asynchronmaschine.

Asynchronmaschine sind speziell sensitiv hinsichtlich ihrer Spannungsausnutzung:

- Es wurde eine Maximierung der Spannungsausnutzung erreicht.
- Die Auswirkung hinsichtlich der Erwärmung und der akustischen Anregung der E-Motoren wurde rausgefahren.
- Rückschlüsse werden in die gesamte Toollandschaft einbezogen



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.1 Asynchronmaschine

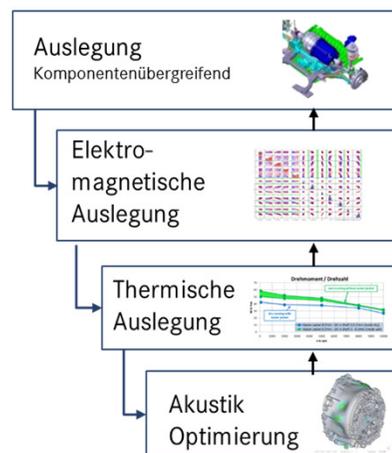
13/13

2.1.6 Toolentwicklung

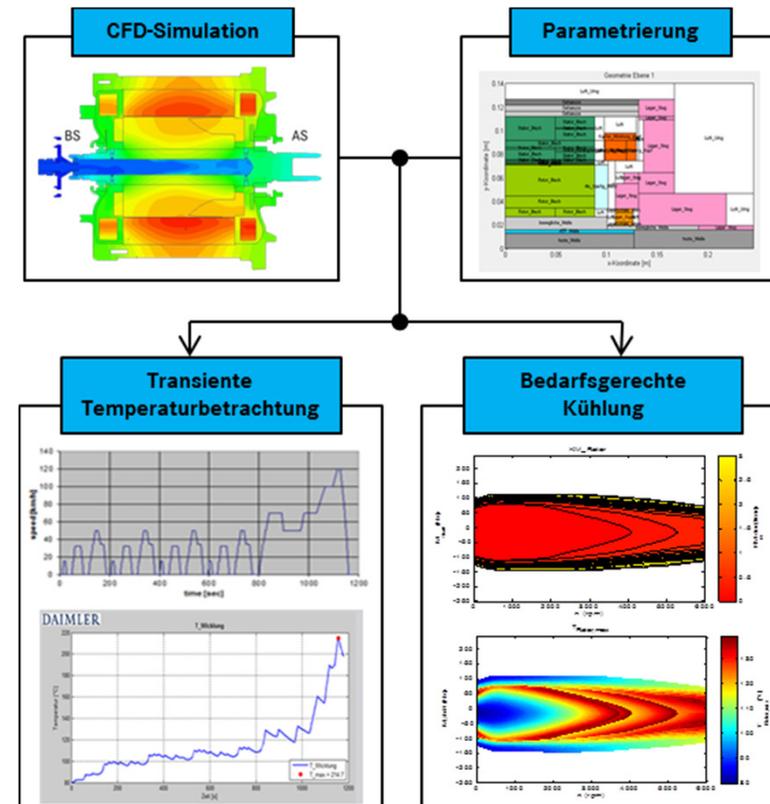
- Erstellung einer geschlossenen thermischen Toollandschaft für die schnelle Bewertung konstruktiver Änderungen
- Programmierung der nötigen Tools und Aufbau verschiedener Maschinenmodelle

Software-Tools zur Auslegung von Asynchronmaschinen sollen durchgängig für die optimalen „E-Motor Gene“ vorhanden sein.

- Aufbau von SimpleCycle für transiente thermische Simulationen
- Untersuchung aller relevanten Zertifizierungszyklen Dauerleistung
- Bedarfsgerechte Auslegung des Volumenstrom für existierende Lastkollektive
- Strömungsoptimierung des 2-Phasen Gemisches für eine gute Ausnutzung der Wärmekapazität mittels CFD-Simulationen
- Weiterentwicklungen der Toollandschaft durch eine Validierung bestehender Messdaten



Entwicklung laufend. Ergebnisse werden durch reale Testläufe validiert.



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.2 Getriebe

1/3

AP-Beschreibung

Einen großen Teil der Range Extender Intelligenz stellt das Getriebe dar, da es die Energiewandler Verbrennungsmotor, Traktionsmotor und Generator verbindet und deren Leistungsflüsse koordiniert. Getriebeseitiger Schwerpunkt ist eine deutliche Vereinfachung durch Entfeinerung um eine Kostenoptimierung möglich zu machen (Bsp.: Entfall Kupplung & Aktuatorik zur Kostenreduktion und Gewichtsreduktion; Reduktion Baulänge für bessere Integrierbarkeit in Baureihen / Fzg.-Architekturen). Im Rahmen der Konzeptuntersuchungen werden intelligente Getriebesysteme gesucht, die erlauben die Leistungsanforderungen an die E-Maschine zu reduzieren und weiter die Kraftstoffverbräuche zu reduzieren. Ein solches Getriebe soll als Demonstrator dargestellt werden.

AP-Inhalt

- 2.2.1 Bewertung verschiedener Getriebekonzepte und grobe Auslegung
- 2.2.2 Festlegung und Detaillierung Zielgetriebe für den Range Extender

AP-Zeitraum



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.2 Getriebe

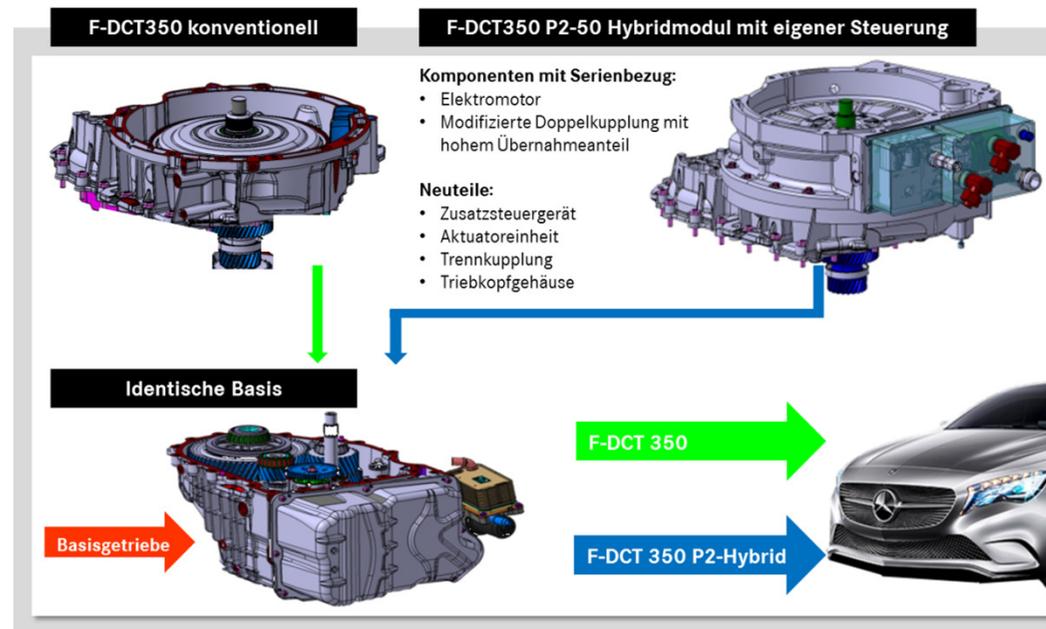
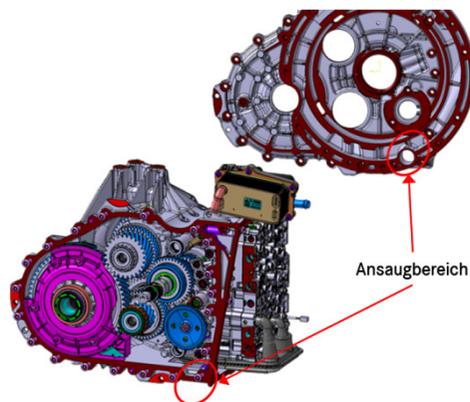
2/3

2.2.1 Bewertung verschiedener Getriebekonzepte und grobe Auslegung

- Erstausslegung Maschinenelemente des Getriebes mit Randbedingungen aus Bauraumuntersuchung und Systemauslegung.
- Schnittstellen zu anderen Komponenten müssen vorgehalten werden.
- Zielführende Getriebetopologie wird erarbeitet

Getriebekonzept mit möglichst große Übereinstimmung mit dem Serie-Grundgetriebe Front-Doppelkupplungsgetriebe (F-DCT).

- Anpassung der Führung der Öl-Saugkanal (durch das Zwischen- und Kupplungsgehäuse).
- Neue Auslegung der Hydraulik für dieses Konzept (siehe 2.2.2)
- Erstellung Rapid Prototyping Dummy erstellt



AP2 Komponentenentwicklung

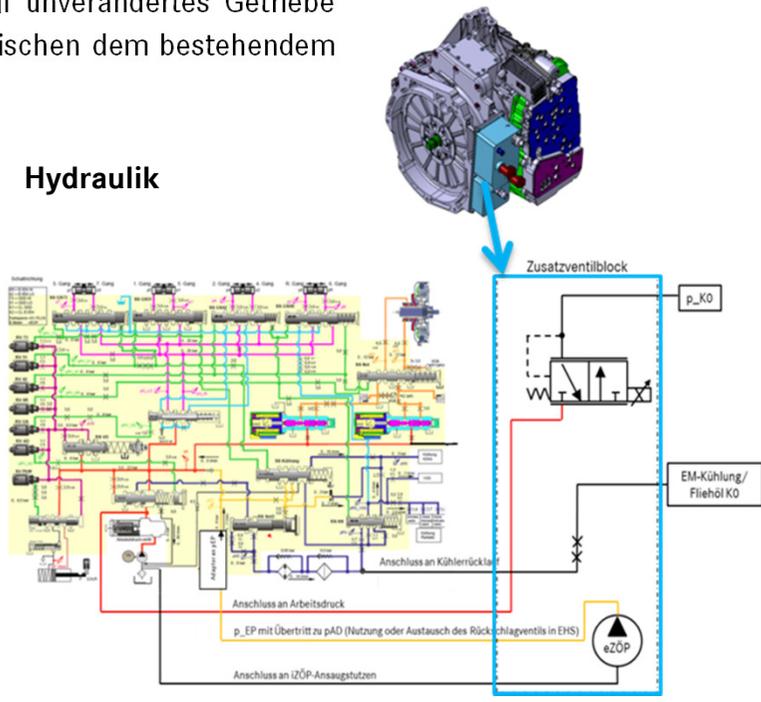
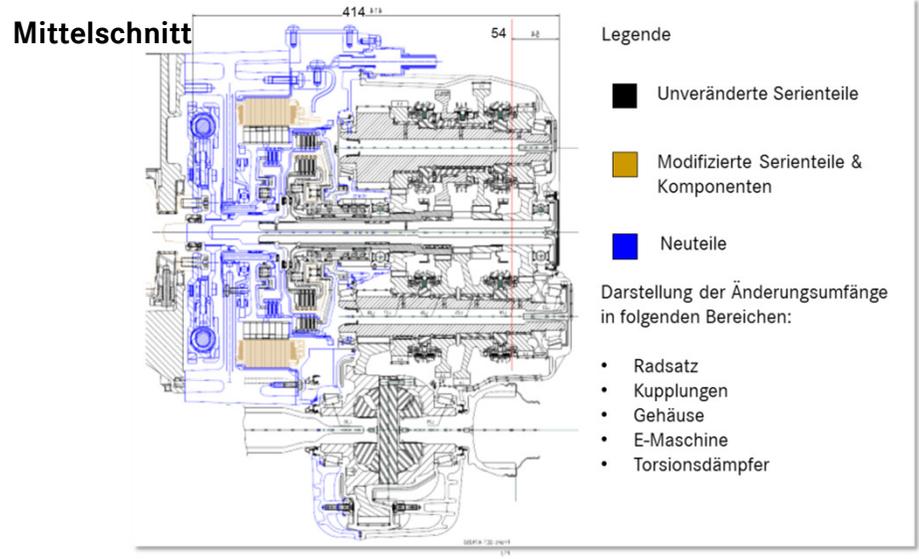
AP 2.2 Getriebe

3/3

2.2.2 Bewertung verschiedener Getriebekonzepte und grobe Auslegung

- Auslegung Maschinenelemente des Getriebes unter Beachtung u.a. der Lastkollektive und der Lebensdauer- und Leistungsanforderungen.
- Abstimmung Schnittstellen zu anderen Komponenten.
- Auskonstruktion Getriebetopologie, Erstellung Mittelschnitt.

Modulares System durch Schnittstellenreduzierung um nahezu komplett auf unverändertes Getriebe zurückgreifen zu können. Lediglich der Triebkopf macht den Unterschied zwischen dem bestehendem Getriebe zu einem elektrifizierten Getriebe.



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.3 Generator

1/4

AP-Beschreibung

Eine Range Extender Einheit besteht aus einem ideal auf den Einsatzzweck angepassten Verbrennungsmotor mit direkt angeflanschem Generator zur Umwandlung der mechanischen Energie der Kurbelwelle in elektrische Energie, die in der Batterie gespeichert oder im Traktionselektromotor für die elektrische Fahrt verwendet werden kann. Im Projekt soll eine direkte Anbindung des Generators an den Verbrennungsmotor erforscht werden, d.h. die Anbindung erfolgt nicht über ein Dämpferelement entkoppelt. Weiter wird erforscht wie dank moderner Produktionstechnik und Leistungselektronik die Schallabstrahlung eines Reluktanzmotors so weit optimiert werden kann, damit dieser als REX-Generator genutzt werden kann. Hinsichtlich Kosten, Gewicht und Package wäre dies ein riesiges Potential ggü. Permanent erregten Elektromotoren.

AP-Inhalt

- 2.3.1 Schnittstelle Generator-Verbrennungsmotor
- 2.3.2 Reluktanz-Elektromotor als Generator für REX-Anwendungen

AP-Zeitraum

2012			2013						2014														
Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.3 Generator

2/4

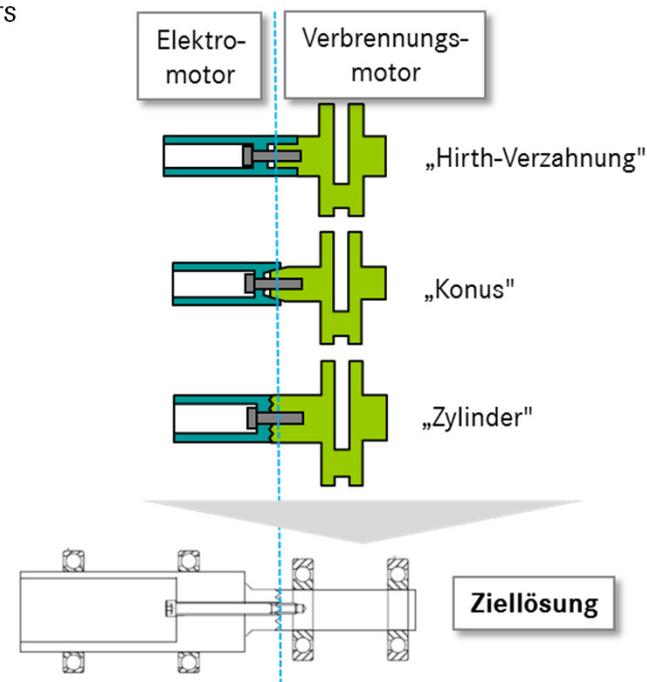
2.3.1 Schnittstelle Generator-Verbrennungsmotor

- Gestaltung Anbindung Generator an Verbrennungsmotor.
- Bildung eines Morphologischen Kastens zur Realisierung verschiedener Anbindungsmöglichkeiten.
- Toleranzbetrachtungen
- Lagerkonzeption

- Konzeption diverser Designvarianten zur Anbindung des Generators an den Verbrennungsmotor
- Bewertung und Auswahl Zielkonzept
- Definition der Schnittstellen zwischen Elektromotor und Verbrennungsmotor
- Konstruktion und Zeichnungserstellung der Einzelbauteile
- Auslegung und Aufbau einer geschalteten Reluktanzmaschine SR2206 mit Hirthverzahnung für eine Generatoranwendung einer minimalen REX-Einheit (siehe 2.3.2)



Hirthverzahnung



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.3 Generator

3/4

2.3.2 Reluktanz-Elektromotor als Generator für REX-Anwendungen

- Auslegung der Blechquerschnitte wird eine elektromagnetische Feinauslegung durchgeführt
- Mechanischer Aufbau der Generatoreinheit
- Aufbau Umrichter und -test inkl. Implementierung der Regelstrategie
- Inbetriebnahme und Test der Reluktanzmaschine SR2206 am EM Prüfstand

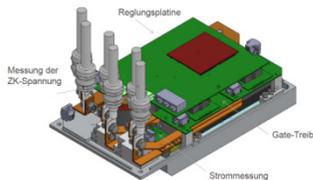
Auslegung einer geschalteten Reluktanzmaschine SR2206

- Elektromagnetische Detailauslegung des GRG
- Akustische Analyse und Bewertung
- Design für 2-phasigen Leistungselektronik und Entwurf Regelstrategie
- Planung Prüfstands Aufbau des Antriebs

Aufbau der geschalteten Reluktanzmaschine SR2206 (3x)

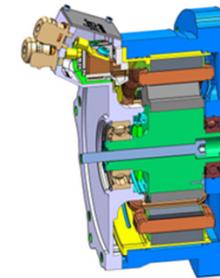
Aufbau und Inbetriebnahme des Umrichters:

- Drehzahlregelung
- Implementierung der Sicherheitsfunktionen: Temperaturüberwachung, Not-Aus, Crash
- Kommunikationstest

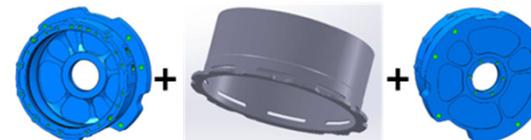


Daten SR2206

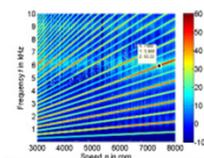
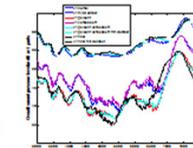
- 2-phasige GRG
- Konfiguration 12/6 polig
- Statoraußendurchm. 220 mm
- Blechpaketlänge 60 mm
- Luftspalt 1 mm
- Dauerleistung 20 kW
- Max. Drehzahl 7000 rpm



Gehäusekonzept



- Rippen zur Versteifung der Außenwand
- Bohrungen im Statorträger



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.3 Generator

4/4

2.3.2 Reluktanz-Elektromotor als Generator für REX-Anwendungen

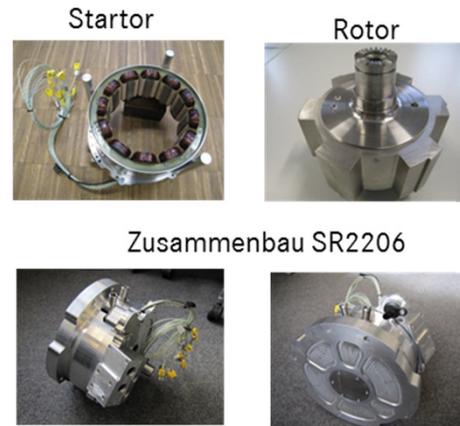
Messergebnisse aus dem EM-Prüfstand für die SR2206

- P = 7 kW; M = 20 Nm; n = 3500 rpm
- UDC = 300 V; irms = 400 A

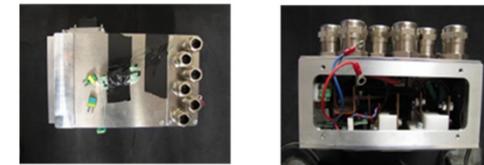
Fazit:

- Gelungene NVH-Vorabsimulation
- Gelungenes NVH Optimiertes Design
- Erfolgreiche IBN der REX-Einheit mit SR2206
- Systemwirkungsgrad, Thermik in Ordnung
- Bewertung nach Psychoakustikern nach Prüfstandsmessungen: NO KILLER!

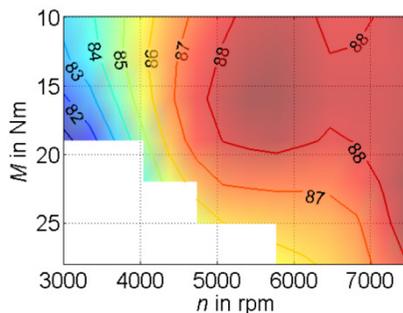
Hardware geschaltete Reluktanzmaschine



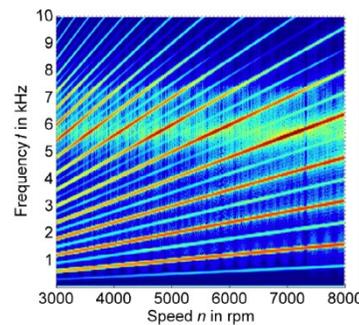
Hardware Leistungselektronik



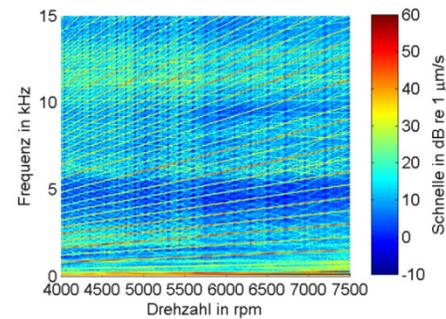
Systemwirkungsgrad



NVH Simulation



NVH Messung



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.4 HV-Batterie

1/2

AP-Beschreibung

In diesem Arbeitspaket soll eine Batterie erarbeitet werden, die sich in ein konventionelles Basisfahrzeug bestmöglich integrieren lässt. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Auswahl des Zelltyps, der Aufbau der Batterie aus den Einzelzellen, die Kühlung und Verschlauchung der Zellen in der Batterie sowie die Crashesicherheit.

AP-Inhalt

- 2.4.1 Konstruktion einer prototypischen HV-Batterie für Einbauraum Compact-Klasse
- 2.4.2 Beschaffung Prototyp HV-Batterie

AP-Zeitraum

2012			2013						2014														
Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug



AP2 Komponentenentwicklung

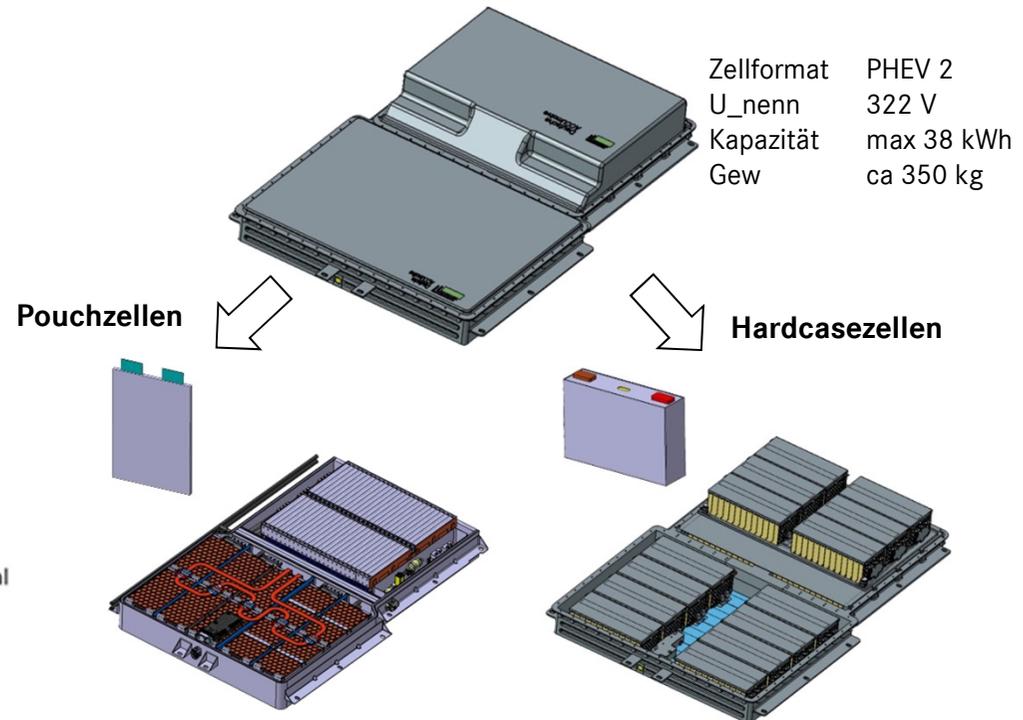
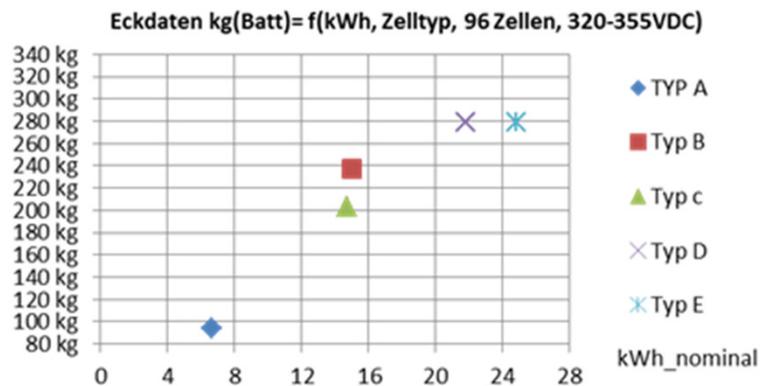
AP 2.4 HV-Batterie

2/2

2.4.1 Konstruktion einer prototypischen HV-Batterie für Einbauraum Compact-Klasse

- Untersuchung der verschiedenen Einbauräume des Fahrzeugs
- Untersuchung der Spannungs- und Stromlagen, Vergleich mit verschiedenen Zelltypen und Aufbauarten.
- Festlegen von möglichen Zelltypen
- Bewerten der Diagnosemöglichkeiten und der Crashesicherheit

- Zellscreening bzgl. Batteriegewicht Hardcasezellen
- Packagestudien JC1 EV Zellen
- Packagestudien für Pouchzellen und Hardcasezellen



AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.5 Wärme- und Thermomanagement

1/6

AP-Beschreibung

Die Elektrifizierung des Antriebsstrangs stellt unter anderem eine große Herausforderung an das Thermomanagement des Gesamtfahrzeugs dar. Die Komplexität des Kühlsystems für den Antriebsstrang nimmt deutlich zu und der thermische Komfort des Innenraums steht in direktem Zielkonflikt mit der Temperierung der ATS-Komponenten. Zu diesen zählen in der Regel der Verbrennungsmotor, das Getriebe, ein oder mehrere Elektromotoren, Leistungselektronik und Gleichspannungswandler sowie die HV-Batterie. Hauptbestandteil dieses Moduls ist es, ein Kühlsystem zu entwerfen, das (unter Berücksichtigung der Innenraumanforderungen) hinsichtlich Leistung, Kosten und Package optimiert ist und damit die beste umsetzbare Lösung für die Demonstrator- und eine Serienkonzeptlösung darstellt.

AP-Inhalt

- 2.5.1 Spezifikation Kühlsystem
- 2.5.2 Aufbau und Testing Kühlsystem
- 2.5.3 Potentialvergleich, Aufbau und Testing separater Thermomanagementmaßnahmen

AP-Zeitraum



AP2 Komponententwicklung

AP 2.5 Wärme- und Thermomanagement

2/6

2.5.1 Spezifikation Kühlsystem

- Konzeption und Variantenvergleich hinsichtlich Leistung, Kosten und Package optimierter Kühlsysteme
- Temperaturabhängige Vermessung von Antriebskomponenten
- Aufbau modularer Simulationsmodelle
- Definition eines Zielkühlkonzepts für den Einbau in einen Versuchsträger

- Lessons learned ermittelt und nach Kosten- und Verbrauchseinsparungspotenzial und Funktionalität gegliedert aufgezeigt
- Vorschläge für Alternativkonzepte erarbeitet
 - Mainstream: Reduzierung der Anzahl Kühlkreisläufe
 - Einsatz wassergekühlter Kondensator in Prüfung
 - Anforderungen (Tvor_max etc) an ATS-Komponenten ermittelt
- Erstellung eines modularen Simulationsmodell für schnellen Effizienzvergleich - Anpassung an ATS-Zielkomponenten erforderlich

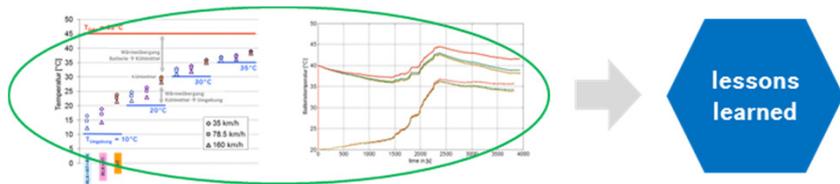


Fig. 1: Mess- und Simulationsergebnisse Referenzfahrzeug

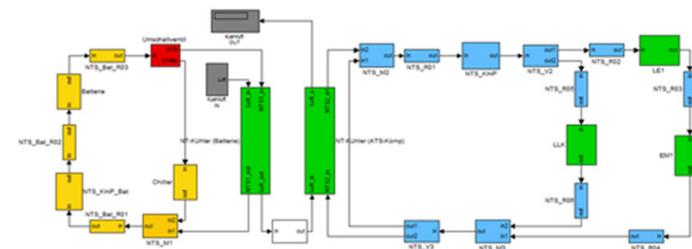


Fig. 2: Simulationsmodell NT-System für Variantenvergleich

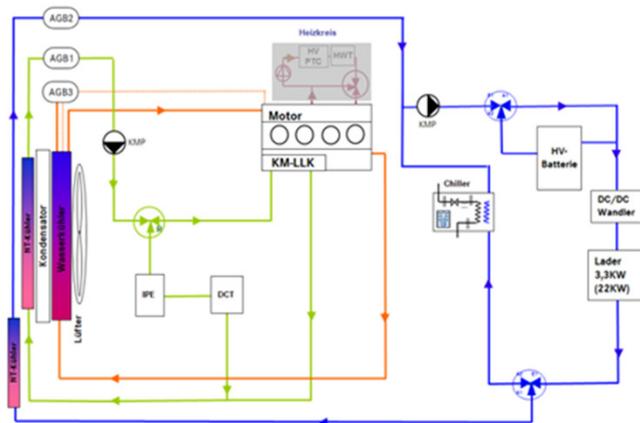
AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.5 Wärme- und Thermomanagement

3/6

2.5.1 Spezifikation Kühlsystem

- Ermittlung Kühlungsanforderungen/Limits der Ziel-ATS-Komponenten für Getriebeintegrierten Elektromotor
- Erstellung Ziel-Kühlkonzept für Versuchsträger
- weiteres Konzept (Variante B) mit Optimierungspotenzial (Verschaltung der NT-Kreise) vorgehalten
- Simulationsmodell mit geplanten ATS-Komponenten parametrier und Testsimulationen durchgeführt (Plausibilisierung), Validierung im Rahmen AP 2.5.2 (nach Aufbau Versuchsträger)



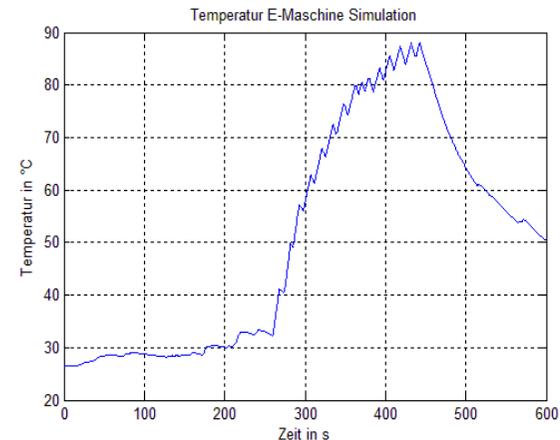
Ziel-Kühlsystem Versuchsfahrzeug

Ambient conditions
Coolant Temperature:
-40 ... 85°C
Coolant Distribution:
-40°C / 6%
23°C / 20%
60°C / 65%
80°C / 8%
85°C / 1%

Beispiel-Spec Komponente



Vermessung der Komponenten (Bauteiltemperaturen, Volumenströme)



Kühlmitteleintrittstemperatur E-Maschine: Ermittlung des Kühlbedarfs jeder einzelnen Komponente mittels Simulation diverser Lastfälle

AP2 Komponentenentwicklung

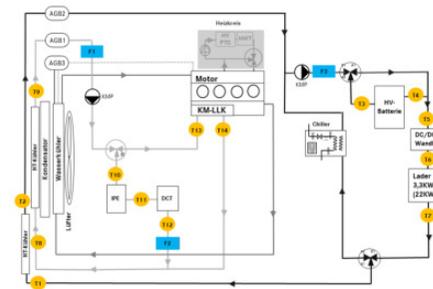
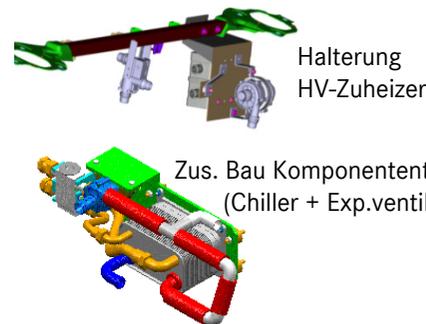
AP 2.5 Wärme- und Thermomanagement

4/6

2.5.2 Aufbau und Testing Kühlsystem

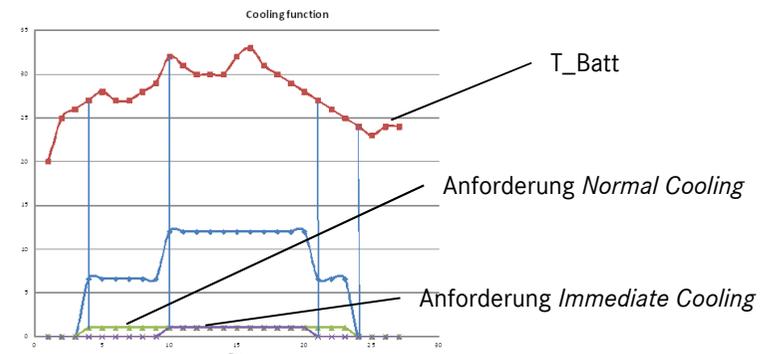
- Umsetzung Zielkühlsystem - Aufbau/Einbau in Erprobungsträger
- Erprobungsplanung, Testing und Auswertung

- Umsetzung Zielkühlsystem:
2 NT-Kreise, Batteriekreis mit Kühler und Chiller parallel, regelbare 100W-Pumpen zur Untersuchung der maximal benötigten Pumpenleistung, Umbau auf Variante B (S.AP 2.5.1) möglich.
- Packaging der Komponenten in CAD
- Konstruktion der Komponententhalter und Leitungsführung
- Erstellung Regelstrategie für Control-Unit



Messstellenplan

- Umsetzung Kühlsystem im Fahrzeug
 - Temperaturdelta über Batteriezellen nach ersten Messungen bei Belastungstest >40kW (eingeschwungen) liegt bei 2,1K
 - ab T_Rücklauf >20°C wird grundsätzlich die Chillerkühlung aktiviert
- durch weitere Messungen und Langzeittests mit den Batterien wurde diese Grenze deutlich optimiert (häufiger Kühlung über NT-Kühler möglich)



Regelstrategie: Kühlung Batterie

AP2 Komponentenentwicklung

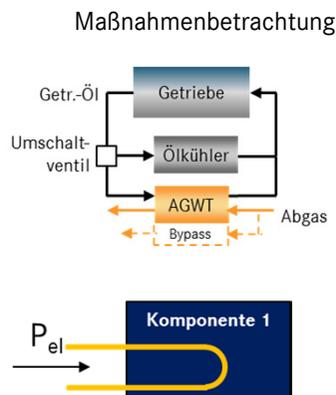
AP 2.5 Wärme- und Thermomanagement

5/6

2.5.3 Potentialvergleich, Aufbau und Testing separater Thermomanagementmaßnahmen

- Potenzialbewertung eines Maßnahmenkatalogs zur Optimierung von Wärme- und Thermomanagement
- Komponenten-/Medientests (z.B. thermische Belastbarkeit Öl)
- Aufbau/Erprobung verschiedener Systeme ohne Beeinflussung durch weitere Maßnahmen

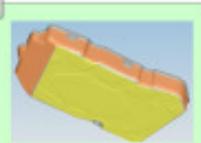
- Potenzialbewertung von Maßnahmen wie aktive Anwärmung und Abwärmenutzung von Komponenten in Arbeit
- Konzeptvergleich für Komponentenheizen im Versuchsträger (z.B. Heizen mit vorhandenen Komponenten durch Auflasten, separater Heizer, ...)



Low-voltage Systeme (Zusatzbelastung DC/DC)

Externe Flächenheizung an Ölwanne

- + einfache Integration
- + niedrige Kosten/Gewicht
- + keine Zusatzbelastung (ZÖP/VGS)
- + geringe Gehäuseaufheizung
- Zusätzliche Prüfung des Korrosionsschutzes nach DBL 7381
- Zusatzkomponenten
- indirekter Wärmeeintrag → Verluste
- verringerte Bodenfreiheit (aber: Platz vorhanden)



> System zeitnah umsetzbar

High-voltage Systeme

E-Maschinenbetrieb im Stand

- + direkter Wärmeeintrag ins Öl
- + keine Zusatzkomponenten erforderlich
- Trägheit durch Aufheizen der EM-Komponenten
- Zusatzbelastung Umrichter
- Umwälzen mit ZÖP erforderlich
- Sicherheit/Umsetzung (bzgl. Lastfahrerschutz) sicherstellen



> Weiterentwicklung des Konzepts empfohlen

PTC-Heizer im Ölumpf

- + direkter Wärmeeintrag ins Öl
- + niedrige Kosten/Gewicht
- kontinuierliches Umwälzen mit ZÖP erforderlich
- Zusatzkomponenten
- LV-Leitungen müssen aus Ölwanne rausgeführt werden

HV-PTC

- + keine Verluste in DC/DC oder Umrichter
- + Nutzen einer bekannten Komponente
- + HV-PTC schon für PreCon in Betrieb, wenn aktiv
- Öl muss ggf. aus Getriebe rausgeführt werden
- Koppelung der entsprechenden Kreisläufe erforderlich
- weniger Leistung für Precon



- alle Systeme mit erhöhtem Steuer Aufwand, geänderter Ladestrategie und Zusatzbelastung des OBL, Aktivierungsmöglichkeiten sind zu klären, Korrelation mit Precon/Ladestrategie

Sonstige Maßnahmen

Abwärmenutzung OBL

- + Wärme fällt sowieso an
- Leistung ist vrs. zu gering, System ist nicht unabhängig vom Ladezustand
- Koppelung der entsprechenden Kreisläufe erforderlich (Aufwand)

Abwärmenutzung iZÖP

- + Direkter Wärmeeintrag ins Öl
- NVH begrenzt Leistungseintrag
- Zusatzbelastung iZÖP/VGS

Maßnahmenvergleich elektrisches Heizen

AP2 Komponentenentwicklung

AP 2.5 Wärme- und Thermomanagement

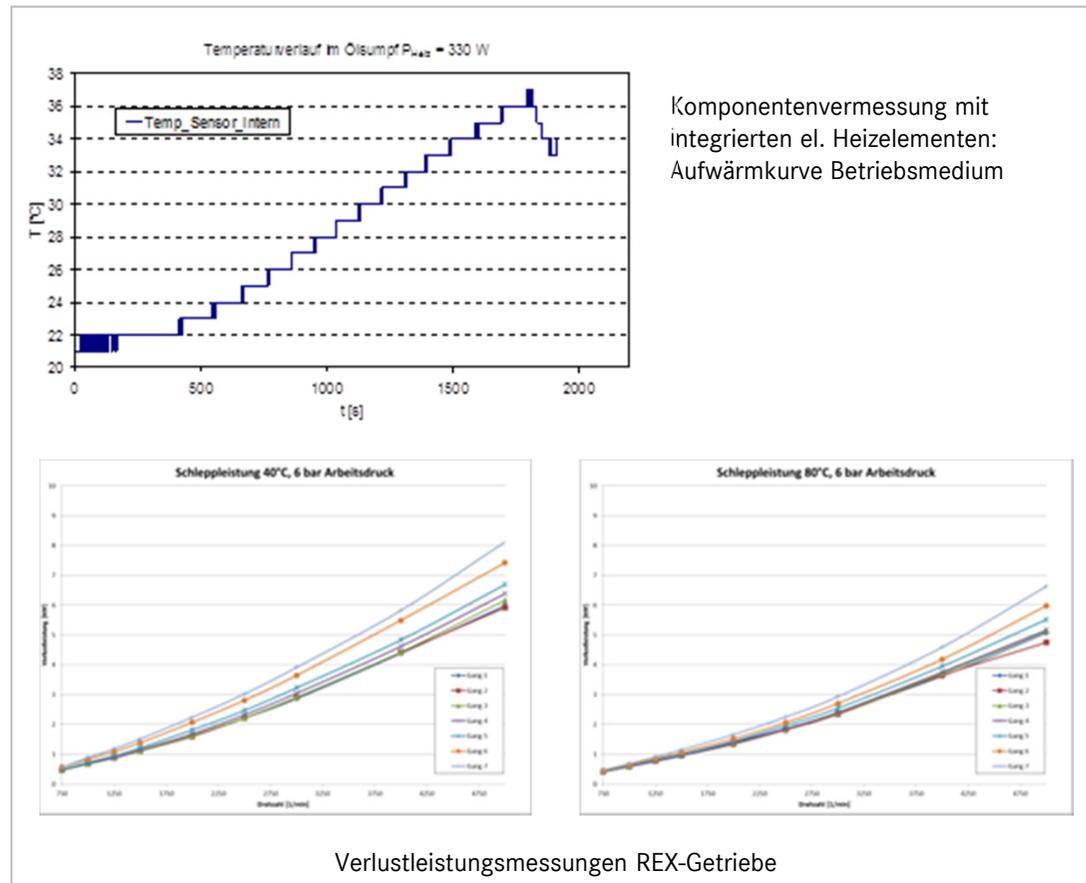
6/6

2.5.3 Potentialvergleich, Aufbau und Testing separater Thermomanagementmaßnahmen

- Versuche mit Prototypenheizern
- Verlustleistungsmessungen Getriebe
- Erprobung chemische/tribologische Alterung mit verschiedenen Getriebeölen (nur relevant für Abgaswärmenutzung)
 - keine Schädigungen für $T_{AG} > 400^{\circ}C$ bei ca. 1000 Betriebs h
- Rollenmessung mit extern angewärmter Getriebeeinheit (externe Heizmatte) haben bisher keine messbaren Verbrauchsvorteile ergeben ($< 1,5 \text{ gCO}_2$ → innerhalb der Messtoleranzen)
- Erprobung von Maßnahme Abgaswärmenutzung in Erwägung ziehen (weitere Nutzen-Simulation anhand Kundenzyklen sind erforderlich)



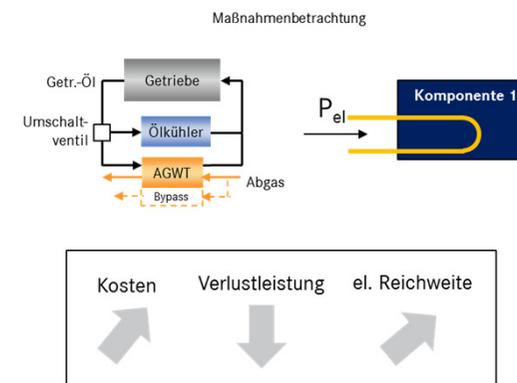
Ölmenge: 1,5 l



AP 2.5.3 Potentialvergleich, Aufbau und Testing separater Thermomanagementmaßnahmen

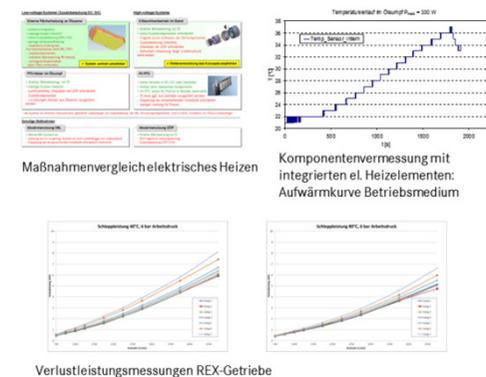
Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Potenzialbewertung von Maßnahmen wie aktive Anwärmung und Abwärmenutzung von Komponenten in Arbeit
- Konzeptvergleich für Komponentenheizen im Versuchsträger in Ausarbeitung (z.B. Heizen mit vorhandenen Komponenten durch Auflasten, separater Heizer, ...)
- Aufbau Vermessung Getriebe in Planung (Schleppverluste bei verschiedenen Temperaturen)
- Untersuchungen hinsichtlich Package und Integration einer schleppleistungsreduzierenden Maßnahme im Versuchsfahrzeug gestartet



Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Maßnahmenvergleiche abgeschlossen
- Verlustleistungsmessungen Getriebe durchgeführt
- Erste Versuche mit Prototypenheizern erfolgt

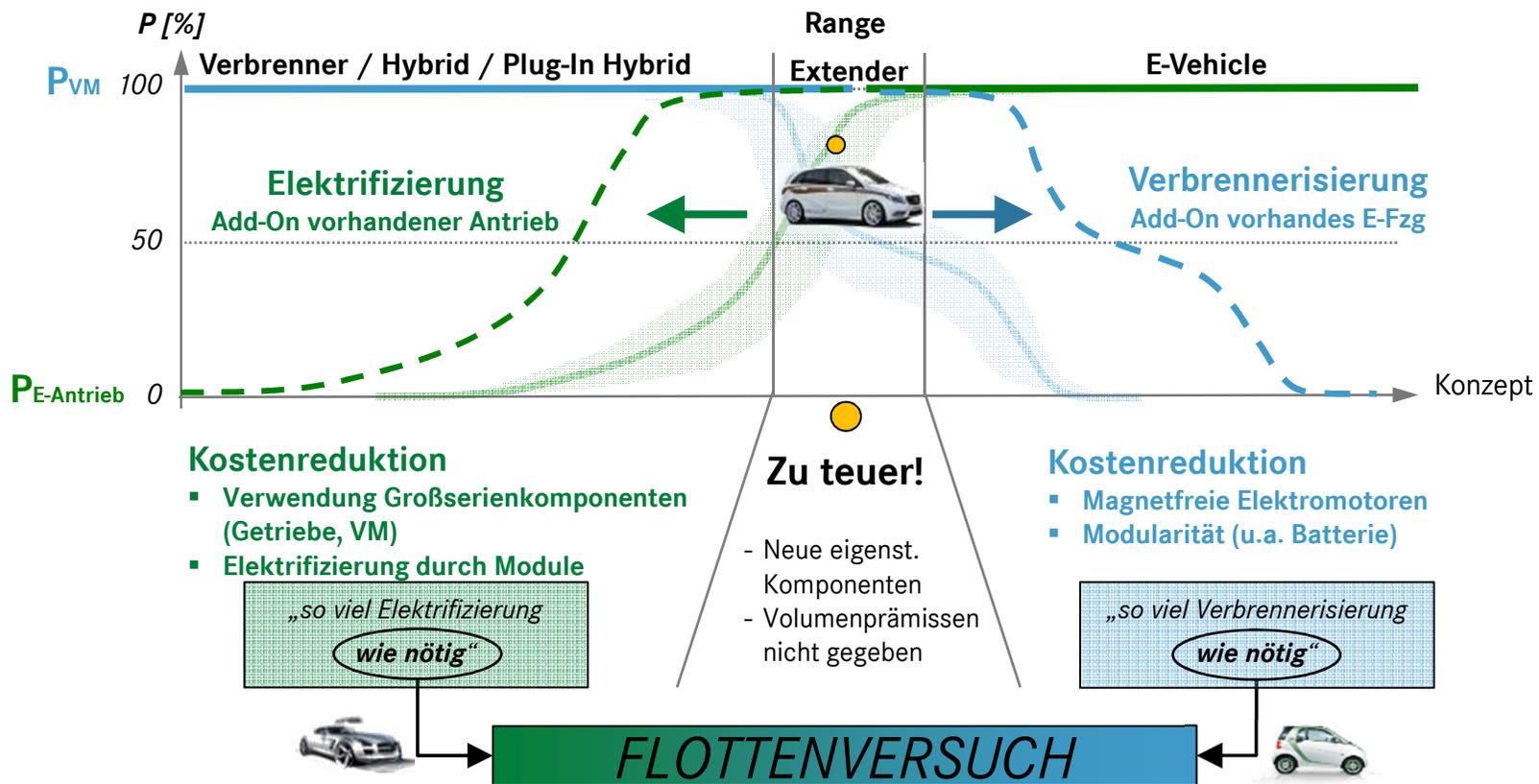


BMUB-Förderprojekt: “Kundengerechte Range Extender Konzepte”

- 1 Übersicht Projektinhalte
- 2 Erkenntnisse aus dem Flottenversuch
- 3** „so viel Verbrennerisierung wie nötig“
- 4 „so viel Elektrifizierung wie nötig“
- 5 Zusammenfassung und Ausblick

Einsatzpotentiale und Weg zur optimalen Anwendung

Fokus für kundengerechten Range Extender Konzepte



Kundengerechte Range Extender Konzepte

Zusammenfassung Aufstockungsumfang

Reluktanzmaschine

Nachweis der Konzepttauglichkeit im Fahrzeug (SmartEV)

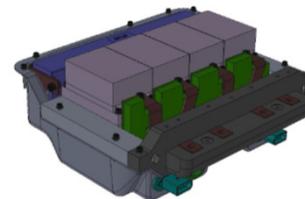
- NVH Verhalten Optimierung auf „Serieniveau“
- Regelfunktionen in Fahrzeugumgebung bestätigen



Asynchronmaschine

Varianten testen auf Prüfstand um Serienanforderungen bedienen zu können

- LE-Regelung
- Varianten Kühlung
- Wirkungsgradoptimierungen
- Vereinfachung Gesamtsystemkosten



Kundengerechte Range Extender Konzepte

Zusammenfassung Aufstockungsumfang

Reluktanzmaschine

Nachweis der Konzepttauglichkeit im Fahrzeug (SmartEV)

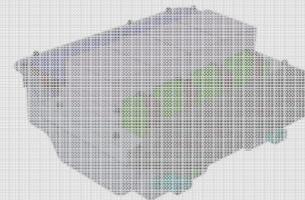
- NVH Verhalten Optimierung auf „Serienniveau“
- Regelfunktionen in Fahrzeugumgebung bestätigen



Asynchronmaschine

Varianten testen auf Prüfstand um Serienanforderungen bedienen zu können

- LE-Regelung
- Varianten Kühlung
- Wirkungsgradoptimierungen
- Vereinfachung Gesamtsystemkosten



Projekt SR2206

Überblick

PM: Magnete

IM: Kupfer/ Alu.

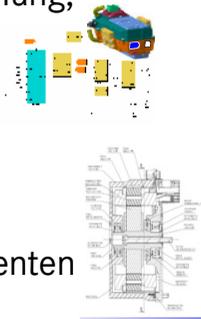
SR: Eisen



- **Motivation:** EM Kostenreduzierung
- **Ziel:** minREX-Einheit mit SR-Generator
- **Kenndaten:** 20 kW, 7500 rpm

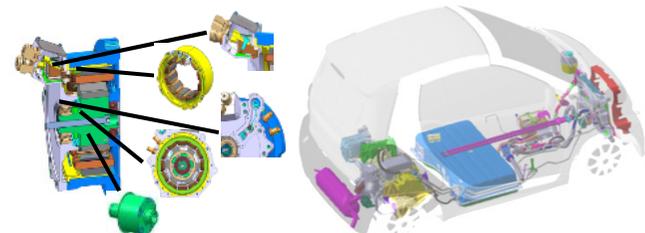
Projektpartner

- **ISEA RWTH Aachen:** Detailauslegung, Leistungselektronik, Softwareerstellung, Inbetriebnahme EM, REX
- **Hofer Powertrain:** Anpassung der Gehäuse-Konstruktion, Aufbau Passivkomponenten
- **Systematec:** Aufbau Aktivkomponenten
- **Daimler:** Konzeptdefinition, Validierung des Generatorkonzepts



Ergebnisse

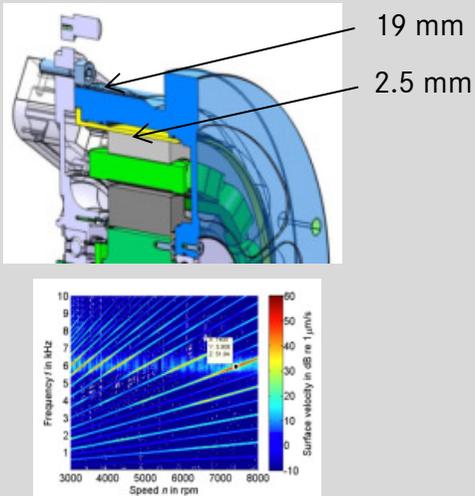
- **NVH optimierter Aufbau**
12/6 Konfiguration
Blech M250-30A
SR2206, 2-phasig
- **REX & EM Prüfstand @ ISEA, DAI**
IBN Regelung
Wirkungsgrad, Thermik, NVH
- **Fahrzeug Integration**
minREX mit SR2206 als Generator



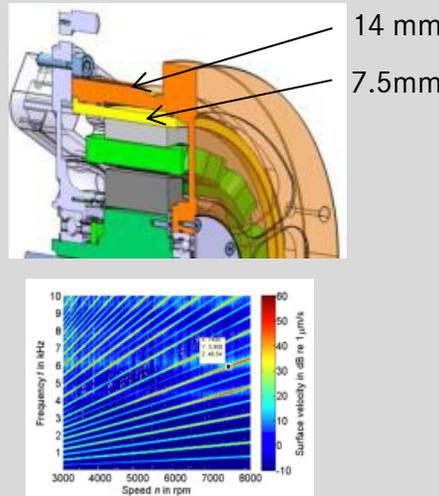
Gehäusekonzept

Ansätze und Simulation

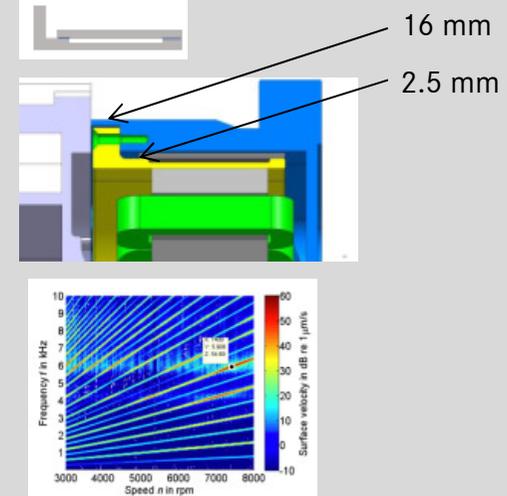
Variante 1: weiche Statoranbindung



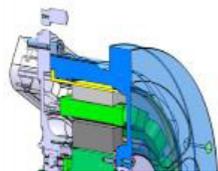
Variante 2: steife Statoranbindung



Variante 3: entkoppelte Statoranbindung

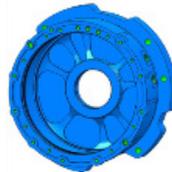


Fazit: Variante 1 ist das beste akustische Konzept



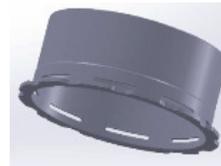
Variante 1

+



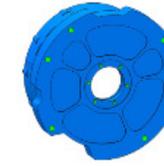
Zusätzliche Rippen zur Versteifung der Außenwand

+



Zusätzliche Bohrungen im Statorträger

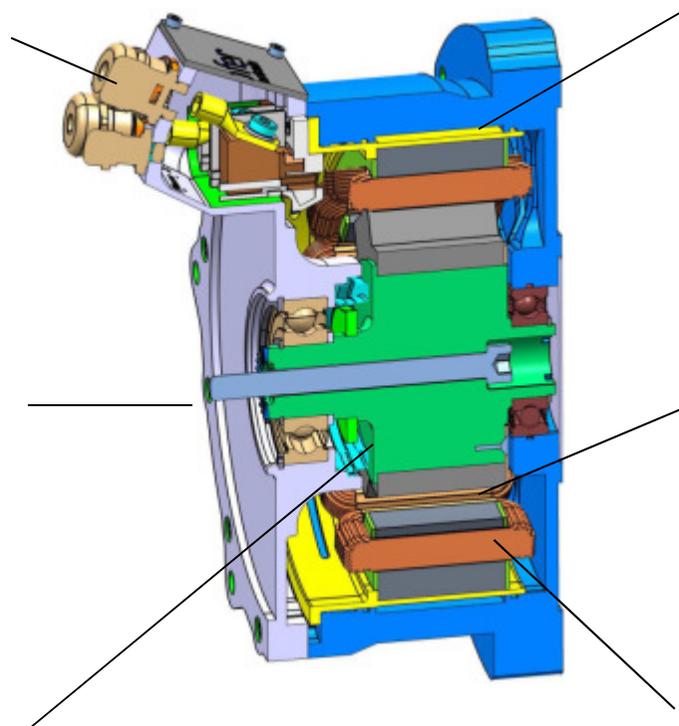
+



Asymmetrie um Mode 0 zu minimieren

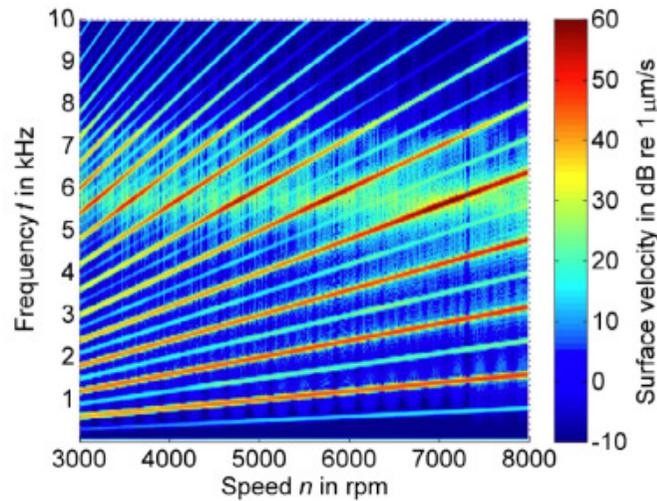
Aufbau

NVH optimierter Aufbau

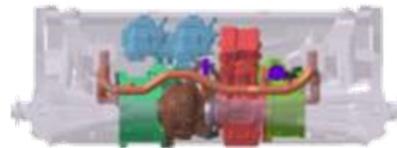
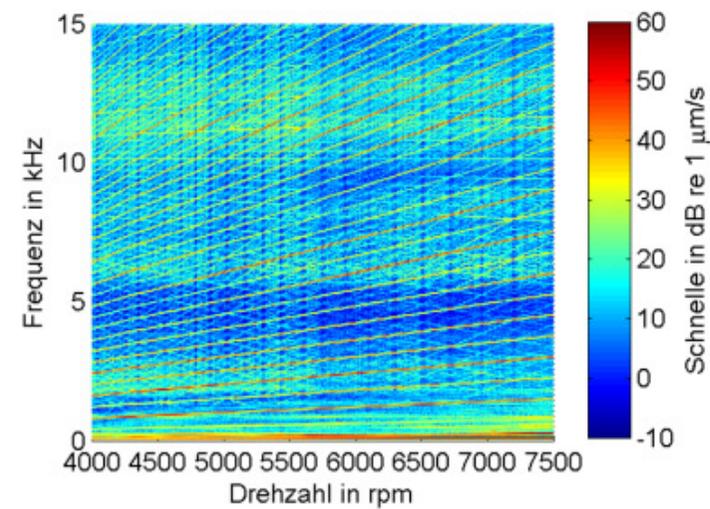


Fazit

Simulation



Messung



Fazit:

Gelungene NVH-Vorabsimulation, Gelungenes NVH Optimiertes Design, Erfolgreiche IBN der REX-Einheit mit SR2206, Bewertung nach Psychoakustikern nach Prüfstandsmessungen: NO KILLER!

Fahrzeugintegration

Integration der minREX-Einheit mit Reluktanzmaschine im Smart EV



Umfang Fahrzeugintegration: Fahrzeugaufbau, Gesamtpackage, DMU, Kühlung, Verkabelung

SENSATION!
 Nach 15 Jahre
 wieder eine
 Reluktanz-EM in
 einem
DAIMLER-Fzg!
 Reluktanzmaschine
 SR2206 als
 Generator für
 minREX-Einheit in
 einem Elektro-
 Smart eingebaut.
 Eigenes Akustik-
 optimiertes Design

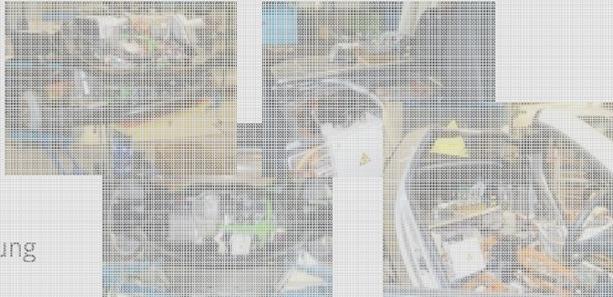
Kundengerechte Range Extender Konzepte

Zusammenfassung Aufstockungsumfang

Reluktanzmaschine

Nachweis der Konzepttauglichkeit im Fahrzeug (SmartEV)

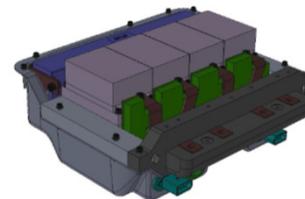
- NVH Verhalten Optimierung auf „Serienniveau“
- Regelfunktionen in Fahrzeugumgebung bestätigen



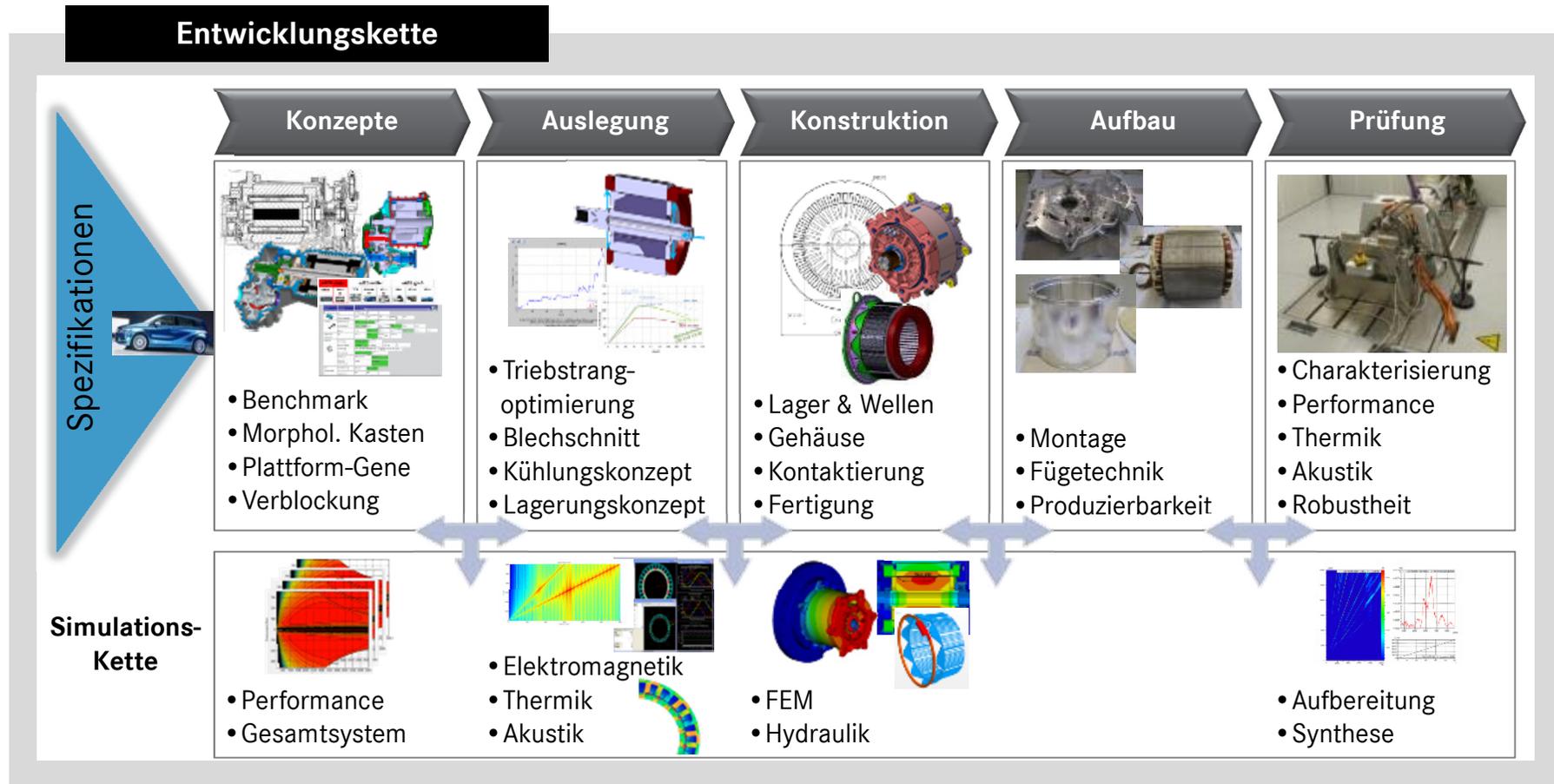
Asynchronmaschine

Varianten testen auf Prüfstand um Serienanforderungen bedienen zu können

- LE-Regelung
- Varianten Kühlung
- Wirkungsgradoptimierungen
- Vereinfachung Gesamtsystemkosten



Entwicklung Asynchronmaschine (ASM)

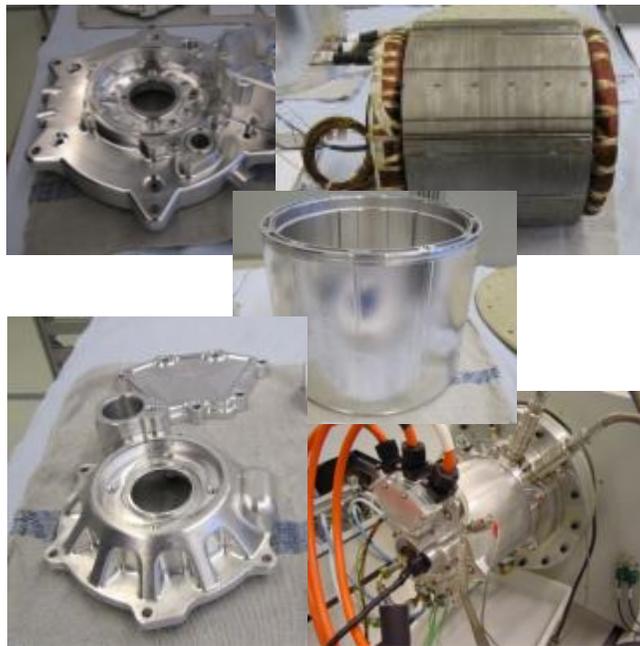


Nur durch eine geschlossene Entwicklungskette mit Start bei der Auslegung und Rückführung der Messergebnisse zur Schärfung der Simulation lässt sich ein Technologiesprung schaffen.

Aufbau und Prüfstandsbetrieb ASM

Konstruktion

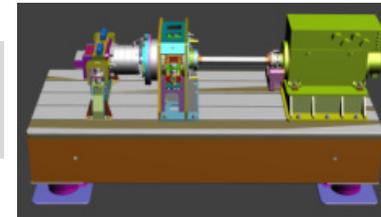
Aufbau



Montage der E-Motoren und Triebstränge in UT
Fertigung der Aktivteile durch Bosch

Erprobung

Akustik
Prüfstand



Akustik
Prüfstand



Sonderprüfungen:
Schleudern
Hydraulik
Lagerung



Mechanik und Erprobung: Ein notwendiger Rückschluss für die gesamte Toollandschaft.

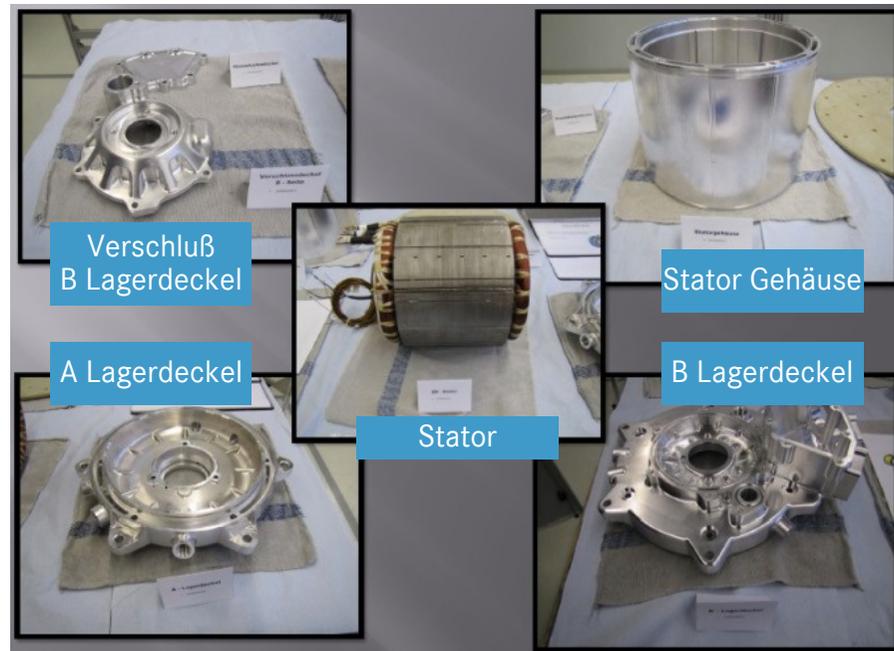
Aufbau und Erprobung E-Motoren

Konstruktion

Aufbau



Erprobung



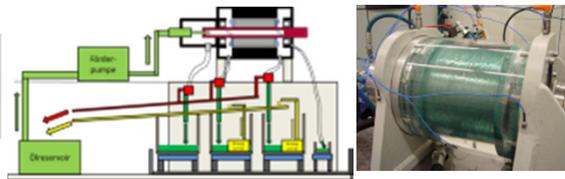
Die Montage der E-Motoren und Triebstränge erfolgt im Werk in Untertürkheim, für die Fertigung der Aktiveile ist die Robert Bosch GmbH zuständig.

Erprobung und Mechanik

Aufbau

Erprobung

Absicherung
Ölkreislauf / Öl



Akustik
Prüfstand



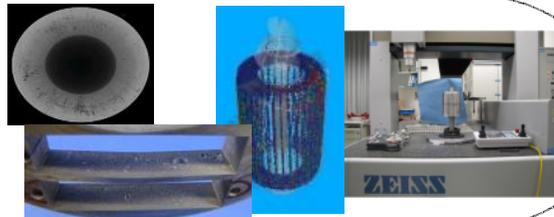
Absicherung
Hochdrehzahlkonzept /
Drehzahlfestigkeit Al-
Rotor



Akustik
Prüfstand



Optimierung
Gussgefüge TEM
Al-Rotor



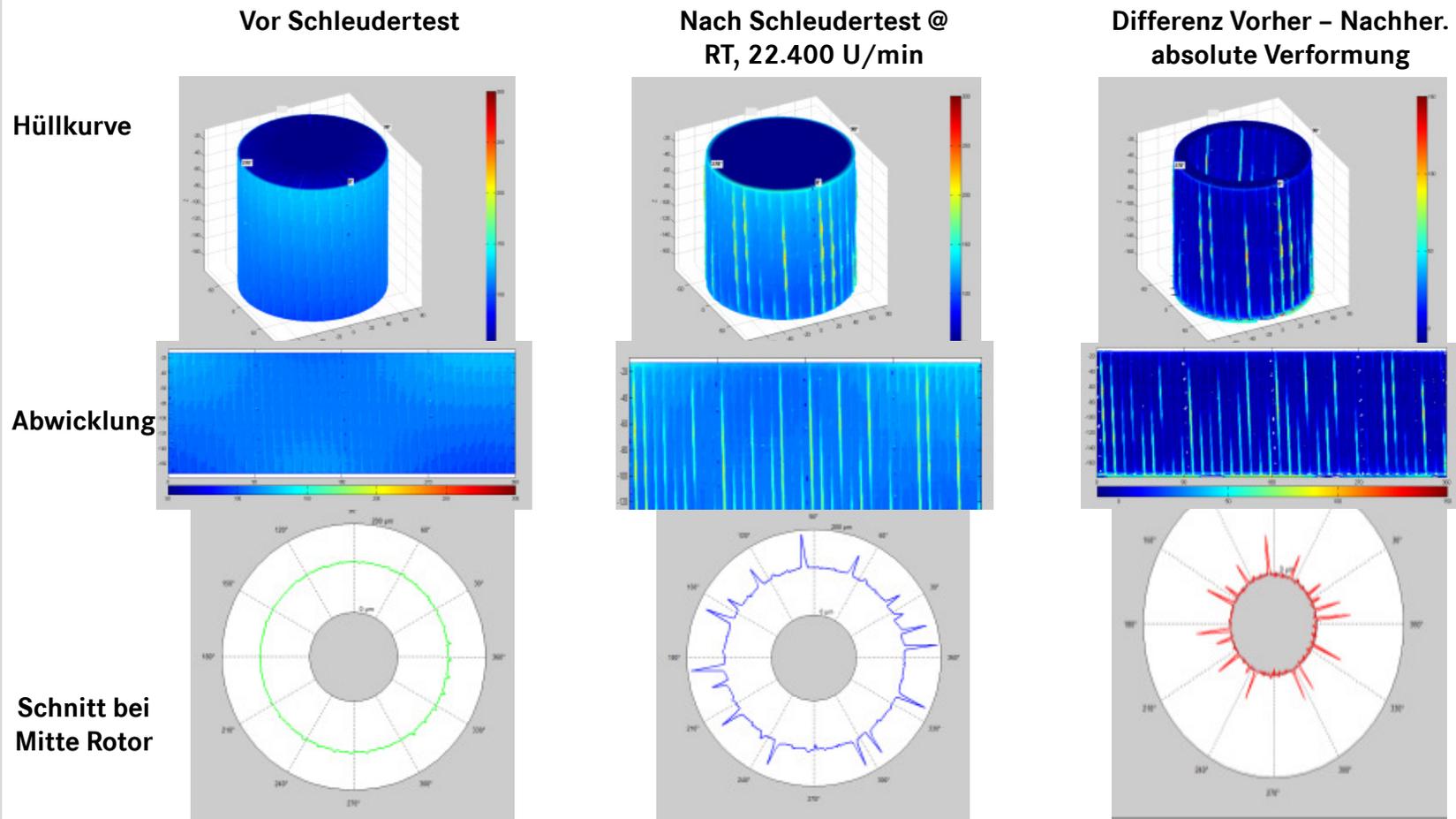
Sonderprüfungen:
Schleudern
Hydraulik
Lagerung



Mechanik-Entwicklung und Erprobung zum Nachweis der Konzepttauglichkeit – auch ein Rückschluss für die gesamte Toolandschaft.

Schleudertest Alu Rotor

Simulation der Verformung vom Rotor bei hohen Drehzahlen



Rotor 1 (103) (AB&SL bei 25°C)

Berstdrehzahl: 31955min⁻¹



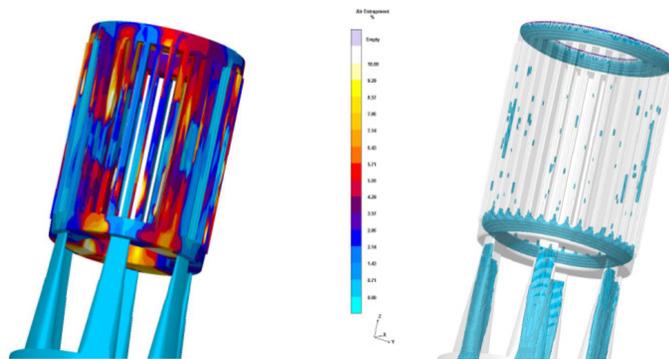
Totales Versagen des Rotors mit Abreisen der Antriebskupplung

Gusstechnik Alu Rotor

Optimierung der Gussparameter

CURRENT ROTOR CAGE AND GATES DESIGN – flow simulations

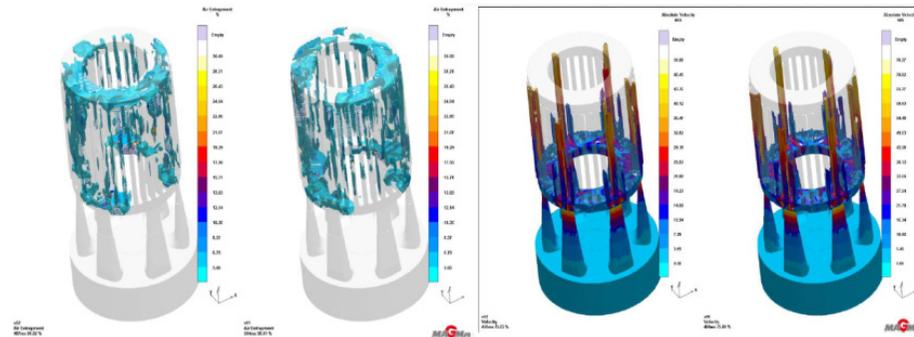
- 6 gates with overall surface 134,344mm²
- Plunger speed at 2. phase 0,84 m/s (70%)



Left: air entrapment in %, right shrink porosity in short circuit rings.

2. SIMULATION CONCLUSIONS

- Optimization of parameters brings some % smaller air porosity → need of changing gate area surface and positioning.



Left: air entrapment, right: filling velocity (uneven filling of slots).

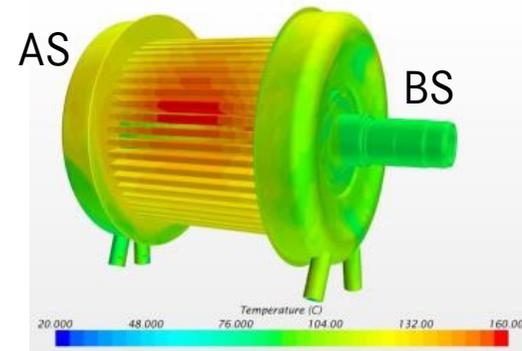
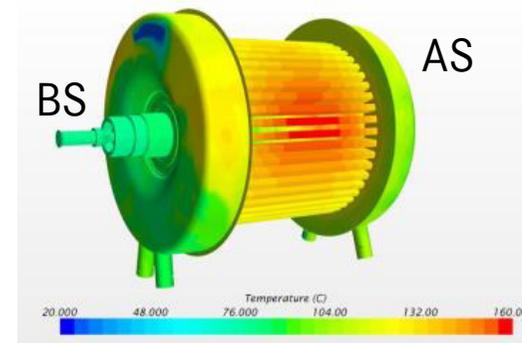
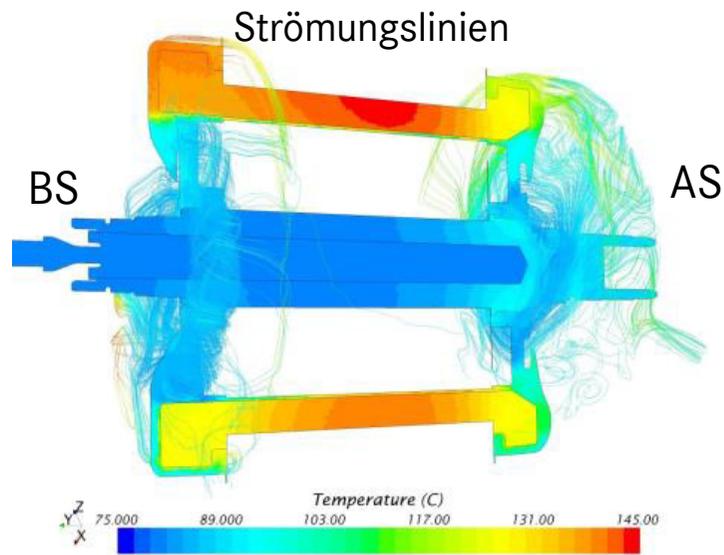
Voraussetzung für die optimale Performance von Induktionsmotoren ist ein perfekt gegossener Rotorkäfig. Im ersten Projektabschnitt wurden aufgrund der Größe des Rotors schlechte Rotoren mit Lufteinschlüssen hergestellt.

Erste Ergebnisse der CFD-Simulation

Thermische Simulation Nasslauf IM2216

Randbedingungen:

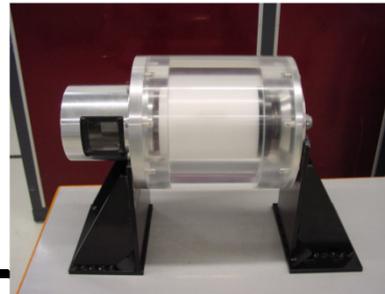
- Vorlauftemperatur 80°C
- Vorlauf 5 l/min
- Verluste im Stator 2.000W



Mit aufwändigen und zeitintensiven Computersimulation wird die Kühlkonfiguration für nasslaufenden Induktionsmotoren ausgelegt

Thermische Versuche

Transparente E-Maschine



Öl- und Druckverteilung

- Mengenverteilung
- Drucksituationen
- Drehzahleinfluss

Reib- und Schleppverluste

- Öleinfluss auf die Performance
- Mengen- und Temperatureinfluss

Variantenuntersuchung

- Wickelkopfvari.
- Rotorvarianten
- Strömungseinfluss

Lagerbeölung

- Verschiedene Lager
- Ölmengen

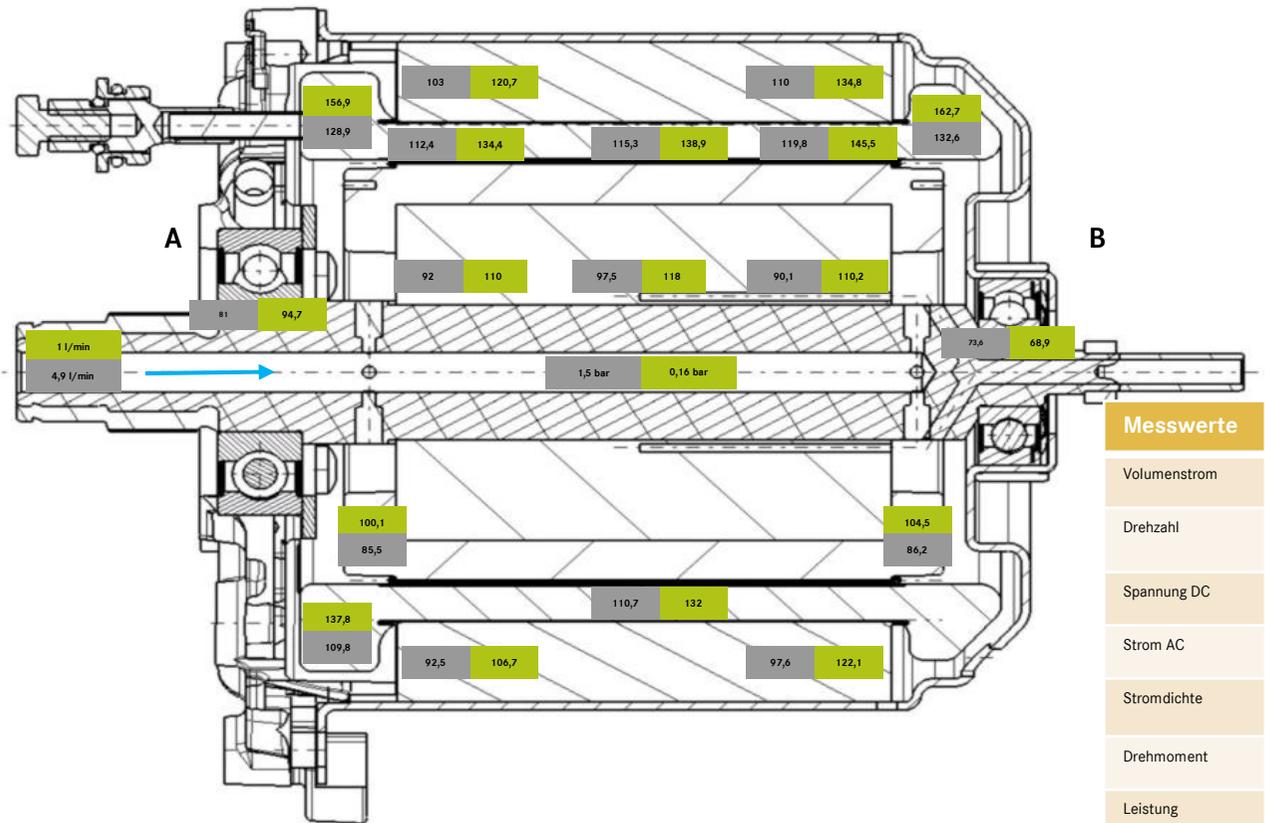
Ölzuführung

- Schaufelrad
- mech. antrieb. Pumpe

Durch messungsintensive Analysen findet eine Bestätigung des hydraulischen Kühlkonzepts statt

Temperaturmessung ASM

Temperaturmessstellen bei einer nasslaufenden IM2216



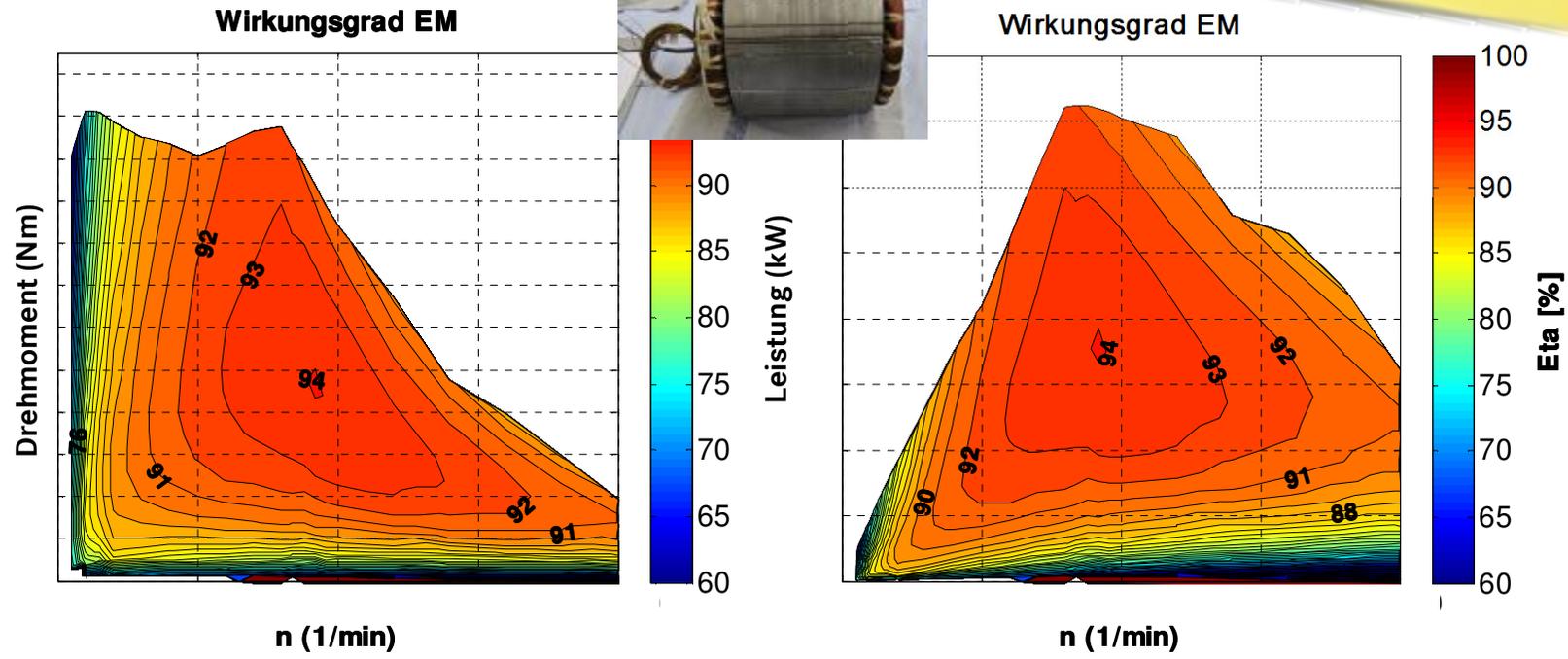
Messwerte		
Volumenstrom	1 l/min	5 l/min
Drehzahl	1.000 U/min	1.000 U/min
Spannung DC	48 V	48 V
Strom AC	219 A	219 A
Stromdichte	13,08 A/mm ²	13,08 A/mm ²
Drehmoment	28 Nm	28 Nm
Leistung	2,94 kW	2,95 kW

Der Nasslauf ist das höchstkomplexe und effektivste Kühlungsverfahren welches eine umfangreiche Entwicklungskette (Analytik, CFD-Simulation, Messungsmatrizen) erfordert.

Versuchsergebnisse ASM

IM2216

Technologie-Set ASM:
 - Nasslaufende E-Maschine mit gezielter Kühlung
 - Hochdrehzahlkonzept EM
 - Direktkontaktierung



Die Asynchron/Induktionsmaschinentechologie kann mit einem konsequenten Technologieset (Nasslauf, Hoch- drehzahl) die maschinentypologischen Nachteile zu einer State-of-the-Art Permanentmagnetmaschine kompensieren

Kundengerechte Range Extender Konzepte

AP3 Konzeptuntersuchungen- und Bewertungen

- Zeitschiene, Ziele, Ergebnisse des Arbeitspaketes 3
- AP 3.1 Untersuchung von Kundenanforderungen und Beschreibung der Auslegungskriterien / Flottenbetrieb
- AP 3.2 Konzeptbewertungen
- AP 3.3 Entwurf, Darstellung und Erprobung der Betriebsstrategie (BS) auf Basis der Vorarbeiten im Vorgängerprojekt REX1

Kundengerechte Range Extender Konzepte

Zusammenfassung Ergebnisse AP3.1

- Untersuchung von Kundenanforderungen und Beschreibung der Auslegungskriterien / Flottenbetrieb
 - 3.1.1 Organisation Flottenbetrieb
 - 3.1.2 Betreuung Prototypen
 - 3.1.3 Messausstattung und Auswertung
 - 3.1.4 Funktionserstellung und -erweiterung
 - 3.1.5 Applikation Software
 - 3.1.6 Erprobung im Alltagsbetrieb

AP 3.1.1 Organisation Flottenbetrieb

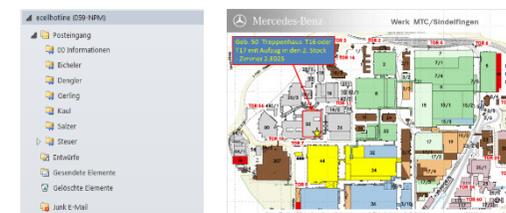
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Einrichtung/Organisation Hotline für Terminplanung und Fahrzeugbetrieb
- Organisation Fahrzeugnutzungsplanung/Planungsliste
- Organisation Protokolle, Datenschutzerklärungen, Auslandschutzbestimmungen, notwendige Qualifikationen, Tarnvorschriften
- Erstellung Sicherheitsregeln bei Unfall und Pannen
- Erstellung Nutzungsbedingungen
- Erstellung Fahrzeugmappe
- Organisation Ersatzteilbestellung
- Organisation interne Schulungen

		Sonstiges	Werkstatt SIFI	SIFI	W 242 E9X - 50	W 242 E9X - 51	W 242 E10 - 53	W 242 E9X - 54	W 242 E9X - 55
		Erprobung	Werkstatt UT	U	BB DA 2491	BB DA 3182	BB FL 556	BB DA 4283	BB DA 1002
		Neue	Löschen						
Betreuer					Nicole Kaul				
01.02.2013	08:30 - 12:00 Uhr, vormittags								
Freitag	12:00 - 17:00 Uhr, nachmittags								
	17:00 - 08:30 Uhr, abends								
02.02.2013	08:30 - 12:00 Uhr, vormittags								
SAMSTAG	12:00 - 17:00 Uhr, nachmittags								
	17:00 - 08:30 Uhr, abends								
03.02.2013	08:30 - 12:00 Uhr, vormittags								
SONNTAG	12:00 - 17:00 Uhr, nachmittags								
	17:00 - 08:30 Uhr, abends								
04.02.2013	08:30 - 12:00 Uhr, vormittags								
Montag	12:00 - 17:00 Uhr, nachmittags								
	17:00 - 08:30 Uhr, abends								
05.02.2013	08:30 - 12:00 Uhr, vormittags								
Dienstag	12:00 - 17:00 Uhr, nachmittags								
	17:00 - 08:30 Uhr, abends								
06.02.2013	08:30 - 12:00 Uhr, vormittags								
Mittwoch	12:00 - 17:00 Uhr, nachmittags								
	17:00 - 08:30 Uhr, abends								

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Schlüsseltresore sind in Untertürkheim, Nabern und Sindelfingen installiert.
- E-Mail Hotline ist für Verantwortliche Personen eingerichtet
- Liste zum einteilen der Fahrzeuge wurde erstellt
- Übergabe und Rückgabeprotokolle werden über die E-Mailhotline abgewickelt
- Unterlagen für Fahrzeugmappen wurden zusammengestellt
- Ausgesuchte Personen wurden in den Fahrzeugen unterwiesen
- 5 Ladekarten von EN-BW stehen zur Verfügung



W 242 E9X - 50	W 242 E9X - 51	W 242 E10 - 53	W 242 E9X - 54	W 242 E9X - 55
BB DA 2491	BB DA 3182	BB FL 556	BB DA 4283	BB DA 1002
Nicole Kaul				

AP 3.1.1 Organisation Flottenbetrieb

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Schlüsseltresore sind in Untertürkheim, Nabern und Sindelfingen installiert.
- E-Mail Hotline ist für Verantwortliche Personen eingerichtet
- Liste zum einteilen der Fahrzeuge wurde erstellt
- Übergabe und Rückgabeprotokolle werden über die E-Mailhotline abgewickelt
- Unterlagen für Fahrzeugmappen wurden zusammengestellt
- Ausgesuchte Personen wurden in den Fahrzeugen unterwiesen

 Schadensmeldung Kfz Kasko Haftpflichtschaden.doc
 Unfall Kontaktliste.pdf
 Unfall_Checkliste Fahrzeug.pdf
 Unfallcheckliste Krisenstab.pdf
 Versuchsfahrtregeln und Verhaltenskodex deutsch.doc
 Versuchsfahrtregeln und Verhaltenskodex englisch.doc



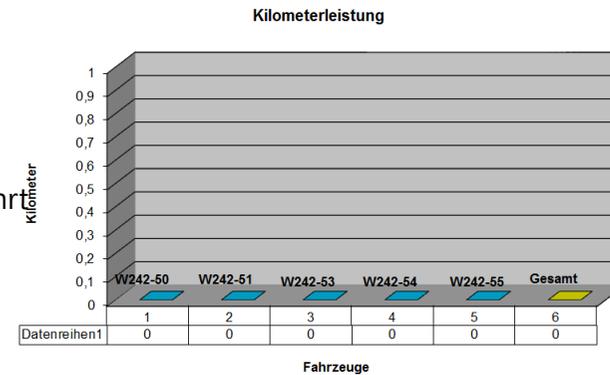
Ladekarte

Name	Vorname	Abteilung	Fahrzeugspezifische PK-Einweisung erhalten	Datenschutzklärung erhalten und zur Kenntnis genommen	PK-Qualifikation PK1 - PK2 - PK3	PK2	Gültiger Führerschein	Mindestens bezüglich Fahrzeugschlüssel erhalten	Auslieferbestimmungen sind vom Fahrer zu kennen Wird zur Kenntnis genommen
Geisig	Michael	RD/DA			PK3 (PK1)	ja			
Kud	Nicole	RD/DA			PK3 (PK1)	ja			
Scher	Michael	RD/DA			PK2		ja		
Beuer	Josef	RD/RY							
Dreger	Christian	RD/RY							
Hüb	Julian	RD/RY	erhalten		PK3 (PK1)				
Schulz	Oliver	RD/RY							
Böcher	Florian	RD/RY							
Wölbers	Michael	RD/RY							
Her	Wolfgang	RD/RY	erhalten		PK2				
Urbauer	Manuel	RD/RY	erhalten		PK2				
Haar	Kathrin	RD/RY	erhalten		PK2				

AP 3.1.2 Betreuung Prototypen

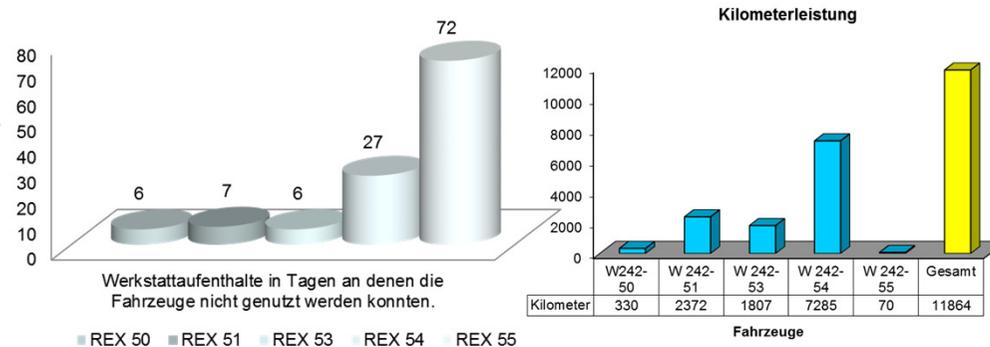
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Festlegung der Messtechnik für die Flottenfahrzeuge
- Werkstattaufträge für Umbauten der Flottenfahrzeuge erstellt
- Umbau der Fahrzeuge sowie Software Update an allen Fahrzeuge durchgeführt
- Organisation Wartung
- Organisation/Aufstellen der Schlüsselkästen



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

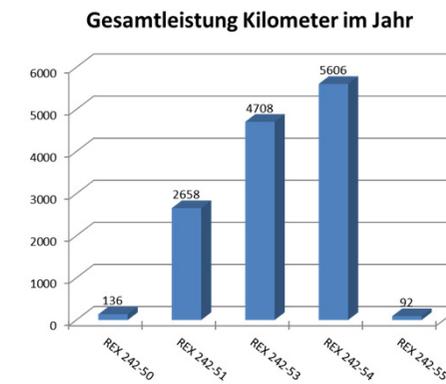
1. An allen Fahrzeugen wurden Datenlogger, Gateways und Remot-Controll zur Signalvisualisierung der Logger Daten eingebaut.
2. Es wurden Insgesamt 13 Werkstattaufträge erteilt.
3. Fahrzeuge sind wegen instabiler Software noch nicht voll einsatzfähig.



AP 3.1.2 Betreuung Prototypen

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

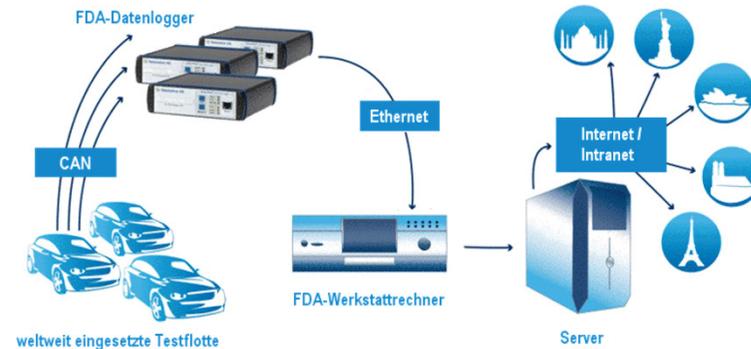
- An allen Fahrzeugen müssen die Ladeklappen und Kabelbäume von Ladeklappe zu Onboardlader getauscht und geprüft werden.
- Es wurden Insgesamt 12 Werkstattaufträge erteilt.
- Fahrzeuge sind wegen instabiler Software noch nicht voll einsatzfähig.



AP 3.1.3 Messausstattung und Auswertung

Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Erstellen einer Konfiguration für die FDA-Datenlogger (9 Trigger mit insgesamt 464 Signalen)
- Konfigurieren der FDA-Werkstattrechner um den Download der Daten und das Update der Konfiguration und der Firmware zu gewährleisten
- Erstellen einer Konfiguration für die RemoteControl
- Regelmäßige Überprüfung des FDA-Systems



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Ausstattung der Fahrzeuge 50, 51, 53, 54 und 55 mit FDA-Datenloggern
- Erstellung und Erweiterung einer Konfiguration für die Datenlogger nach Vorgaben
- Verteilung der Konfiguration und Firmwareupdates via FDA-Werkstattrechner
- Regelmäßiges Auslesen der Fahrzeuge an einem der FDA-Werkstattrechner



AP 3.1.3 Messausstattung und Auswertung

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

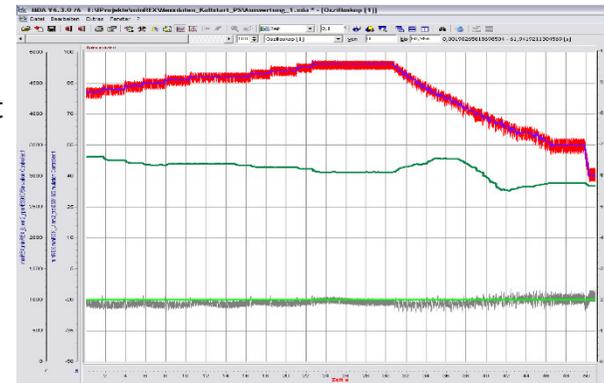
- Ausstattung der Fahrzeuge 50, 51, 53, 54 und 55 mit FDA-Datenloggern
- Erstellung und Erweiterung einer Konfiguration für die Datenlogger nach Vorgaben
- Verteilung der Konfiguration und Firmwareupdates via FDA-Werkstattrechner
- Regelmäßiges Auslesen der Fahrzeuge an einem der FDA-Werkstattrechner
- Angefallenes Datenvolumen: 889 MB



AP 3.1.4 Funktionserstellung und -erweiterung

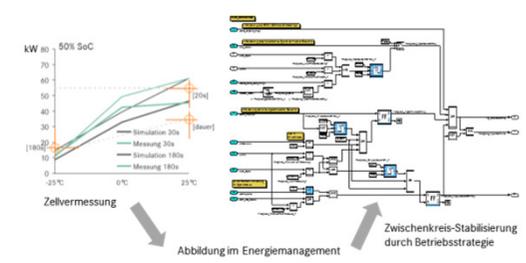
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Aufbau und Inbetriebnahme der minREX-Einheit auf dem Prüfstand
- Umsetzung der Betriebsstrategie für Prüfstandsbetrieb
- Ansteuerung und Applikation der REX-Einheit über eine Rapid-Prototypingeinheit (ES910)
- Umsetzung Drehzahlregelung vom Generator (nSoll)
 - Drehzahlband bis $n=4500$ U/min
- Umsetzung Momentenvorgabe für Verbrennungsmotor
 - Lastschnitt bis $Md=20$ Nm



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Zusätzliche Algorithmen zur Stabilisierung des Energiehaushalts im HV-Bordnetzes in Winterbetrieb bei kalter Batterie und hohem Leistungsbedarf durch Heizung notwendig.
- Anpassung verbrauchsoptimierte Betriebsstrategie zur Ansteuerung der REX-Einheit auf die Leistungsfähigkeit der Batterie in Extremsituationen:
- Erstellung Funktionsalgorithmen zur Prädiktion verfügbarer Batterieleistung innerhalb definiertem Kurzzeit- und Langzeithorizont
- Implementierung von Eingriffen des Energiemanagements in die Betriebsstrategie zur proaktiven Zwischenkreisstützung im seriellen Betrieb durch die Rex-Einheit
 - Souveräner Betrieb des Fahrzeugs bei kalter und leistungsschwacher Batterie
 - Zentraler Aspekt für Gebrauchsfähigkeit Antriebskonzept im Alltag

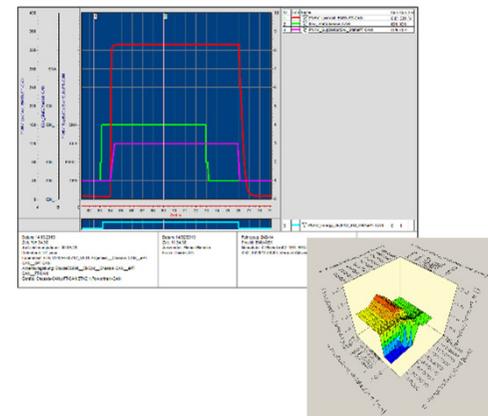


AP 3.1.5 Applikation Software

Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

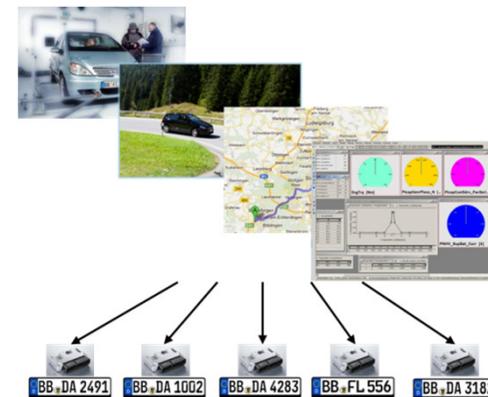
Kontinuierliche Verbesserung des Alltags-Betriebs, insbesondere:

- Robuste Initialisierung der HV-Antriebsstrangkomponenten
- Fahrzeug Power-Up, kontrollierte Aktivierung HV-System
- Fahrzeug Power-Down, kontrolliertes Herunterfahren des HV-Systems unter der Berücksichtigung der aktuell gültigen Vorschriften betreffend HV-Sicherheit (insbesondere Spannungsabbau im Zwischenkreis)
- Applikation der Betriebsstrategie im Hinblick auf Fahrbarkeit und Komfort



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Durchführung von Mess- und Applikationsfahrten im Alltagsbetrieb zur Feinbedatung bestehender SW-Funktionalitäten.
- Nachstellung extremer Betriebssituationen in Klimazelle bei Umgebungstemperaturen -20°C...40°C
- Sukzessive Verbesserung der Betriebs- und Fahrstabilität durch Applikation der SW-Funktionalitäten
- Datenstandsintegration auf Basis der in Messreihen gesammelten Erkenntnisse
- Software-Rollout auf Fahrzeugflotte und stichprobenartige Validierung der Daten in mehreren Fahrzeugen zum Ausschluss von negativen Einflüssen aufgrund Komponentenstreuung



AP 3.1.6 Erprobung im Alltagsbetrieb

Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Vorbereitungen zum Flottenbetrieb im Alltag
 - Inbetriebnahme und Fehlerbehebung fahrzeugseitige Systeme
 - Absicherung von Vorserienkomponenten (Tanksystem, HV-Batterie, Instrumentcluster) im Vorfeld der Nutzung durch einen breiteren Personenkreis
- Einweisungsunterlagen und Betriebsanweisungen erstellt
- Identifikation relevanter Größen, wie z.B. allgemeine Fahrzeugdaten, Fehlermeldungen, Ströme, Spannungen etc.
- Signalliste mit Triggerbedingungen als Basis für die Konfiguration der Datenaufzeichnung wurde erstellt

Aktivierungssequenz

0	1	2	3
Zündung ist aus	Zündung an (KL15 /IGN-Stellung) und kurz warten	Starter betätigen (KL50-Stellung)	Schleuze geöffnet HV-System daher deaktiviert SOC-Zeiger: 0 Power-Anzeige: OFF
			Schleuze schließen (ohne Notbrems-Klappen) SOC-Zeiger zeigt SOC Power-Anzeige: OFF
			Fahrerbene ist fertig („Powertrain ready“) Power-Anzeige: 0 READY leuchtet auf

Zulassung zum REX-Flottenversuch - Checkliste

- Größtmögliche Reichweite (unter Nibbel) und (über Nibbel)
- Relevante Vorkonfigurationen
- Übernahme der Datenregistrierung
- Reichweitebestimmung (Nibbel)
- Praktische Überprüfung der Fahrfähigkeit



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Einweisung von diversen Mitarbeitern in Theorie und Praxis wurde durchgeführt und findet weiterhin statt.
- Begleitunterlagen im Fahrzeug sind erstellt.
- Diverse Testfahrten mit ausgewählten Personen durchgeführt
- Ständiges Fehlertracking und Auswertung wird durchgeführt
- Rückspielen der Ergebnisse für eine Verbesserung der Funktionsfähigkeit der Fahrzeuge
- Ständige Erweiterung der Einweisungs- und Sicherheitsunterlagen bei neuen Erkenntnissen

Sicherheitsmaßnahmen

- Beschützung
- Potentialausgleich
- Potentialtrennung von HV-System und LV-Bordnetz
- Isolationswiderstand
- Verzüglicher Zugang zu aktiven Teilen

48,6 % Stop&Go

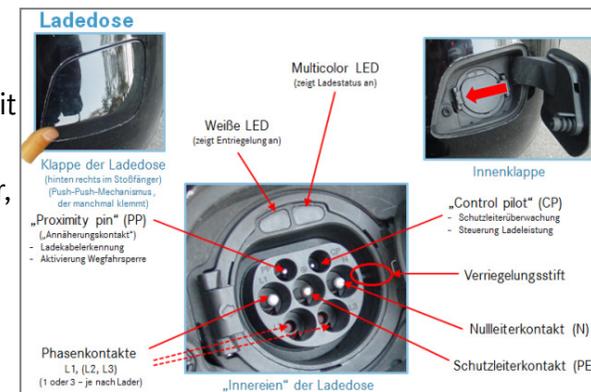
↑ Max Mustermann*
 Ⓟ 19.06.2013
 W242-51 (BB-DA 3182)
 Erprobung als Ersatzfahrzeug für Dienstwagen

Fahrtklassierung pro Fahrertag

AP 3.1.6 Erprobung im Alltagsbetrieb

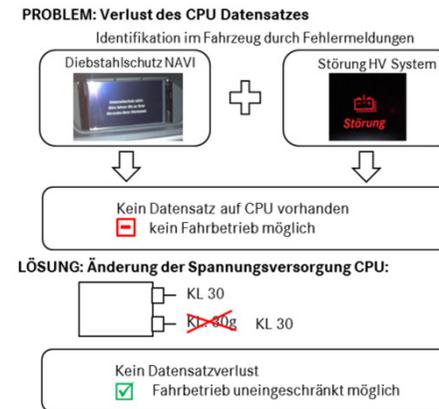
Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Einweisung weiterer Mitarbeiter in das Flottenprogramm.
- Teilnahme eines Fahrzeugs an zwei verschiedenen Vergleichsfahrten (Vergleich mit anderen Hybridfahrzeugen).
- Undichtigkeit der Ladedose führte zum Volllaufen des Onboard-Laders mit Wasser, dieser Fehler und dessen Folgefehler führte zu Fahrzeugausfällen.
- Fehlererkennung (durch Isolationsüberwachung) und Fehlerreaktion erfolgten korrekt, sodass keine Gefahr durch den Wassereinbruch ausging.
- Rückmeldungen von Nutzern: das Thema „Laden“ ist noch nicht intuitiv gelöst



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Mai 2014

- Einweisung weiterer Mitarbeiter in das Flottenprogramm.
- Teilnahme von Fahrzeugen an verschiedenen Vergleichsfahrten (Vergleich mit anderen Hybridfahrzeugen) und internen Präsentationen
- Probleme mit sich selbstentflashingen CPU's wurde identifiziert und behoben. Dieses Problem führte bei vielen Fahrzeugen zu starker Unzuverlässigkeit und stark eingeschränkter Nutzung der Fahrzeuge.
- Problem der aufgehenden Batterieschütze beim Starten der Fahrzeuge wurde identifiziert.



Kundengerechte Range Extender Konzepte

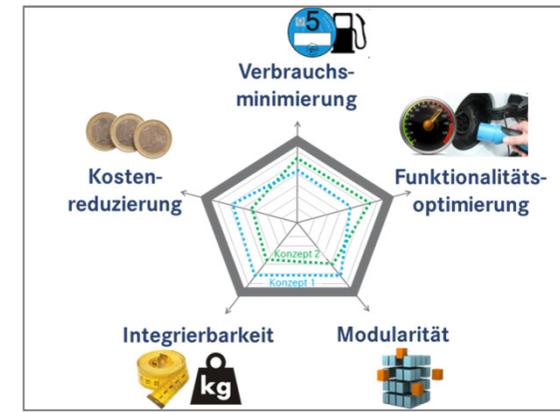
Zusammenfassung Ergebnisse AP3.2

- Konzeptbewertungen
 - 3.2.1.1 Plausibilisierung Anforderungen und Definition / Ableitung Systemanforderungen
 - 3.2.1.2 Grobauslegung und Bewertung von Konzepttopologien
 - 3.2.1.3 Auslegung und Detaillierung des Zielkonzepts
 - 3.2.2.1 Gesamtentwurf Konstruktion Zielkonzept
 - 3.2.2.2 Gesamtentwurf Konstruktion Demonstrator
 - 3.2.3.1 Aufbau und Validierung Gesamtsystemmodell der REX-Einheit
 - 3.2.3.2 Kopplung Gesamtsystemsimulation mit realen Steuererätefunktionen
 - 3.2.3.3 Simulative Gesamtsystem- und Betriebsstrategie-optimierung
 - 3.2.4.1 Toolentwicklung zur Bewertung der REX-Topologien
 - 3.2.4.2 Simulative Bewertung von REX-Topologien

AP 3.2.1.1 Plausibilisierung Anforderungen

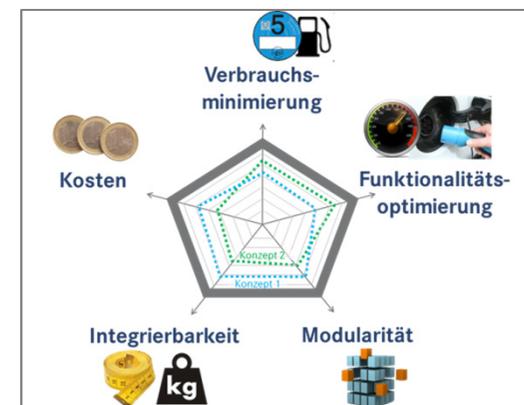
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Anforderungen für kundenerlebbare Eigenschaften für Konzeptvergleich und Grobauslegung sind beschrieben.
- Überleitung der technischen Anforderungen in technische Systemanforderungen und Systemspezifikationen ist aktuell in Arbeit.
- Zusatzfunktionalitäten (z. B. elektrischer Allrad) werden aktuell technisch und wirtschaftlich bewertet.



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Beschreibung der technische Spezifikationen von kundenerlebbaren Leistungsklassen (Entry, Medium, Performance).
- Kundenrelevante Bewertung und Auslegung der notwendigen elektrischen Reichweite
- Technische und wirtschaftliche Aufwände für Zusatzfunktionalitäten: z. B. elektrischer Allrad (Zentralantrieb vs. 2 radnahe Antriebe)

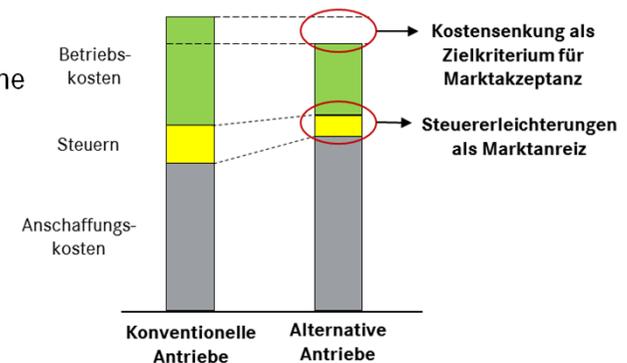


AP 3.2.1.1 Plausibilisierung Anforderungen

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Oberste Prämisse ist die Total-Cost-of Ownership (TCO)-Betrachtung.
- Um für den Kunden ein attraktives Mehrangebot zu generieren ist eine elektrische Fahrt in der Stadt ohne Einschränkungen gegenüber einem konventionellen Fahrzeug zu realisieren.
 - Leistungsbedarf
- Des Weiteren ist eine elektrische Reichweite von 50km notwendig.
 - Energiebedarf

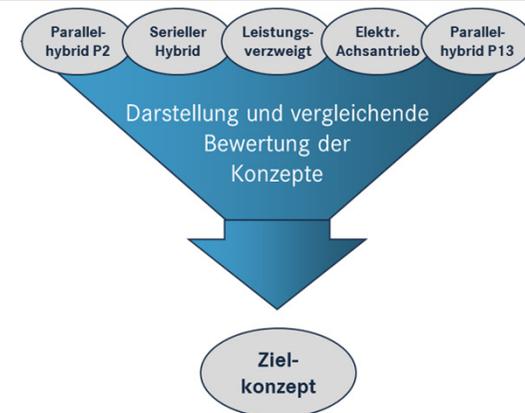
TCO-Betrachtung



AP 3.2.1.2 Grobauslegung und Bewertung

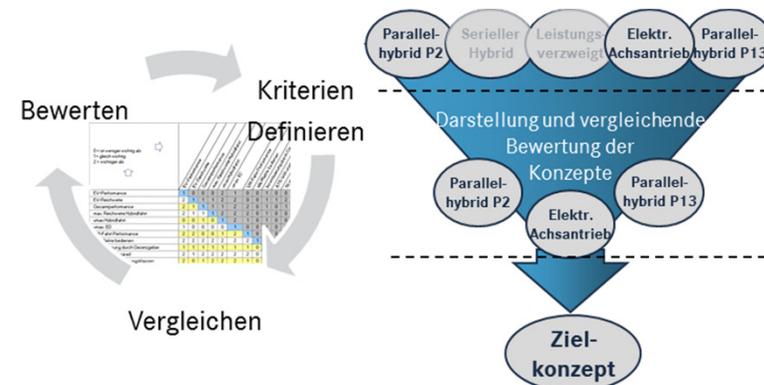
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Bewertungskriterien zur Konzepttopologieauswahl sind definiert.
- Erste Zielkonzepte aufgezeigt.
- Grobauslegung der Antriebsstrangtopologien begonnen.
- Definition und Untersuchung von Variationsparametern (z.B. Reichweitenvergrößerung) innerhalb der einzelnen Topologien in Abhängigkeit realer Kundennutzung.



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

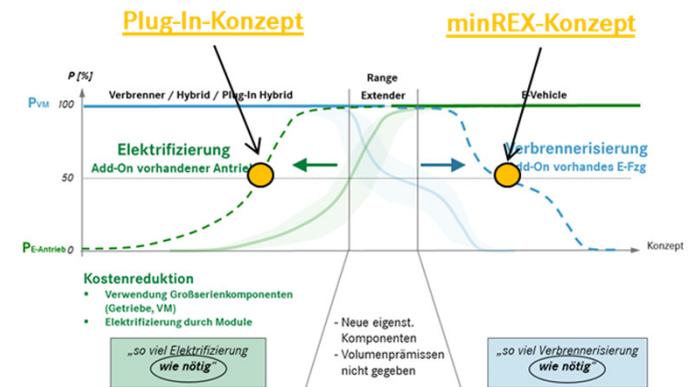
- Definition mögliche Zielkonzepte durchgeführt
- Definition der Bewertungskriterien (Verbrauch, Funktionalität, Kosten, Integrierbarkeit) finalisiert.
- Vorauswahl nach Konzeptvergleich und Bewertungsphasen anhand Kriterien in Arbeit



AP 3.2.1.2 Grobauslegung und Bewertung

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

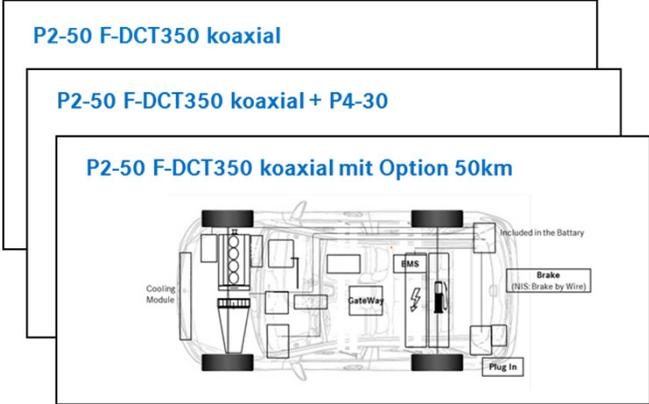
- Ausgehend aus den Kundenanforderungen werden 2 Zielleistungsklassen beschrieben.
- Bei einem Plug-In-Konzept wird ein konventioneller Antriebsstrang durch eine Elektrifizierung ergänzt.
- Bei einem minRex-Konzept beschränkt sich die verbrennungsmotorische Leistung auf ein Minimum.



AP 3.2.1.3 Auslegung/Detaillierung Zielkonzept

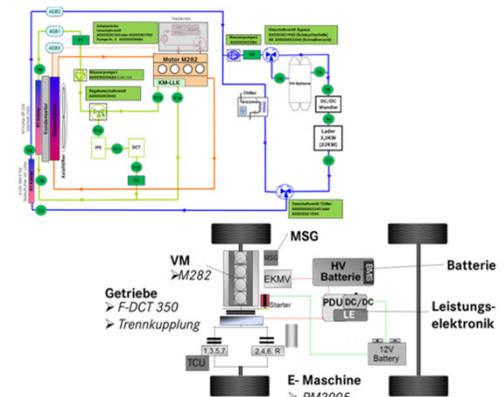
Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Eruierung optimale Auslegungen, Anforderungen und Konzeptheftanforderungen.
- Detailauslegung optimales kostenoptimales Gesamtsystem verwendbar baureihenübergreifend.



Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

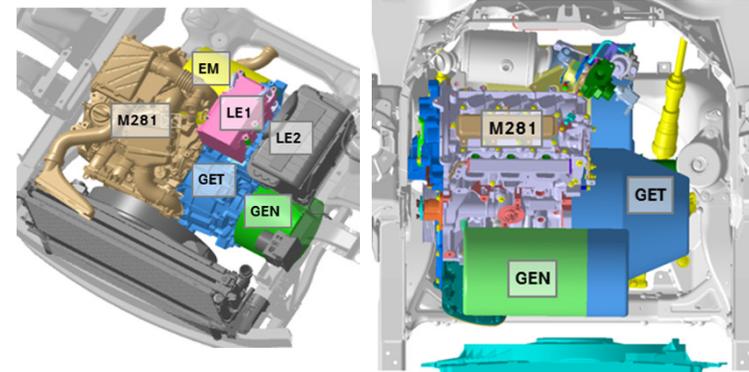
- Hohe Wiederverwendbarkeit bestehender Komponenten sichergestellt
- Fahrzeugaufbau auf Basis Ausdetaillierung stattgefunden



AP 3.2.2.1 Gesamtentwurf Konstruktion Zielkonzept

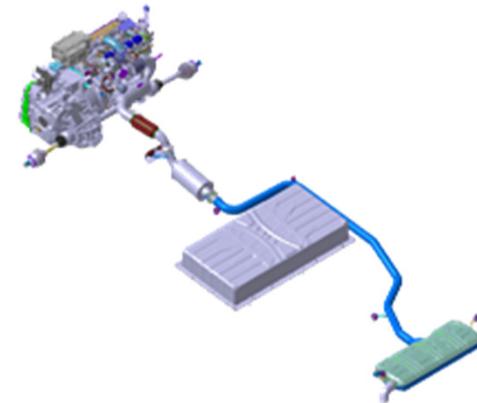
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Erstellung bauraumbetreffender Komponentenanforderungen
- Einbauuntersuchungen und in unterschiedlichen Fahrzeugbaureihen



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

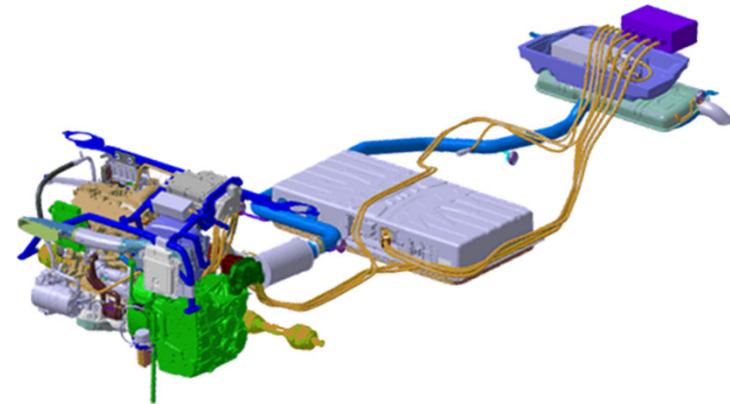
- Auslegung Gesamttriebstrang mit Einbeziehung der Komponenten.



AP 3.2.2.1 Gesamtentwurf Konstruktion Zielkonzept

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

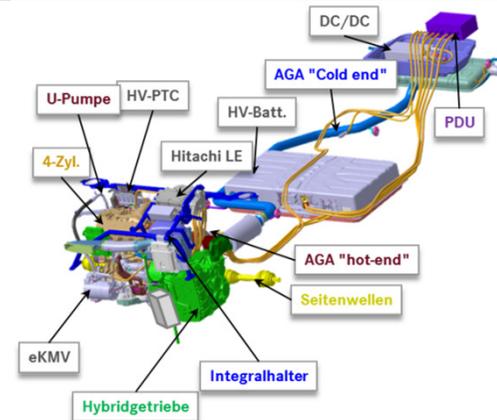
- DMU für Zielfahrzeuguntersuchungen steht unter ständiger Optimierung und Anpassung für möglichst großen Nutzen und Verwertbarkeit



AP 3.2.2.2 Gesamtentwurf Konstruktion Demonstrator

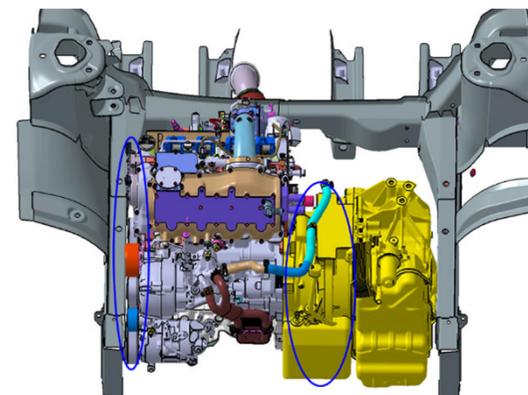
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Aufbau Dokumentationstruktur inkl. Downloads/Snapshot
- Identifikation der Änderungsumfänge
- ATS-Packaging der Hauptkomponenten
- Einzelbauteilkonstruktion und Zeichnungsableitung



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

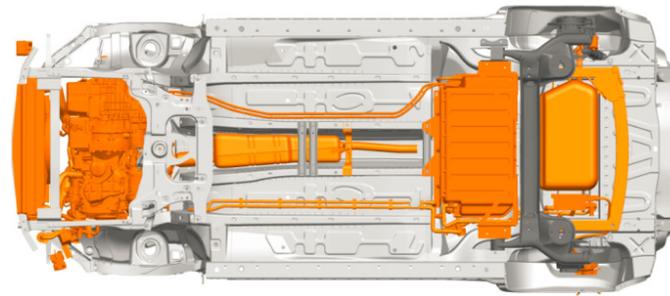
- Maßnahmen werden bei der Motorentwicklung berücksichtigt.
=> Gleicher Grundmotor für Basis und Plug-In Hybrid durch weitgehende Rückverblockung



AP 3.2.2.2 Gesamtentwurf Konstruktion Demonstrator

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

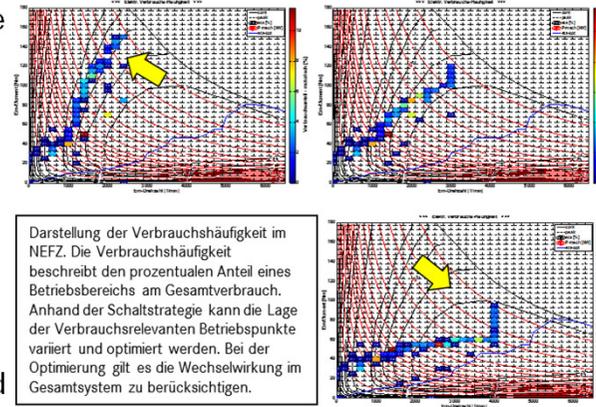
- Verfeinerung der Auskonstruktion für den Demonstratoraufbau und für weitere Optimierungen für Anwendungen



AP 3.2.3.1 Aufbau/Validierung Gesamtsystemmodell

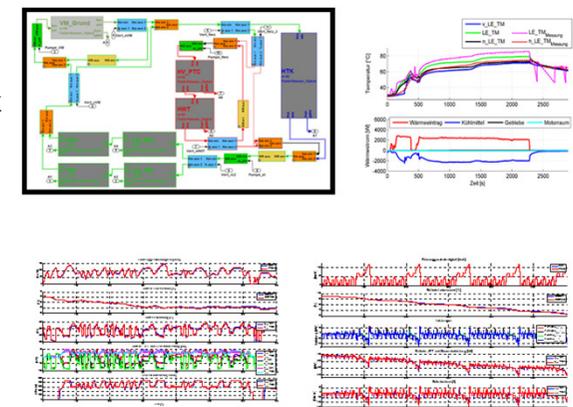
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Ableitung verschiedener Triebstrangkonzeppte mit Fokus Maximierung elektrische Reichweite auf Basis REX-Fahrzeug-Gesamtmodell:
 - Basiskonzept mit einem Gang
 - Doppelkupplungsgetriebe
 - Stufenloses Getriebe
- Weitergehend wurden Verschiedene Varianten der EM-Anbindung betrachtet
 - Side-by-Side
 - Koaxial
 - Getriebeintegriert
- Schwerpunkt Optimierung Schaltstrategie für Betrieb EM im besten Wirkungsgrad



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

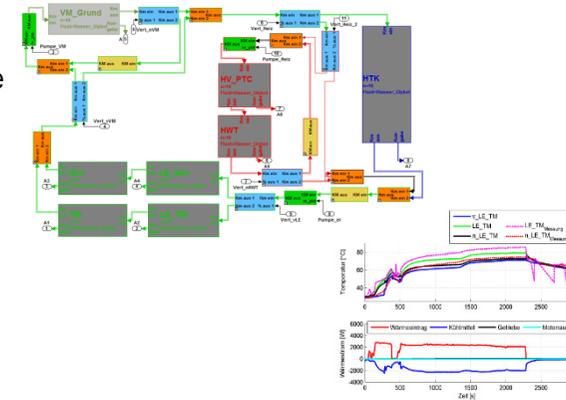
- In Matlab-Simulink wurde ein Gesamtfahrzeugmodell aufgebaut. Die Längsdynamik wurde hierbei leistungsflussorientiert modelliert
- Das REX-Fahrzeug-Gesamtmodells wurde an verschiedenen Fahrprofilen validiert
- Die Komponentenmodelle Batterie, Verbrennungsmotor, Elektromotor sowie Leistungselektronik wurden um Punktmassenmodelle zur Abbildung des thermischen Verhaltens erweitert



AP 3.2.3.1 Aufbau/Validierung Gesamtsystemmodell

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Simulationsumgebung ist weiterhin funktionsfähig, wird aber mittelfristig durch die Arbeiten in AP 3.2.4.1 abgelöst. Ziel ist es verschiedene Konzepte in einer Umgebung bewerten und optimieren zu können
- Die entwickelten thermischen Punktmassmodelle werden in die neue Bidirektionale Simulationsumgebung integriert
- Die Güte der Übertragbarkeit auf unterschiedliche Konfigurationen muss genauer analysiert werden



AP 3.2.3.2 Kopplung Gesamtsystemsimulation mit realen Steuergerätefunktionen

Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

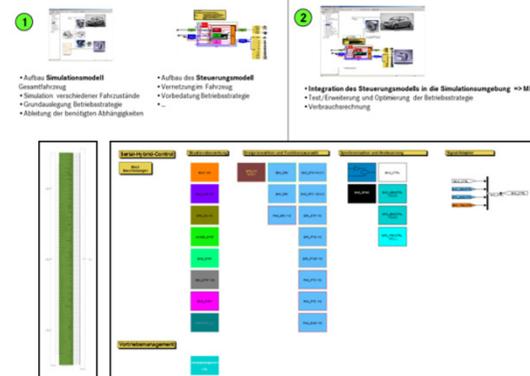
- Die Basismodelle sind im Aufbau und werden sobald möglich in Zusammenarbeit mit den Funktionsentwicklern an die Hardwareschnittstellen angepasst
- Aktuell noch keine Aktivitäten, da noch keine Hardware vorhanden

Keine Ergebnisse

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Methodik zur Kopplung der Simulationsumgebung mit den realen Fahrzeug-Betriebsstrategiefunktionen dargestellt
- Anwendung verschiedener Verfahren zur Kopplung in Abhängigkeit von Entwicklungsstand Funktionssoftware (FS) sowie Zielplattform (Steuergerätetyp)
 - Direkte Implementierung der FS (Simulink-Modell) inkl. Vorlage Funktionen als Simulink-Blöcke
 - Wandlung der FS aus Targetlink nach Simulink
 - Software- Integration als dyn. Bibliothek (*.dll, *.mex32, *.mex64, etc)
- Ziel flexible Simulation und Optimierung Gesamt-System in einer Umgebung

Vorgehensweise:

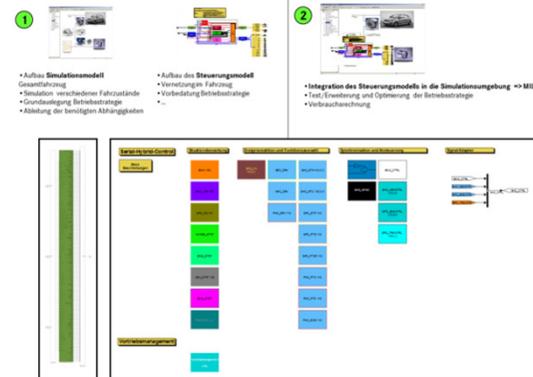


AP 3.2.3.2 Kopplung Gesamtsystemsimulation mit realen Steuergerätefunktionen

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Methodik zur Kopplung der Simulationsumgebung mit den realen Fahrzeug-Betriebsstrategiefunktionen dargestellt
- Anwendung verschiedener Verfahren zur Kopplung in Abhängigkeit von Entwicklungsstand Funktionssoftware (FS) sowie Zielplattform (Steuergerätetyp)
 - Direkte Implementierung der FS (Simulink-Modell) inkl. Vorlage Funktionen als Simulink-Blöcke
 - Wandlung der FS aus Targetlink nach Simulink
 - Software- Integration als dyn. Bibliothek (*.dll, *.mex32, *.mex64, etc)
- Mittelfristiges Ziel Kopplung mit Software Silver (Fa. Qtronic). Beginn Schnittstellendefinition

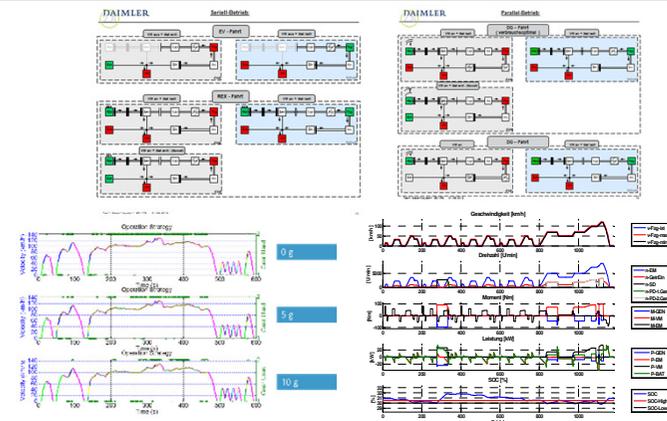
Vorgehensweise:



AP 3.2.3.3 Simulative Gesamtsystem- und Betriebsstrategieoptimierung

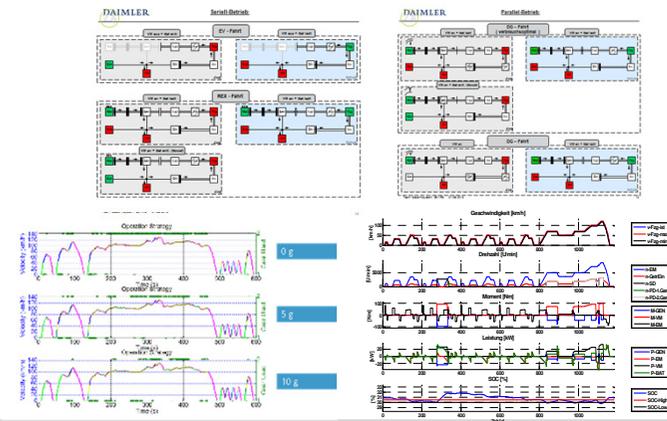
Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Test und Analyse verschiedene Betriebsstrategievarianten und Fahrzeugverhalten auf Basis REX-Fahrzeug-Gesamtmodells
- Bessere Vorbedatund Systemverhalten für kritische Fälle aufgrund von Simulationsumgebung
 - Leere Batterie / Kraftstofftank
 - Übertemperaturen
 - Crash
 - Etc.
- Zur Optimierung der Betriebsstrategieparameter werden verschiedene Verfahren eingesetzt (Dynamic Programming, ECMS, PSO)



Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

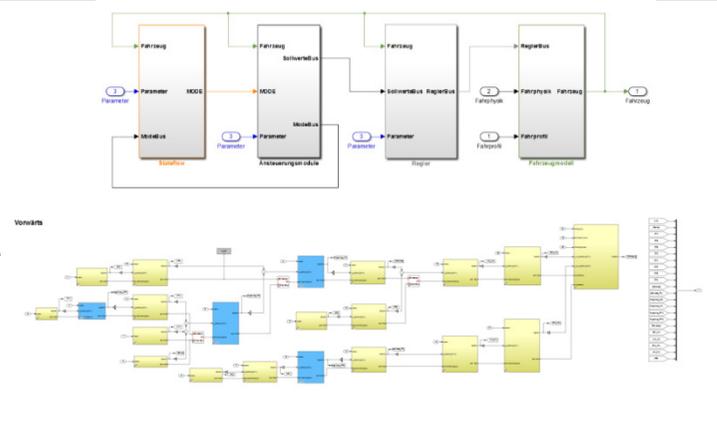
- Test und Analyse verschiedene Betriebsstrategievarianten und Fahrzeugverhalten auf Basis REX-Fahrzeug-Gesamtmodells
- Bessere Vorbedatund Systemverhalten für kritische Fälle aufgrund von Simulationsumgebung
 - Leere Batterie / Kraftstofftank
 - Übertemperaturen
 - Crash
 - Etc.
- Zur Optimierung der Betriebsstrategieparameter werden verschiedene Verfahren eingesetzt (Dynamic Programming, ECMS, PSO)



AP 3.2.4.1 Toolentwicklung zur Bewertung der REX-Topologien

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

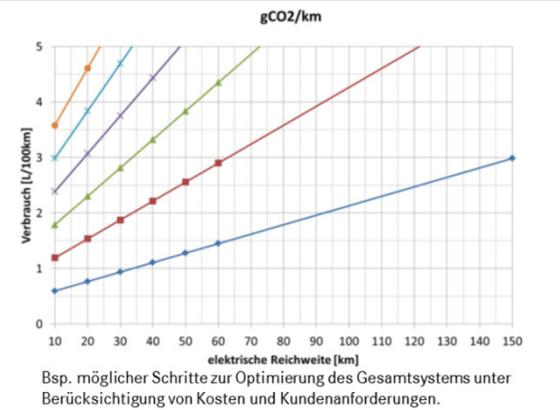
- Aufbau einer bidirektionalen Simulationsumgebung in Matlab/Simulink abgeschlossen. Hierbei wurde ein Triebstrang mit mehreren Kupplungen und der Möglichkeit mechanische Energiequellen an beliebiger Stelle zu positionieren erstellt
- Die Umgebung bietet die Möglichkeit eine Vielzahl an unterschiedlichen Konfigurationen und Ansteuerungsvarianten für Rangeextender-Konzepte abzubilden und zu bewerten
- Die generische Ansteuerung vereinfacht die Umsetzung und Applikation der Systeme und deren Vergleich



AP 3.2.4.2 Simulative Bewertung von REX-Topologien

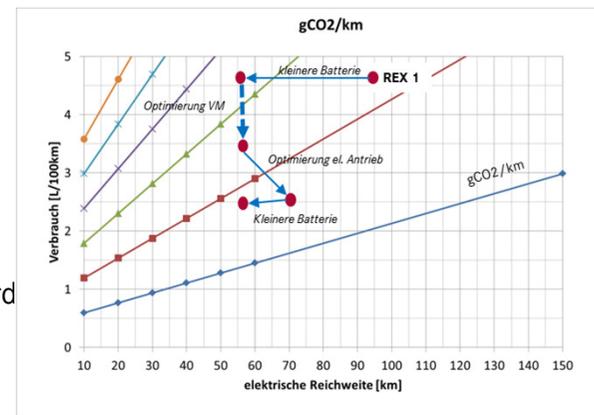
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Modelle sind erstellt, siehe 3.2.3.1
- Zudem wurde für den Basis REX-Triebstrang mögliche Komponentenvarianten analysiert
- Fokus ist die Ableitung eines Anforderungskatalogs für das Gesamtsystem u.a. Reichweite, Kundenverbrauch, Fahrleistung, Komfort
- Zur Bestätigung bzw. Verfeinerung bedarf es zwingend der Rückmeldung aus der Flotte
- Der Einfluss der einzelnen Komponenten und der Architektur des Gesamtsystems auf Verbrauch, CO2-Emissionen und Reichweite wird untersucht. Im Diagramm wird beispielhaft das Vorgehen bei der Optimierung des Gesamtsystems gezeigt



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

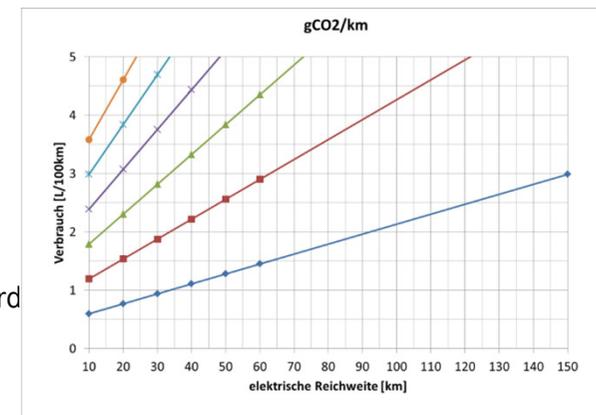
- Fokus ist die Ableitung eines Anforderungskatalogs für das Gesamtsystem u.a. Reichweite, Kundenverbrauch, Fahrleistung, Komfort
- Erste Rückmeldung der Flotte zeigt beispielsweise die Möglichkeit die notwendige verbrennungsmotorische Leistung zu reduzieren
- Der Einfluss der einzelnen Komponenten und der Architektur des Gesamtsystems auf Verbrauch, CO2-Emissionen und Reichweite wird untersucht. Im Diagramm wird beispielhaft das Vorgehen bei der Optimierung des Gesamtsystems gezeigt.



AP 3.2.4.2 Simulative Bewertung von REX-Topologien

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Fokus ist die Ableitung eines Anforderungskatalogs für das Gesamtsystem u.a. Reichweite, Kundenverbrauch, Fahrleistung, Komfort
- **Erste Rückmeldung der Flotte zeigt beispielsweise die Möglichkeit die notwendige verbrennungsmotorische Leistung zu reduzieren**
- Der Einfluss der einzelnen Komponenten und der Architektur des Gesamtsystems auf Verbrauch, CO₂-Emissionen und Reichweite wird untersucht. Im Diagramm wird beispielhaft das Vorgehen bei der Optimierung des Gesamtsystems gezeigt.



Kundengerechte Range Extender Konzepte

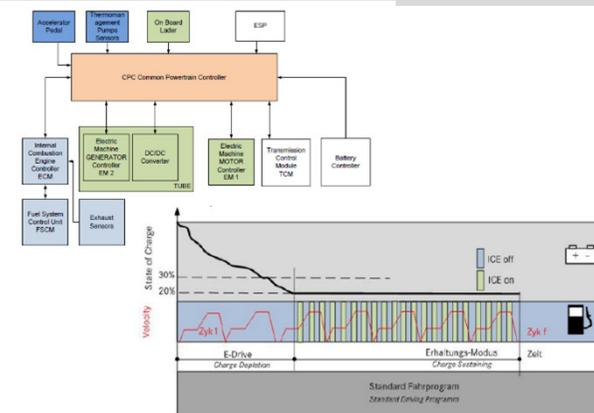
Zusammenfassung Ergebnisse AP3.3

- Entwurf, Darstellung und Erprobung der Betriebsstrategie (BS) auf Basis der Vorarbeiten im Vorgängerprojekt REX1
 - 3.3.1 Anpassung der Simulationsumgebung zur Entwicklung BS
 - 3.3.2 Test und Optimierung der BS in Simulation und am Prüfstand
 - 3.3.3 Entwurf und Darstellung der Funktionssoftware im Energiemanagement
 - 3.3.4 Vernetzungstopologie-Untersuchungen für Steuergeräte im elektrifizierten Antriebsstrang
 - 3.3.5 Test und Applikation der Betriebsstrategie
 - 3.3.6 Implementierung der BS in den Versuchsträgern

AP 3.3.1 Anpassung der Simulationsumgebung zur Entwicklung BS

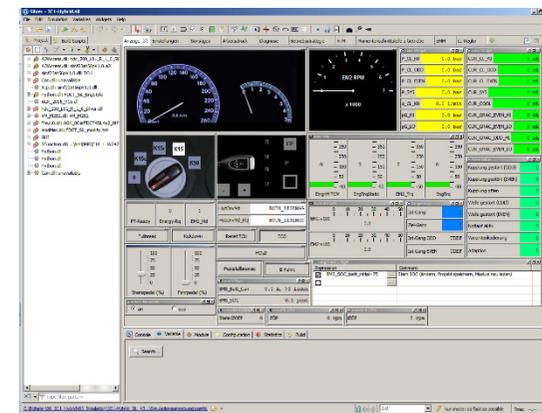
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Basierend auf der Simulationsumgebung aus dem Vorgängerprojekt „AT-REX-1“ werden realitätsnahe Modelle der einzelnen Antriebsstrangkomponenten erstellt und zu einem Gesamtfahrzeugmodell komplettiert.
- Ziel dieser Vorgehensweise ist es, neue Algorithmen innerhalb der Betriebsstrategie „offline“ und dadurch schnell und ressourcenoptimal zu Erproben.



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

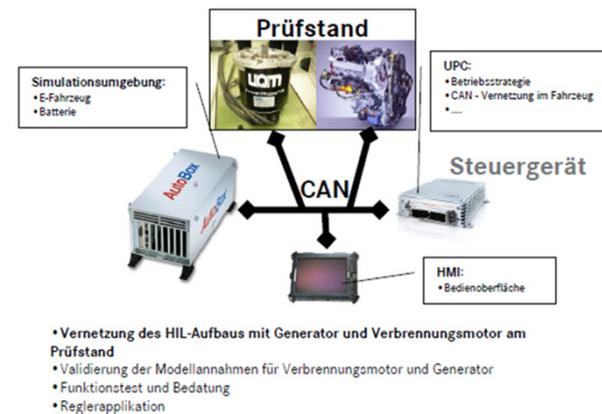
- Die bestehende Simulationsumgebung wird als ausreichend genaues, ressourcenoptimales und sehr wertvolles Werkzeug befunden.
- Sie wird daher zur Entwicklung und Validierung neuer Softwaremodule zur Ansteuerung der REX-Einheit ausgiebig genutzt.
- Aufgrund der hohen Modellierungsgenauigkeit und Stabilität wird Weiterentwicklung daher zugunsten anderer Arbeitspakete des Projekts nicht weiter verfolgt



AP 3.3.2 Test und Optimierung der BS in Simulation und am Prüfstand

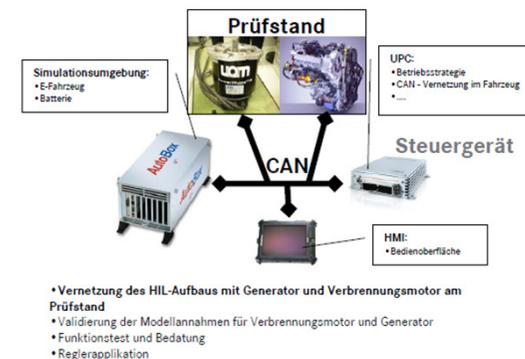
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Der Aufbau einer Echtzeit Simulationsumgebung in Form eines HiL Prüfstandes ist ab 03/2013 geplant. Ziele:
 - „Offline-Erprobung“ der Betriebsstrategie innerhalb aktuell relevanter sowie kundennaher Fahrzyklen
 - Optimierung der Betriebsstrategie im Hinblick auf Verbrauch



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

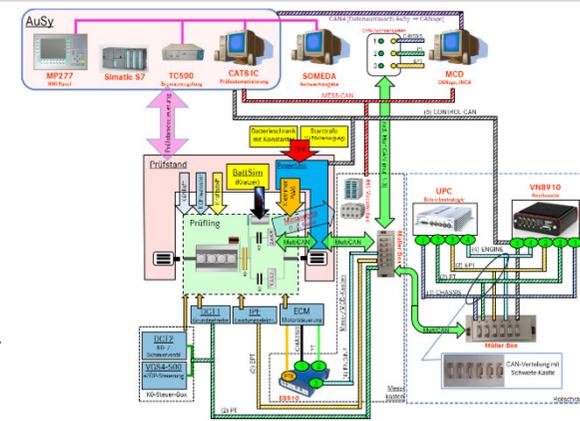
- Aufbau und Inbetriebnahme eines Antriebsstrangprüfstandes mit allen relevanten Antriebskomponenten
- Integration eines Fahrer- und Fahrzeugstreckenmodells in die Prüfstands-Infrastruktur zur Vorgabe eines Fahrprofils an den Antriebsstrang
 → Fahrzyklen können reproduzierbar am Prüfstand gefahren werden
- Vergleich von div. Betriebsstrategievarianten
- Vergleich von Applikationsständen der Betriebsstrategien.



AP 3.3.2 Test und Optimierung der BS in Simulation und am Prüfstand

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

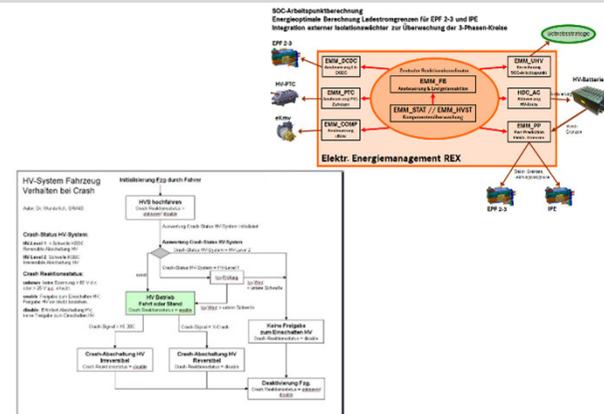
- Es wurden alle UPC- und Getriebe- Softwarestände vor der Integration am SiL getestet.
- Der Antriebsstrang wurde am Prüfstand in Betrieb genommen. (Kommunikation siehe Abbildung)
- Es wurden alle Transitionen (Schaltungen, Betriebsartenwechsel zwischen elektrischer- und hybridischer Fahrt) Simuliert und am Prüfstand erprobt.
- Der Prüfstand wurde automatisiert um Belastungskollektive zu fahren.
- Am Prüfstand wurde die Grundbedatung für das Getriebe, den Verbrennungsmotor und die Betriebsstrategie appliziert.



AP 3.3.3 Entwurf und Darstellung der Funktionssoftware im Energiemanagement

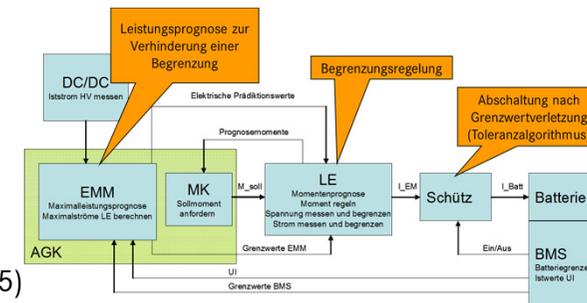
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Entwurf und Implementierung eines HV- und LV-Energiemanagements zur situationsgerechten Ansteuerung der HV-Komponenten im Fahrzeug. Wesentliche Inhalte:
- Umsetzung der aktuellen Richtlinien bezüglich HV-Sicherheit, insbesondere Freigabe der Aktivierung des HV-System, Erstellung von Notlaufroutrinen zur sicheren Deaktivierung des HV-Systems bei Crash, Interlockfehler, Isolationsfehler.
- Erstellung eines Mehrmaschinenkonzepts. Dabei werden die zur Verfügung stehenden Leistungsgrenzen der HV-Batterie im Einklang mit der Betriebsstrategie energieoptimal an die HV-Komponenten aufgeteilt.



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

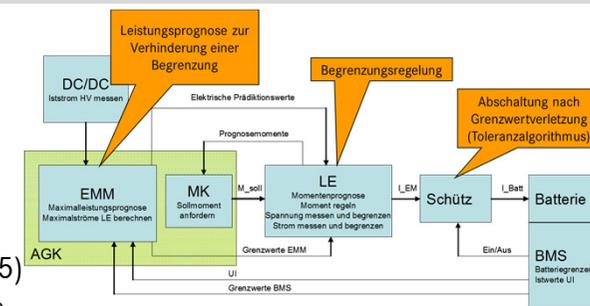
- Validierung und Optimierung der in 2012/Q4 aufgezeigten Energiemanagementfunktionen mit den Inhalten:
 - HV-Sicherheit
 - Aktivierung und Deaktivierung HV-System
 - Notlaufroutrinen (Crash, Iso-Fehler, Interlockfehler)
 - Mehrmaschinenkonzept
- Datenapplikation Funktionen anhand Messfahrten im Alltagsbetrieb (siehe AP 3.1.5)
- Implementierung und Validierung Power-Prediction für HV-Batterie (siehe AP 3.1.4)
- Berechnung von Anforderungen an BS für Betrieb mit kalter HV-Batterie (s. AP3.1.4)



AP 3.3.3 Entwurf und Darstellung der Funktionssoftware im Energiemanagement

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Validierung und Optimierung der in 2012/Q4 aufgezeigten Energiemanagementfunktionen mit den Inhalten:
 - HV-Sicherheit
 - Aktivierung und Deaktivierung HV-System
 - Notlaufroutrinen (Crash, Iso-Fehler, Interlockfehler)
 - Mehrmaschinenkonzept
- Datenapplikation Funktionen anhand Messfahrten im Alltagsbetrieb (siehe AP 3.1.5)
- Implementierung und Validierung Power-Prediction für HV-Batterie (siehe AP 3.1.4)
- Berechnung von Anforderungen an BS für Betrieb mit kalter HV-Batterie (s. AP3.1.4)
- Feinapplikation zur Leistungsoptimierung durchgeführt.



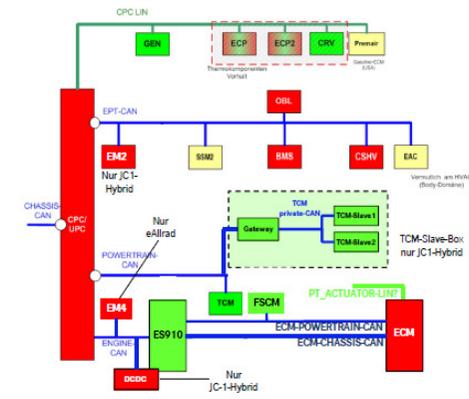
Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Mai 2014

- Text

AP 3.3.4 Vernetzungstopologie-Untersuchungen für Steuergeräte im elektrifizierten Antriebsstrang

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

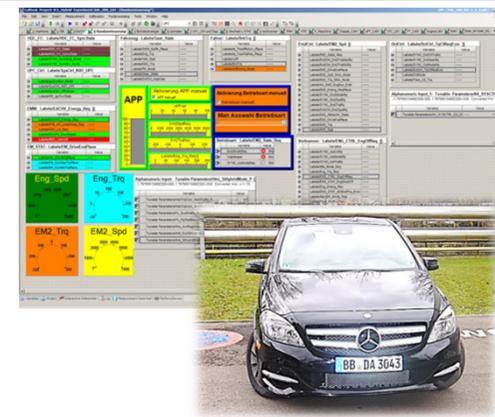
- Die Vernetzung ist gemäß der Topologie siehe Abbildung umgesetzt.
- Die Kommunikationsmatrix für alle CANs wurde angepasst . Es konnten große Umfänge auf EPT-CAN und CHASSIS-CAN aus dem REX1 übernommen werden.
- Die Kommunikations-Software der CPC/UPC wurde entsprechend der neuen Anforderungen entwickelt. Der Anpassungsaufwand aller weiteren Antriebsstrang Komponenten konnte durch die Gewählte Topologie reduziert oder vermieden werden.
- Die Kommunikations-Software der CPC/UPC wurde vollumfänglich getestet. Hierzu wurde eine Restbussimulation erstellt (CANoe). Es werden je nach Anforderung Zykluszeiten, Checksummen und Botschaftszähler diagnostiziert.



AP 3.3.5 Test und Applikation der Betriebsstrategie

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

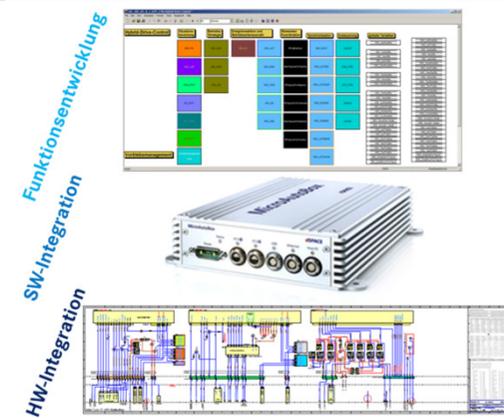
- Fahrzeugtaugliche Funktionssoftware der Betriebsstrategie
- Identifikation von Fehlern und Schwächen:
 - Das hohe Fahrzeuggewicht wirkt sich negativ auf die Fahrleistung aus.
 - Der Motorstart kann auf Grund von HW Einschränkungen (Drehzahlgradient) nicht beliebig schnell ausgeführt werden.
 - Die Dynamik beim el. Anfahren konnte gegenüber dem REX1 Konzept deutlich gesteigert werden (Gangwahl)
 - Aufgrund der Fahrerprobung auf Prüfgelände, konnten nicht alle im realen Verkehr auftretenden Manöver geprüft werden.
- Die Systeme Getriebe, Energiemanagement, Leistungselektronik, Thermomanagement und Betriebsartenkoordination wurden appliziert.



AP 3.3.6 Implementierung der BS in den Versuchsträgern

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Die am SiL geprüfte Betriebsstrategie wurde auf die UPC (Micro Autobox siehe Abbildung Mitte) integriert.
- Alle Schnittstellen Funktionen (HW Pins, Analog Pins, Lin Bus und CAN Bus) wurden integriert.
- Aufgrund von fehlender Leistungsendstufen der UPC wurde eine Schaltung zur Anbindung ans Fahrzeug entwickelt. (siehe Abbildung Unten)
- Die Kommunikation aller Systeme wurde geprüft und das Ergebnis im Inbetriebnahmeprotokoll dokumentiert.
- Alle für den Fahrbetrieb notwendigen Systeme sind Funktionstüchtig.



Kundengerechte Range Extender Konzepte

Zusammenfassung Ergebnisse AP4

- Zeitschiene, Ziele, Ergebnisse des Arbeitspaketes 4
- AP 4.1 Konzeption und Aufbau des Triebstrangs
- AP 4.2 Konzeption und Aufbau des Versuchsträgers
- AP 4.3 Testing Demonstrator

Kundengerechte Range Extender Konzepte

Zusammenfassung Ergebnisse AP4.1

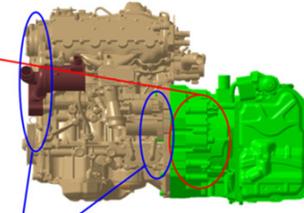
- Konzeption und Aufbau des Triebstrangs
 - 4.1.1 Konstruktion prototypische REX-Einheit
 - 4.1.2 Aufbau der REX-Einheiten in Prototypen Werkstatt
 - 4.1.3 Softwareanpassung und Applikation des Verbrennungsmotors der REX-Einheit
 - 4.1.4 Prototypische Softwareentwicklung und Applikation Getriebe und Parksperre
 - 4.1.5 Prototypische Softwareentwicklung und Applikation Leistungselektroniken der REX-Einheit
 - 4.1.6 Entwicklung und Bereitstellung HV-System
 - 4.1.7 Ladesystem Aufbau und Testing

AP 4.1.1 Konstruktion prototypische REX-Einheit

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Maßnahmen zur Integrierbarkeit durch Anpassungen Antrieb und Fahrzeug durchgeführt

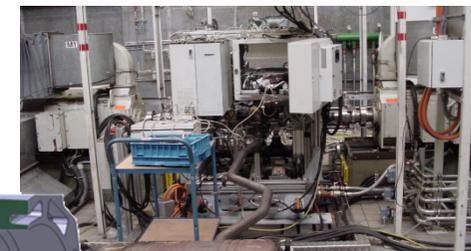
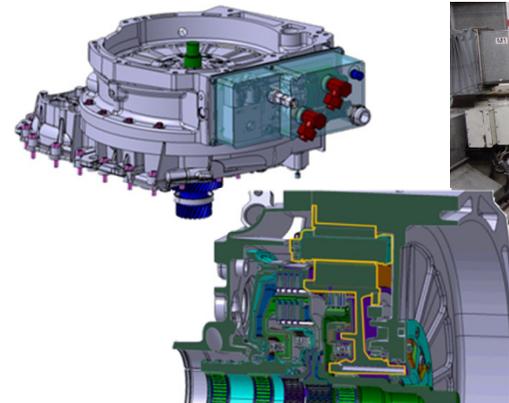
u.a. Anpassung
Kupplung EM-Rotor...



u.a. Wasserpumpe
Tausch,
Riemenscheibe
Anpassung...

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

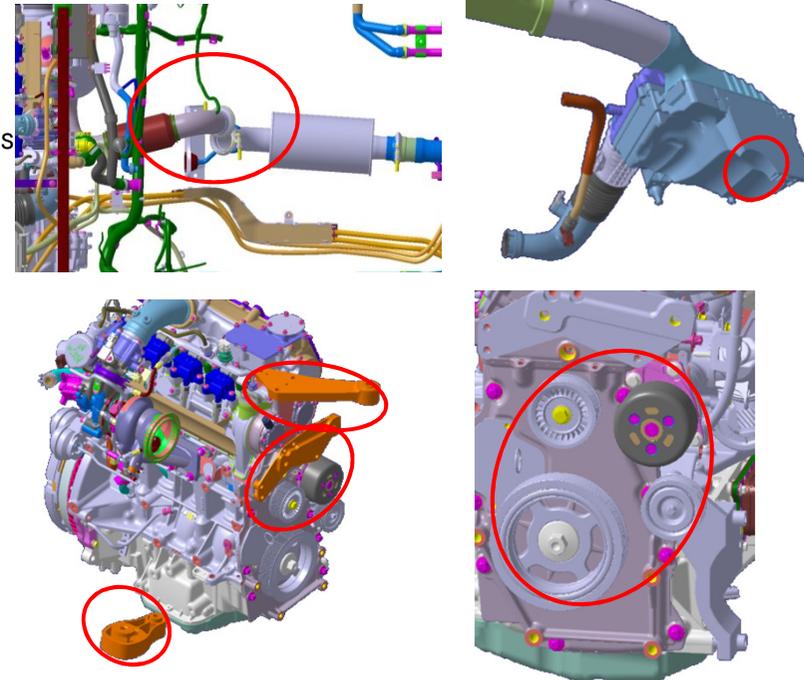
- Triebkopf für den Demonstrator unter Einbezug der vorhandenen Komponenten
- Montage und Aufbau des kompletten Antriebsstrangs bestehend aus P2 FDCT Hybridgetriebe, Verbrennungsmotor



AP 4.1.1 Konstruktion prototypische REX-Einheit

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Mai 2014

- Grundmotor:
 - Nacharbeit der KW für Integration des Pilotlagers
 - Luftführung:
 - geringfügige Anpassung rohluftseitiges Luftfiltergehäuse
- Abgasanlage
 - Übernahme M270 CNG cold-end
 - Anpassung VE Charge1 M282 hot-end
- Riementrieb:
 - Verzicht auf KMV
 - Umrüstung auf reinen Betrieb der mech. WAPU
- Motorlagerung:
 - neue Position des ATS im Fzg. erf.
 - Konsole, Pendelstütze links sowie unten anpassen
- Kühlsystem:
 - Übernahme Fzg.-seitiges Kühlmodul aus REX
 - Übernahme Wasser-LLK aus VE Charge M282



AP 4.1.2 Aufbau der REX-Einheiten in Prototypen Werkstatt

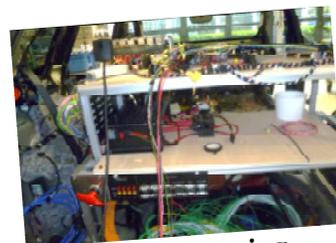
Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Motor- / Getriebeeinheit verbaut.
- Lösung für Tankregenerierung in Klärung.
- LV-Verkabelung abgeschlossen.
- HV-Routing abgeschlossen. Verkabelung in Arbeit.



Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Aufbauprozess → Engineering / Werkstatt inkl.
 - Dokumentation
 - Teilelogistik
 - Integration HV-Systeme & Abnahme
 - Freigabeprozesse
 - ...



E/E Engineering



EM



E/E Realisierung



Flaschnerarbeiten

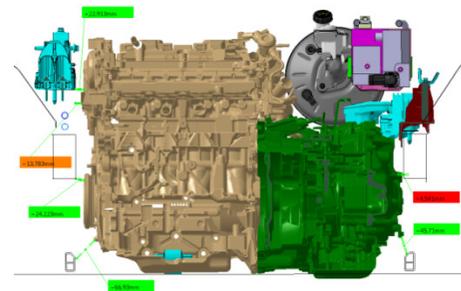


Messölwanne

AP 4.1.2 Aufbau der REX-Einheiten in Prototypen Werkstatt

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Mai 2014

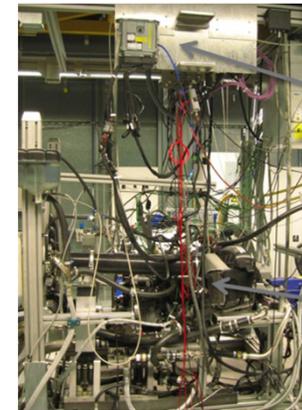
- Aufbau und Montage der REX Antriebseinheit
- Fertigung von Haltern
- Verschlauchung
- Nacharbeit Kurbelgehäuse
- Nacharbeit Motorlagerung
- Anpassung des Luftpfades
- Anpassung der Abgasanlage
- Dokumentation, Teilelogistik, Integration HV-Systeme & Abnahme und Freigabeprozesse



AP 4.1.3 Softwareanpassung und Applikation des Verbrennungsmotors der REX-Einheit

Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- REX-taugliche Motorsteuerung
- Erfolgreiche Überprüfung folgender Funktionen am Motorenprüfstand:
 - Integration Ladedruckregelung in das M282 Motorsteuergerät
 - Integration Endstufen für Magnetventile mit entsprechender Einspritz-Funktionalität in das M282 Motorsteuergerät
- Ansteuerung el. Wastgatesteller und Injektoren möglich



M282 Motorsteuergerät mit integrierten Endstufen für DE-Magnetventile und integrierter Ladedruckregelung zur Ansteuerung eines elektrischen Wastgatestellers für eine Turboaufladung.

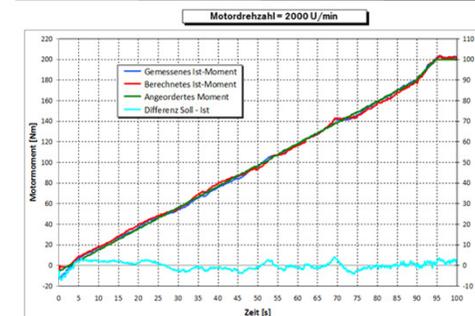
M282 mit entsprechender Messtechnik am Motorenprüfstand

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

Arbeiten am Motorenprüfstand:

- Bedienung der Einspritzkennfelder am Motorsteuergerät mit integrierten Einspritzendstufen durchgeführt
- Ladedruckregelung an spezifische Anforderung angepasst
- Lastregelung an spezifische Anforderung angepasst
- Unterstützung Inbetriebnahme Gesamttriebstrang
- Hohe Übereinstimmung von angefordertem, berechnetem und gemessenem Moment am Verbrennungsmotor nachgewiesen

DAIMLER Dynamischer Lastschnitt – YB000-3018



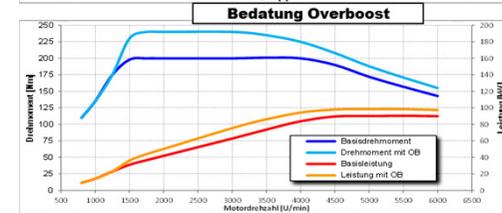
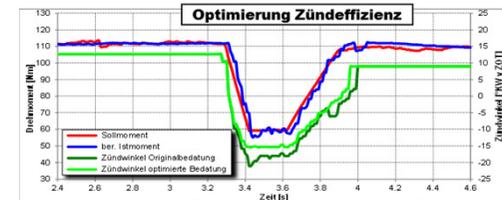
Das geforderte Moment kann vom Verbrennungsmotor mit hoher Genauigkeit zur Verfügung gestellt werden.

AP 4.1.3 Softwareanpassung und Applikation des Verbrennungsmotors der REX-Einheit

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

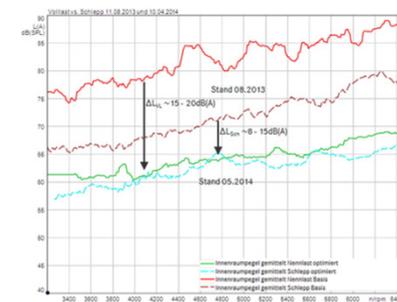
Arbeiten im Fahrzeug:

- Verbesserung des NVH-Verhaltens bei Schaltvorgängen
- Optimierung des effektiven Zündeffizienzbedatung
- Ladedruckregelung an fahrzeugspezifische Anforderungen angepasst
- Bedatung eines zeitlich begrenzten Overboost-Betriebes (OB) zur Kompensation des Zusatzgewichtes gegenüber Basis-Fahrzeug
- Deutliche verbesserte Akustik während Schaltvorgänge
- Verbesserte Dynamik im Fahrzeug durch OB



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jul 2014

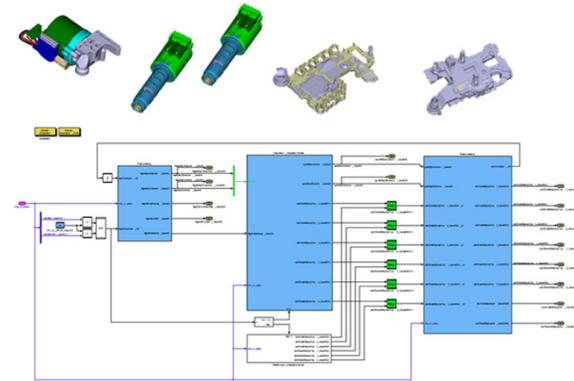
- Verringerung des Geräuschpegels im Innenraum:
 - bei Nennlastbetrieb um ca. 15 - 20dB(A)
 - bei Schubbetrieb um ca. 8 - 15dB(A)
- Unauffälliges Verbrennungsgeräusch (0,5-te Motorordnung)
- Mechanische Systemgeräusche hörbar (2. u. 3. Motorordnung)
 - Ausgeglichene Ladebilanz im NEFZ und unauffälliges NVH Verhalten bei Straßenfahrt durch Optimierung Betriebsstrategie (z.B. Zusammenhang Ladeleistung - Geschwindigkeit)
- Für die Präsentationsfahrten konnte ein akzeptables NVH Verhalten dargestellt werden, das überwiegend als positiv und unauffällig bewertet wurde.



AP 4.1.4 Prototypische Softwareentwicklung und Applikation Getriebe und Parksperr

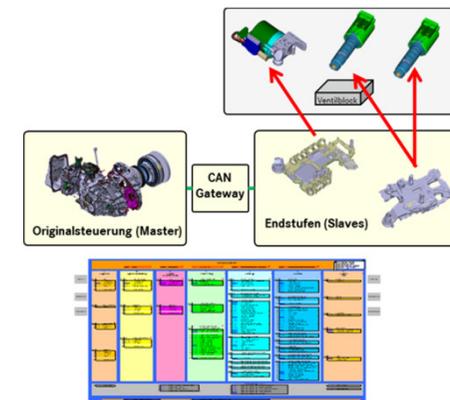
Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Entwurf einer hybridtauglichen Getriebesteuerung
→ Zusatzaktuatorik und -sensorik
- Analyse einer vorhandenen DCT-Getriebesteuerung
- Definition von Zusatz-Funktionen für hybridisierten Betrieb



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

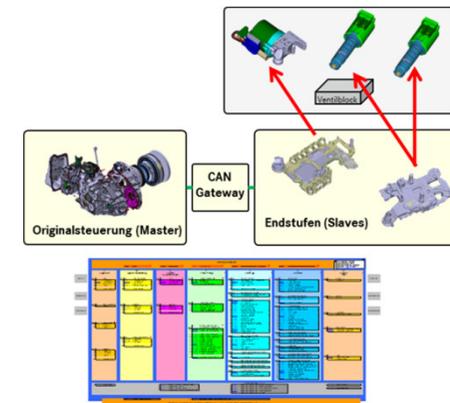
- Steuergeräte-Verbund für Getriebe-Ansteuerung aufgebaut und getestet.
- Anforderungs-Klausur für Funktionsumfänge durchgeführt
- Architektur-Analyse für Getriebe-Software durchgeführt und neue Funktionen in Struktur eingefügt
- Funktionen für Hybridumfänge erstellt und in SiL und am Laborauto getestet
- Integration der Funktionen durchgeführt und an HiL getestet
- Erste Praxistests am Getriebepfprüfstand durchgeführt.
- Bugfixes für ersten SW-Stand durchgeführt und integriert.



AP 4.1.4 Prototypische Softwareentwicklung und Applikation Getriebe und Parksperr

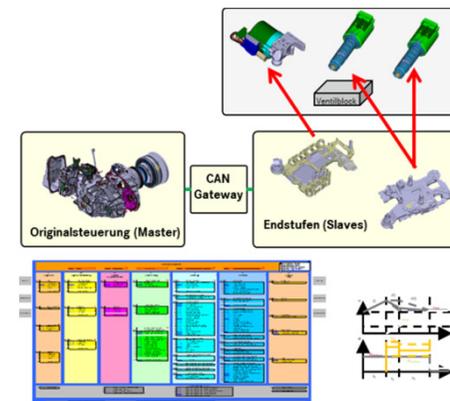
Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Funktionen für Hybridumfänge erstellt und im SiL getestet
- Integration der Funktionen durchgeführt und an SG getestet
- Praxistests am Getriebepfprüfstand durchgeführt
- Bugfixes für SW-Stand durchgeführt und integriert
- Funktionsweiterentwicklung der Getriebesoftware bezüglich Schaltprogramm, Schaltkomfort und Verbrennerzustart
- Optimierung der Ansteuerung für die Trennkupplung



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jul 2014

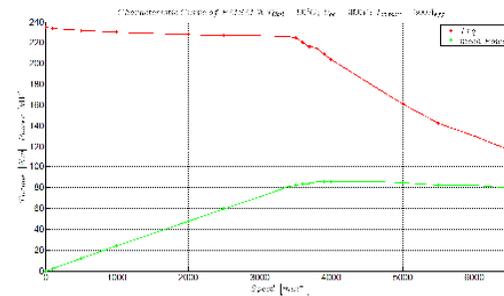
- Funktionen für Hybridumfänge erstellt und im SiL getestet
- Integration der Funktionen durchgeführt und an SG getestet
- Praxistests am Getriebepfprüfstand durchgeführt
- Bugfixes für SW-Stand durchgeführt und integriert
- Funktionsweiterentwicklung der Getriebesoftware bezüglich Schaltprogramm, Schaltkomfort und Verbrennerzustart
- Optimierung der Ansteuerung für die Trennkupplung
- Kombiniertes Impuls-Schlepp-Start (KISS): Unterstützung des Verbrennerstarts durch Nutzen des Impulses der E-Maschine



AP 4.1.5 Prototypische Softwareentwicklung und Applikation Leistungselektroniken der REX-Einheit

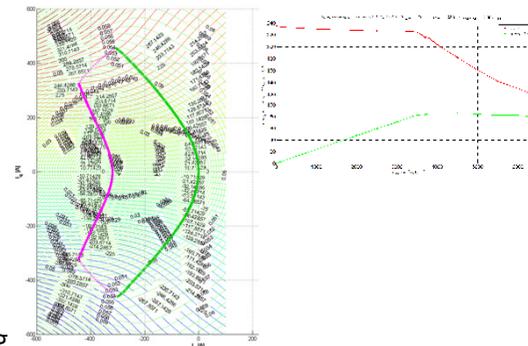
Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Charakterisierung der neu entwickelten permanentmagneterregten Maschine (PMSM) am EM-Prüfstand
- SW-Adaption und Restbussimulation für den Betrieb mit einer fahrzeugtauglichen Leistungselektronik
- SW-Bedatung und -Applikation für den Betrieb an EM-Prüfstand, Antriebstrangprüfstand und am Fahrzeug um Drehzahlen und Drehmoment möglichst exakt und verlustoptimal anfahren zu können
- Sicherstellung aller benötigten Funktionalitäten
- Sukzessive Verbesserung der Betriebsstabilität und -genauigkeit durch Applikation der SW-Funktionalitäten



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jul 2014

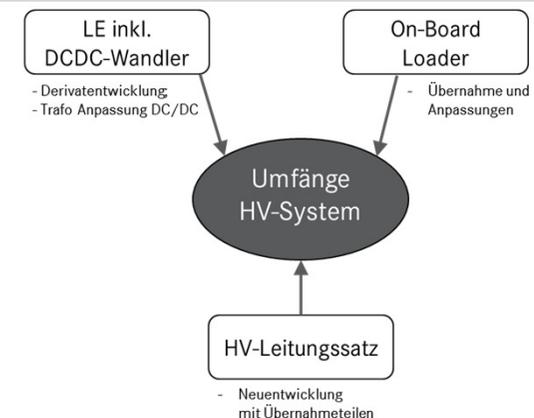
- Umfassende Untersuchung und Charakterisierung der neu entwickelten PMSM aus regelungstechnischer Sicht
- Erfolgreiche SW-Bedatung und -Applikation für Betrieb an Elektromaschinenprüfstand, Antriebstrangprüfstand und Fahrzeug um Drehzahlen und Drehmoment möglichst exakt und verlustoptimal anfahren zu können
- Individuelle Anpassung aller relevanten Begrenzungen zum Schutz von Maschine, Inverter und Peripherie an allen Prüfständen
- Applikative Anpassung der Regelung an die spezifischen Anforderungen im Fahrzeug (Komfortfunktionen, Schaltvorgänge, verschiedene Startverfahren des Verbrenners)



AP 4.1.6 Entwicklung und Bereitstellung HV-System

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Entwicklungsumfänge für das HV-System ausgelegt und definiert. Die Umfänge müssen nach konzeptioneller Fixierung noch bestätigt und Evolutionen / Skalierungen vorgehalten werden.



Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Auswahl und Bereitstellung einer geeigneten Leistungselektronik
- Auslegung und Konfektionierung des HV-Leitungssatzes für Leistungselektronik, Batterie und PMSM
- Anfertigung der LV-Adaption für den EM-Prüfstand und den Antriebsstrangprüfstand
- Integration einer Rotortelemetrie zur Messung der Rotortemperaturen am EM-Prüfstand
- Integration aller Komponenten in den EM-Prüfstand und erfolgreiche Inbetriebnahme



Verwendete PMSM an dem EM-Prüfstand montiert und verkabelt

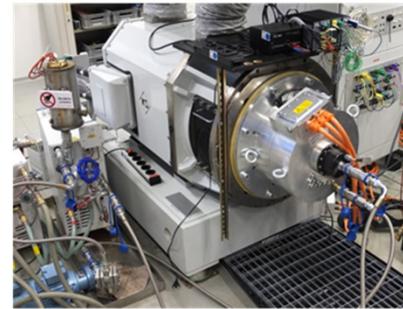


Verwendete Fahrzeug-Leistungselektronik in den EM-Prüfstand integriert

AP 4.1.6 Entwicklung und Bereitstellung HV-System

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jul 2014

- Bereitstellung einer geeigneten Leistungselektronik
- Bereitstellung des HV-Leitungssatzes für Leistungselektronik, Batterie und PMSM
- Bereitstellung der LV-Adaption für den Elektromaschinenprüfstand und den Antriebsstrangprüfstand
- Entwicklung einer Rotortelemetrie zur Messung der Rotortemperaturen am EM-Prüfstand
- Erfolgreicher Betrieb der PMSM am Elektromaschinenprüfstand, Antriebsstrangprüfstand und im Fahrzeug



Verwendete PMSM an EM-Prüfstand montiert und verkabelt



Integration der Leistungselektronik im Fahrzeug

AP 4.1.7 Ladesystem Aufbau und Testing

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Es wurde ein Ladesystem analog dem REX1 beschafft
- Die Ladeeinheit wurde im Fahrzeug verbaut und die Software an die Anforderungen der Batterie angepasst.
- Auffälligkeiten bei der Inbetriebnahme und beim Test:
 - 1) Durch konstruktive Mängel nur Ladung in Trockener Umgebung möglich.
 - 2) Da die UPC nicht über CAN geweckt werden kann, muss ein Ladevorgang immer über die Schlüsselposition Zündung (KL15) eingeleitet werden.



Kundengerechte Range Extender Konzepte

Zusammenfassung Ergebnisse AP4.2

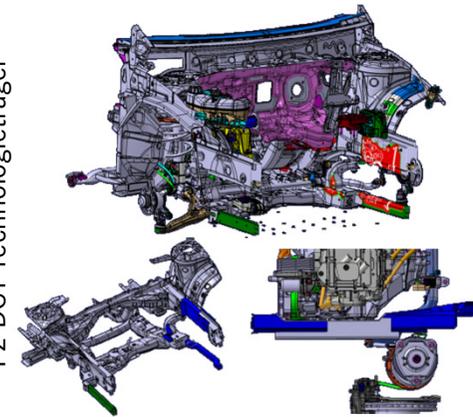
- Konzeption und Aufbau des Versuchsträgers
 - 4.2.1 Anpassung Fahrzeugarchitektur zur Aufnahme REX-Einheit
 - 4.2.2 Integration REX-Einheit im Versuchsträger
 - 4.2.3 Inbetriebnahme des Versuchsträgers

AP 4.2.1 Anpassung Fahrzeugarchitektur zur Aufnahme REX-Einheit

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Adaption Vorbaupackage und Rohbaustruktur für die Integration einer quer eingebauten Antriebseinheit (M282 mit FDCT) mit integrierter E-Maschine (Serielle Anordnung)
- Auslegung modifizierte Längsträger und Untergurt-konstruktion samt Detailkonstruktion mit Werkstatt-unterlagen
- Freiganguntersuchungen Vorderachse zur neuen Längsträgerstruktur mit Modifikation Stabilisatoranbindung und Lenkwinkelbegrenzung abgeschlossen

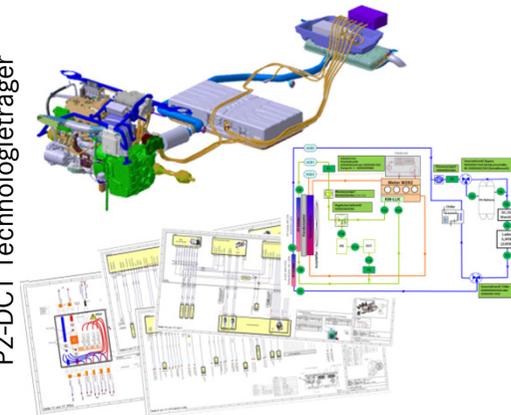
P2-DCT Technologieträger



Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Crashtoptimierung der modifizierte Längsträger- und Untergurtstrukturen aufgrund verbreiteter Antriebseinheit (M282 & FDCT), keine serienfähige Crashperformance mit Prototyp realisierbar
- Gesamtfahrzeugpackage liegt als 3D-Datensatz vor
- Festlegung/Optimierung Architektur Kühlsystems hinsichtlich Niedertemperatur-Kühlleistung und Package. Zusammenfassung Fahrzeugkühler zu kompakten Modul
- Abnahme Konzept für bauraumoptimierte HV-Verkabelung mit kompakten HV-Verteilern
- Sämtliche Vernetzungs-/ Kabelpläne sind digital abgebildet und entsprechende Steuergeräte sind servicegerecht gepackaged

P2-DCT Technologieträger



AP 4.2.2 Integration REX-Einheit im Versuchsträger

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Antriebseinheit mechanisch und elektrisch vollständig im Fzg. verbaut und Meßtechnik ergänzt, gesamtes Fahrzeug komplett montiert
- HV Abnahme erfolgreich durchgeführt
- 12V-Systeme überprüft und Steuergerätekommunikation verifiziert
- Erstinbetriebnahme des Gesamtsystems erfolgt
- Fahrzeug rollt mit geringer Dynamik (reiner Elektroantrieb, wie auch verbrennungsmotorisch)
- erste NVH-Optimierungen wurden durchgeführt

Integrierte Antriebseinheit
minREx



Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Vollständige Integration Hybrid-Antriebseinheit, inklusive aller Subsysteme
- Kühlsysteme sind in Betrieb genommen und leistungsmäßig validiert.
- HV-Systeme sind vollständig im Fahrzeug verbaut, in Betrieb genommen und durch Sicherheitsinstanz abgenommen
- 12V E/E-Systeme sind vollständig verdrahtet, überprüft und in Betrieb genommen, Steuergerätekommunikation ist verifiziert
- Visualisierungssystem für Antriebsbetriebszustände ist funktionsfähig verbaut und in Betrieb genommen
- Erprobungsfreigabe mit eingeschränkter Dynamik ist erfolgt – Erprobung läuft

P2-DCT Technologieträger

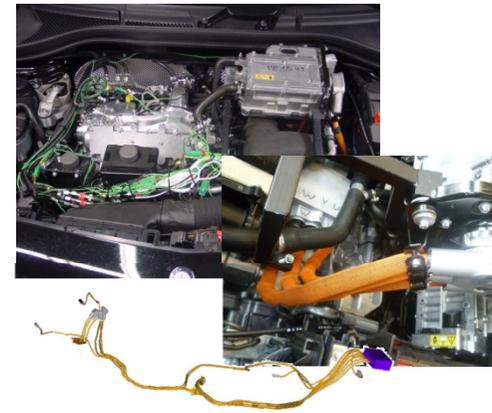


AP 4.2.2 Integration REX-Einheit im Versuchsträger

Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jul 2014

- Optimierte HV-Kabelführung ist ohne Scheuerstellen und verursacht keine Geräusche mehr. Verbesserter Freigang der Verkabelung zu Karosserieteilen
- Durch Segmentierung der Gummimetallverbindung im Motorlager konnte das Schwingungsverhalten im niedrigen Frequenzbereich verbessert werden.

Technologieträger



AP 4.2.3 Inbetriebnahme des Versuchsträgers

Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Fahrzeug ist vollständig in Betrieb genommen
- alle notwendigen Teilsysteme funktionieren ordnungsgemäß und weitestgehend zuverlässig
- Beseitigung von Fehlern in der Ansteuersoftware
- Abstellen von falschen Warn- & Fehleranzeigen für den Fahrer
- Beginn der Erstellung einer Fahrzeugdokumentation



Kundengerechte Range Extender Konzepte

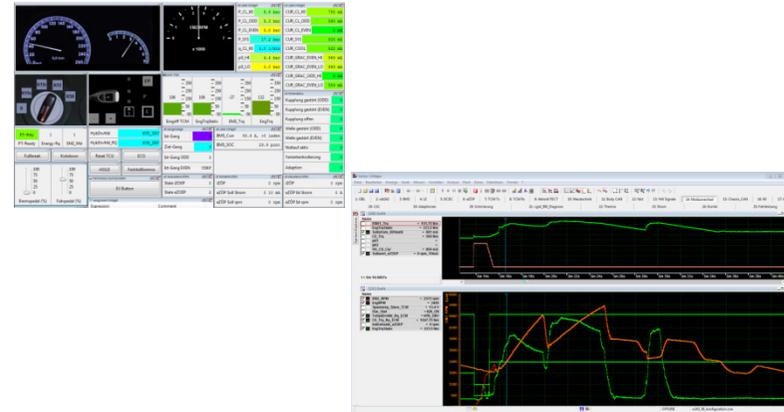
Zusammenfassung Ergebnisse AP4.3

- Testing Demonstrator
 - 4.3.1 Funktionstest + Kalibrierung
 - 4.3.2 Umbauarbeiten für Testing

AP 4.3.1 Funktionstest + Kalibrierung

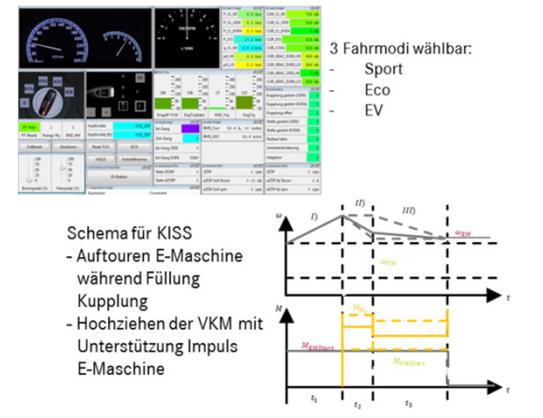
Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

- Alle Betriebsmodi sind funktionsfähig und können gezielt angewählt werden (E-Fahrt, Hybridfahrt & Sportmodus)
- Modiwechsel erfolgen zuverlässig und komfortabel
- SiL Umgebung wurde erweitert und Modelle sind funktional mit Fahrzeug abgeglichen, damit sind vor allem funktionale Test auch ohne Fahrzeug sehr gut möglich



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jul 2014

- Alle Betriebsmodi sind funktionsfähig und können gezielt angewählt werden (E-Fahrt, Hybridfahrt & Sportmodus)
- Modiwechsel erfolgen zuverlässig und komfortabel
- Kombierter Impuls-Schleppstart (KISS) zur Reduktion des Momenten- vorhalts in erster Version im Fahrzeug in Betrieb genommen und getestet.
- SiL Umgebung wurde ständig erweitert und Modelle sind funktional mit Fahrzeug abgeglichen, damit sind vor allem funktionale Test auch ohne Fahrzeug sehr gut möglich



AP 4.3.2 Umbauarbeiten für Testing

Zwischenergebnisse Zeitraum Sep-Dez 2012

- Testaufbau des Smart-Demonstrators „minRex:
- Konstruktion, Umbau & Integration Hinterachse/Integralträger
- Rohbaumodifikation im Gesamtfahrzeug
- Package, Konstruktion, Fertigung & Integration Kraftstoffsystem
- Konzeption, Konstruktion, Fertigung & Integration Kühlsysteme
- Konstruktion, Fertigung & Integration modifizierte Feststellbremse
- Einbau/ Anpassung Triebkopf im Heck inkl. NVH-Optimierung
- Festlegung HV-Package, Konzeption & Realisierung PDU, HV-Verkabelung im Fahrzeug (ca. 40% abgeschlossen)
- 12V Verkabelung, Anschlusspanels (ca. 30% abgeschlossen)



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jun 2013

- Wartung & Inspektion der Erprobungsfahrzeuge
- Rex-Erprobungsflotte mit Data-Loggern ausgerüstet
- Nachrüstung Gateway für Batteriesteuerung
- Optimierung HV-Ladedose gegen Wassereinbruch
- Optimierte Positionierung CPC-Steuergerät



AP 4.3.2 Umbauarbeiten für Testing

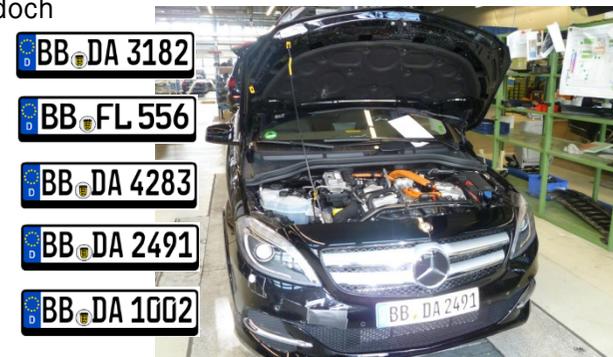
Zwischenergebnisse Zeitraum Jul-Dez 2013

P2-DCT Technologieträger

- Umfangreiche HMI-Optimierungsarbeiten am gesamten Fahrzeug, besonders jedoch im Heckbereich, reduzieren nachhaltig das Geräuschniveau bei Lastwechseln
- Optimierung des Kühlsystems bringt auch bei hohen Außentemperaturen ausreichende Kühlleistung im NT-Kreislauf
- Angepasste Messtechnik für variierende Erprobungsschwerpunkte

Rex-Fahrzeugflotte

- Tausch HV-Ladegeräte & Ladedosen gegen optimierte Varianten löst Problem
- Gute Qualität der allgemeinen Wartungs- & Inspektionsarbeiten über gesamte Erprobung



Zwischenergebnisse Zeitraum Jan-Jul 2014

Technologieträger

- Nachrüstung von Dämmmaßnahmen im Heckbereich konnte Geräuschniveau nur leicht reduzieren

Rex-Fahrzeugflotte

- Erforderlicher Wartungs- und Reparaturumfang zeigt gute System-stabilität über der gesamten Erprobung auf
- Abdichtung von HV-Kabeldurchführungen gegen Wassereintritt wurde als Schwachpunkt identifiziert und konnte durch verbesserte Verschraubungen und geänderte Kabelführung optimiert werden.



Kundengerechte Range Extender Konzepte

Inhaltsverzeichnis

- 1 Übersicht Terminplan und Projektinhalte
- 2 Zusammenfassung der gesamten Projektergebnisse
- 3 Dokumentation der Ergebnisse pro Arbeitspaket
- 4 Zusammenfassung und Ausblick**

Kurzfassung zum aktuellen Verwertungsplan

Zielerreichung des Verwertungsplans

Die Daimler AG sieht weiterhin mittelfristig Fahrzeuge mit klassischem Verbrennungsmotor als den Hauptbestandteil des Marktes, innerhalb der EU, aber auch weltweit an. Jedoch wird die Elektrifizierung im Antriebsstrang signifikant zunehmen und in diesem Zusammenhang werden auch Range Extender Konzepte (wie im Vorhaben beschrieben und entwickelt) eine wichtige Rolle spielen. Die Realisierung wettbewerbsfähiger Kosten der Elektrifizierung (u.a. E-Motoren bzw. Elektroantriebe) ist ein wichtiger Aspekt auf dem Weg zur Erzielung einer hohen Marktdurchdringung.

Die entwickelten Konzepte zur kostenoptimalen Elektrifizierung des Antriebs ermöglichen sowohl den emissionsfreien Betrieb mit reduzierter Reichweite als auch den Betrieb mit Verbrennungsmotor inklusive großer Reichweite. Daher bieten sich die Konzepte sowohl für den urbanen als auch den interurbanen, weltweiten Einsatz an.

Fahrzeuge



Plug-In – Konzept für Frontantrieb-Architektur



Mittelfristige bezahlbare Einstieg in die Elektromobilität im C – Segment (Mittelklasse/Kompaktwagen)



minREX – Minimales Range Extender Konzept



Generator für Range Extender Einheit als Reluktanzmaschine (günstigste Elektromotor-Technologie)