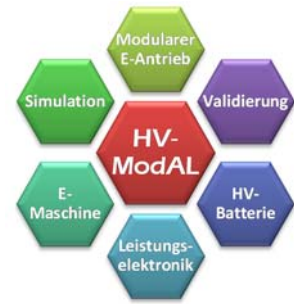


Projekt **HV-ModAL**



Schlussbericht

Autoren: Christian Ohms, Dr. Wolfgang Wondrak

Zuwendungsempfänger: Daimler AG 70546 Stuttgart	Förderkennzeichen: 16EMO0099
Vorhabenbezeichnung: Verbundprojekt: Modulare Antriebsstrangtopologien für hohe Fahrzeugleistungen - HV-ModAL Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten	
Laufzeit des Vorhabens: 01.01.2015 bis 31.12.2017	
Berichtsdatum 22. Jun 2018	

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Inhalt

1 Kurze Darstellung der Aufgabenstellung, der Voraussetzungen, der Planung und des Ablaufs des Vorhabens	2
1.1 Aufgabenstellung	2
1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde	2
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens.....	2
1.4 Stand der Technik, an den angeknüpft wurde.....	3
1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	4
2 Eingehende Darstellung der erzielten Ergebnisse und des voraussichtlichen Nutzens	5
3 Verwertbarkeit des Ergebnisses und der Erfahrungen.....	15
4 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf diesem Gebiet bei anderen Stellen ...	18
5 Erfolgte oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses.....	18
6 Listen der Abbildungen und Tabellen	18
7 Literaturverzeichnis	19

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

1 Kurze Darstellung der Aufgabenstellung, der Voraussetzungen, der Planung und des Ablaufs des Vorhabens

1.1 Aufgabenstellung

Im Projekt HV-ModAL wurde das Ziel verfolgt, mittels Modularisierung und Skalierbarkeit von Antriebskomponenten für elektrisch angetriebene Fahrzeuge sowohl Lösungspfade für einen optimalen Antriebsstrang als auch eine Wege zur Reduzierung der Kosten aufzuzeigen. Hierfür wurden innovative Antriebsstranglösungen für leistungsstarke Elektroantriebe für PKW und Nutzfahrzeuge simulativ erforscht, mit optimierten Komponenten aufgebaut und auf dem Prüfstand verifiziert.

Ein wesentlicher Aspekt des Vorhabens war unter anderem die Untersuchung von Spannungslagen des HV-Traktionsbordnetzes im Bereich von 800V. Mit einer derartigen Erhöhung der Betriebsspannung besteht die Möglichkeit, bei gegebenen Fahrzeugleistungen den Aufwand für Verkabelung und Steckverbinder und damit sowohl Bauraum- als auch Gewichtspotenziale zu erzielen. Im Umkehrschluß lassen sich bei gleichbleibendem Verkabelungsaufwand die elektrischen Leistungen des Bordnetzes erhöhen, beispielsweise für den Fahrzeugantrieb selbst, aber auch zu Erzielung von höheren Ladeleistungen und damit zur Reduzierung der Ladedauer. Besonderes Interesse kommt dabei der Effizienz von 800V-Lösungen auf Systemebene zu.

Daimler hat im Rahmen des Projekts vor allem in der Spezifikationsphase sowie in der Test- und Beurteilungsphase mitgewirkt. Die Schwerpunkte der Tätigkeit umfaßten dabei:

- Festlegung Prämissen und Systematik für relevante Fahrzeugkonzepte und Antriebstopologien für Nutzfahrzeuge
- Unterstützung der Dimensionierung von E Maschinen und von Batterien
- Bewertung des Betriebsverhaltens für den NFZ Einsatz sowie der möglichen Synergien zwischen Pkw und NFZ.

1.2 Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Das Vorhaben wurde im Rahmen eines Projektkonsortiums, zusammengesetzt aus mehreren Partnern aus Industrie und Forschung, durchgeführt. Grundlage für die Zusammenarbeit war der entsprechende Konsortialvertrag.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

	2015				2016				2017			
AP - Thema	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

AP 1 - Festlegung Prämissen und Systematik für relevante Fahrzeugkonzepte													
AP 2 – Komponenten- modellierung und Simulation verschiedener Antriebs- topologien													
AP 3 - Erforschung modularer Antriebskomponenten für hohe Leistungen													
AP 4 - Aufbau Antriebssysteme													
AP 5 - Systemtests und Validierung													
AP 6 - Bewertung aus Gesamtfahrzeugsicht													
AP 7 - Projektabschluss: Verwertbarkeit und mögliche Einsatzszenarien													

Abbildung 1: Überblick der Arbeitspakete (AP) im Rahmen des Gesamtprojekts (mit ihrer zeitlichen Zuordnung).

Abbildung 1 zeigt den Überblick über den zeitlichen Verlauf des Vorhabens. Die wesentlichen Arbeitspakete (AP) dieses Teilvorhabens sind grün markiert.

1.4 Stand der Technik, an den angeknüpft wurde

Zu Beginn der Projektarbeit im Jahr 2015 sind Fahrzeuge mit teil- oder vollelektrischem Antrieb Stand der Technik. Zahlreiche Hersteller sind in den Markt der „alternativen“ Antriebe eingestiegen und bieten Lösungen in unterschiedlichsten Fahrzeugklassen und unterschiedlicher Leistungsstufen an. Häufig sind die dabei zum Einsatz kommenden Komponenten allerdings anwendungsspezifische Entwicklungen, die für den Einsatz in dem jeweiligen Fahrzeug hin optimiert sind. Kommen Bauteile plattformübergreifend zum Einsatz, handelt es sich meistens um Übernahmelösungen, die außerhalb des ursprünglichen

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

Zielsystems nur eine Kompromisslösung darstellen. Besonders gilt dies für elektrische Antriebe im Nutzfahrzeugbereich. Wo immer möglich, werden Entwicklungen aus der PKW-Technik übernommen und für den Einsatz im Nutzfahrzeug ggf. adaptiert. Insbesondere die im Vergleich zu PKWs geringen Stückzahlen stellen ein wirtschaftliches Risiko dar, das Hersteller davon abhält, in nutzfahrzeugspezifische Komponenten zu investieren. Aus diesem Grund wird der Erforschung von modularen und anwendungsübergreifenden Antriebsplattformen hohes Potenzial zugeschrieben.

Des Weiteren hat sich für die meisten Fahrzeugplattformen mittlerer und hoher Leistung (<80 kW) eine Spannungslage im Bereich bis 450V etabliert, im Wesentlichen bedingt durch die Verfügbarkeit von Halbleiterbauelementen mit einer Sperrspannungsfestigkeit von 650V. Eine Erhöhung der Spannungslage, zum Beispiel in den Bereich von 800V verspricht, wie bereits weiter oben geschildert, Potenziale im Hinblick auf Leistungssteigerungen und/oder Gewichts- und Platzeinsparungen. Ein entsprechender Technologiewechsel ist jedoch auch hier mit sehr hohen Investitionen und marktwirtschaftlichen Risiken für Fahrzeughersteller wie auch Tier 1 (Komponentenhersteller) und Tier 2 (Halbleiterhersteller) verbunden.

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Projektes wurde sehr gut und intensiv mit den Verbundpartnern zusammengearbeitet. Im Rahmen der Teilvorhaben wurde darüber hinaus keine Unterbeauftragung an Dritte vergeben.

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

2 Eingehende Darstellung der erzielten Ergebnisse und des voraussichtlichen Nutzens

Der Beitrag der Daimler AG bestand im Wesentlichen aus der Erarbeitung und Bereitstellung des Fahrzeugportfolios für Nutzfahrzeuge, der zugehörigen Fahrzyklen für Verbrauch und Lebensdauer sowie der Bewertung der im Projekt erarbeiteten Simulationsergebnisse.

Der großen Vielfalt des Nutzfahrzeugsbereichs mit seinen teilweise sehr unterschiedlichen Fahrzeugplattformen und Einsatzbereichen geschuldet wurde zunächst ein Portfolio von sechs Plattformen ausgewählt, die den Bereich von kleinen und mittleren Transportern (Vans), mittlere bis schwere LKW und Omnibusse abdecken. Im Einzelnen handelt es sich um die folgenden Fahrzeuge:

- Mercedes-Benz V-Klasse, als leichtes Nutzfahrzeug für Einzelhändler, Kleingewerbe und Auslieferverkehr
- Mercedes-Benz Sprinter, ebenfalls ein leichtes Nutzfahrzeug, jedoch mit höherer Zuladung und flexibleren Aufbaumöglichkeiten
- Mitsubishi FUSO Canter, als leichter LKW für den Einsatz im innerstädtischen Verkehr
- Mercedes-Benz Atego, ein mittelschwerer LKW für den innerstädtischen Auslieferung regionalen Überlandverkehr
- Mercedes-Benz Actros, als Langstreckenfahrzeug für hohe Nutzlasten
- Mercedes-Benz Citaro, als Omnibusplattform für den innerstädtischen und Vorortverkehr

Tabelle 1: Ursprüngliches Nutzfahrzeugportfolio

Mercedes-Benz V-Klasse	Mercedes-Benz Sprinter	Mitsubishi FUSO Canter	Mercedes-Benz Atego	Mercedes-Benz Actros	Mercedes-Benz Citaro
					
Elektrofahrzeug	Elektrofahrzeug	Elektrofahrzeug	Plug-In Hybridfahrzeug	(Plug-In) Hybridfahrzeug	Elektrofahrzeug (Batterie/Brennstoffzelle)
140 km/h	140 km/h	80 km/h	60 km/h (elektrisch)	60 km/h (elektrisch)	100 km/h
200-400 km	300-400 km	300-400 km	100-200 km (elektrisch)	100km (elektrisch)	300-400 km
3050 kg	3500 kg	7,5 t	15 t	18 t	18,745 t

Wie im Zwischenbericht 2017 dargelegt wurde im Laufe des Projekts zusammen mit den Konsortialpartnern eine Neubewertung des Nutzfahrzeugportfolios vorgenommen, um den Simulationsaufwand zu verringern und Redundanzen im Portfolio zu vermeiden. So wurde zum Beispiel die Fahrzeugklasse „Mercedes-Benz Sprinter“ nicht weiter betrachtet, da Einsatzszenario und Fahrleistungen vergleichbar mit denjenigen der Klasse „Mercedes-Benz V-Klasse“ sind.

Eine ähnliche Entscheidung wurde im Bereich der mittelschweren und schweren LKW getroffen. Hier wurden die Plattformen „Mercedes-Benz Atego“ und „Mercedes-Benz Actros“ zusammengefasst unter einer neuen Plattform „Mercedes-Benz“ Antos, die sich an dem

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

während der Laufzeit des Projektes von Mercedes-Benz vorgestellten „Urban eTruck“ orientiert. Dabei handelt es sich um einen rein batterieelektrisch angetriebenen LKW mit einer Nutzlast von 12,8t bei einer Reichweite von bis zu 200km.

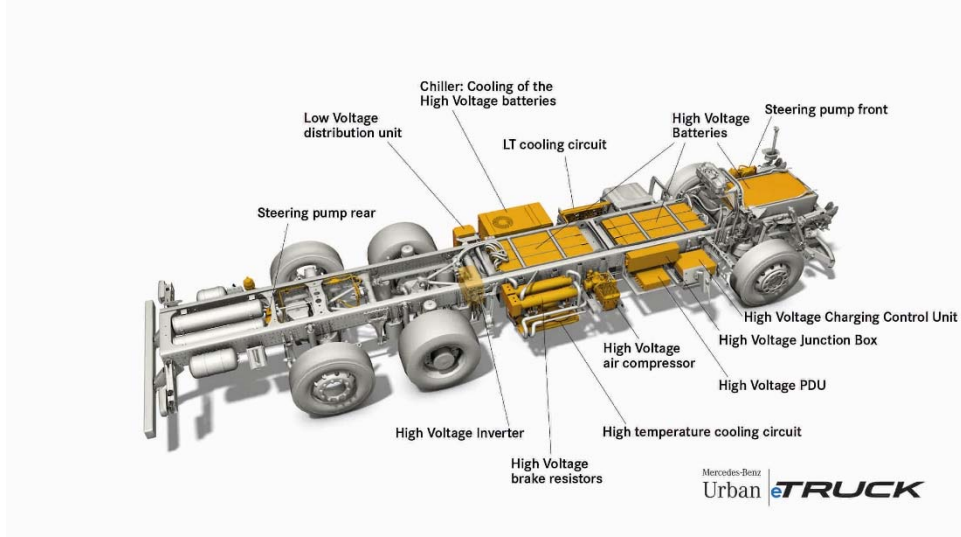






Abbildung 2: Systemtopologie MB Urban eTruck

Für weiterführende Erläuterungen wird auf den Zwischenbericht 2017 verwiesen. Somit ergab sich für die endgültige simulative Untersuchung folgendes Fahrzeugportfolio:






Tabelle 2: Finales Nutzfahrzeugportfolio

Mercedes-Benz V-Klasse	Mitsubishi FUSO Canter	Mercedes-Benz Antos	Mercedes-Benz Citaro
			
Elektrofahrzeug	Elektrofahrzeug	Elektrofahrzeug	Elektrofahrzeug (Batterie / Brennstoffzelle)
140 km/h	90 km/h	90 km/h (elektrisch)	100 km/h
200-400 km	300-400 km	200-400 km (elektrisch)	300-400 km
3050 kg	7,5 t	26 t	18,745 t

In einer Datenbank wurden die jeweiligen Fahrzeugparameter für jede Plattform zusammengetragen und in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Fachbereichen der Daimler AG aktualisiert bzw. korrigiert. Diese Datenbank diente als Ausgangsmaterial für die simulativen Untersuchungen in AP3.

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten

Tabelle 3: Anforderungstabelle Nutzfahrzeuge

Fahrzeug	Antriebsart	Van		Light Duty Trucks	Heavy Duty Trucks	Heavy Duty Trucks	Bus
		BEV	BEV	BEV	BEV	HEV	BEV
							
		Vito 114 kompakt	Sprinter	Center	Antos	Actros	Citaro
v_max elektrisch peak (2min BEV)	[km/h]	120	120	80	80	60	100
v_max elektrisch dauer	[km/h]	120	120	80	80	60	80
v_max kombiniert dauer	[km/h]	-	-	-	90	90	-
s_max elektrisch	[m/s²]	-	-	-	-	-	-
0-40 km/h elektrisch (80% ZGG)		-	-	-	-	-	8
0-60 km/h elektrisch (80% ZGG)		-	-	-	20	20	16
0-100 km/h elektrisch (60% ZGG)	[s]	13,4	18	18	40	-	40
0-100 km/h kombiniert (60% ZGG)	[s]	-	-	-	-	40	-
eReichweite	[km]	300-400	300-400	300-400	200-400	100	300-400
Fahrzeugdaten							
m_Fzg. (leer)	[kg]	2200	2300	2300	8700	8500	10000
m_Fzg. (zGG)	[kg]	3050	3500	7500	26000	40000 (LKW)	18745
m_Fzg. (Dyn.kurve)	[kg]						
m_Fzg. (ohne ATS)	[kg]	1500	1710	1800	8000	7000	8000
r_dyn	[m]	0,329	0,371	0,376	0,506	0,506	0,478
f_r	[-]	0,014	0,014	0,014	0,009	0,009	0,009
Cx	[-]	0,33	0,6	0,6			0,343
A	[m²]	4,28604	4,8174	4,8174			7,67
ow*A	[m²]	1,4143932	2,89044	2,89044	4,3631	4,913	4,18015
J_EM	[kgm²]	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09
J_Getriebe	[kgm²]	0,0016	0,0016	0,0018	0,002	0,002	0,002
E-System							
mech. Wirkungsgrad	[-]						
Md_mech 10s	[Nm]	330	330-360	400	1000	800	1200
P_mech 30s / 10s (PHEV)	[kW]	100	140	150	250-300	200	320
P_mech dauer 150s/600s (E_v_max peak ohne Steigung)	[kW]	70	70	90	200	150	220
P_mech dauer >30min (E_v_max dauer ohne Steigung, gesamten SOC-Bereich)	[kW]	70	70	70	200	110	150
n_EM_max	[rpm]	17000	17000	17000	17000	17000	17000
E-Getriebe							
Ganganzahl	[-]	1	1	1	1	1	1
i_ges 1. Gang	[-]	13,10	17,09	17,21	36,03	36,03	30,63
Anforderungen HVS							
P_HVS 10s - eta EM+LE=0,88 - eta HVS=0,97	[kW]	100	100 - 120				
Elektrischer Luftkompressor (Gleichzeitigkeitsfaktor 10%)		-	-	-	8000	8000	8000
Klimabedarf (mittlerer Verbrauch)	[W]	Spitzenkälteleistung 6000 (Dauer: 3000W)	Spitzenkälteleistung 6000 (Dauer: 3000W)	Spitzenkälteleistung 6000 (Dauer: 3000W)	Spitzenkälteleistung 6000 (Dauer: 3000W)	Spitzenkälteleistung 6000 (Dauer: 3000W)	Spitzenkälteleistung 47000 (Dauer: 20kW) Heizleistung: bis zu 60kW!
NV SW-Bedarf (mittlerer Verbrauch)	[W]	(500W)/2500	(500W)/2500	(500W)/2500	(750W)/3000	(750W)	(1000W)/5000
eta EM+LE	[-]	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
eta_Getriebe	[-]	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
eta_HVS	[-]						
Anzuwendender Zyklus		WLTC Klasse 2	WLTC Klasse 3	WLTC Klasse 2 (low, med, low)	ACEA Regional Delivery	ACEA Long Haul	SORT-Linien
Anfahrsteifähigkeit mit ZGG		30%	30%	25%	15-17%	15%-17%	15%-17%
Steifähigkeit bei 80km/h(80) mit ZGG					2%	2%	2%
Drehzahl im höchsten Gang (n80)		-	-	-		1400-1500	-

Häufig befinden sich die unterschiedlichen Anforderungen an das Fahrzeug in einem Zielkonflikt. So steht beispielsweise die mit der Reichweite skalierende Batteriekapazität in Konkurrenz zur Fahrzeugmassen und somit der kundenrelevanten maximalen Zuladung. Um für derartige Konflikte eine Orientierung zu bieten und vor allem der automatisierten Konzeptfindung im Rahmen der Simulation eine Entscheidungsgrundlage zu liefern, wurden die relevanten Parameter einer Gewichtung unterzogen. Dafür wurden die Kriterien in paarweisem Vergleich einander gegenübergestellt und wobei das jeweils wichtigere

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten

Auslegungskriterium den Vergleich „gewinnt“. So wurde zum Beispiel bei der Omnibusplattform („Mercedes-Benz Citaro“) die Fahrzeugbeschleunigung wichtiger eingestuft als die maximale Fahrzeuggeschwindigkeit. Dies begründet sich aus dem angestrebten Einsatzszenario des Fahrzeugs, dem Personennahverkehr mit kurzen Haltestellenabständen. Im dichten Innenstadtverkehr wird die maximale Geschwindigkeit praktisch nie erreicht; für das Einhalten des Fahrplans und das Erreichen einer möglichst hohen Durchschnittsgeschwindigkeit hingegen ist ein großes Beschleunigungsvermögen von entscheidender Bedeutung. Die folgende Darstellung zeigt den vollständigen Kriterienvergleich für die Omnibusplattform:

Tabelle 4: Bewertungsmatrix für Fahrzeugkriterien

...oder...											SUMME	Platzierung	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
1 Elektrische Spitzengeschwindigkeit...												1	9
2 Elektrische Dauerhöchstgeschwindigkeit...	1											0	10
3 Beschleunigung...	3	3										3	7
4 Elektrische Reichweite...	4	4	3									2	8
5 Zuladung...	5	5	5	5								6	3
6 Anfahrsteigfähigkeit mit 70% des Motormoments...	6	6	6	6	6							9	1
7 Steigfähigkeit 80km/h...	7	7	7	7	7	6						5	5
8 Steigfähigkeit 10km/h und 80% Beladung...	8	8	8	8	8	6	8					8	2
9 Lebensdauer...	9	9	9	9	5	6	9	8				6	3
10 Ladedauerleistung...	10	10	10	10	5	6	10	8	9			5	5

Neben den reinen Fahrzeugparametern wie Zugkraft, Steigfähigkeit, Luftwiderstand, Leistungsbereich der Nebenaggregate etc. ist ein wesentlicher Aspekt bei der Berechnung der erforderlichen Antriebsleistungen und Kapazitäten der Energiespeicher das angepeilte Einsatzszenario des jeweiligen Fahrzeugs. Daher wurde für jede Fahrzeugplattform ein Fahrzyklus erstellt, anhand dessen u.a. der durchschnittliche Energiebedarf pro km ermittelt wurde.

In vielen Fällen wurden für diese Zyklen die von den jeweiligen Zulassungsbehörden vorgegebenen Zertifizierungszyklen herangezogen. So beruht der Fahrzyklus für die leichte Nutzfahrzeugklasse („Mercedes-Benz V-Klasse“) auf den Vorgaben der „Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure (WLTP)“. Dabei handelt es sich um ein nach den Richtlinien des World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations entwickeltes Messverfahren, das seit dem 1. September 2017 in der Europäischen Union eingeführt wurde und für PKW und leichte Nutzfahrzeuge gilt. In der WLTP sind insgesamt drei Prüfzyklen (Worldwide harmonized Light Duty Test Cycle, WLTC) definiert.

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

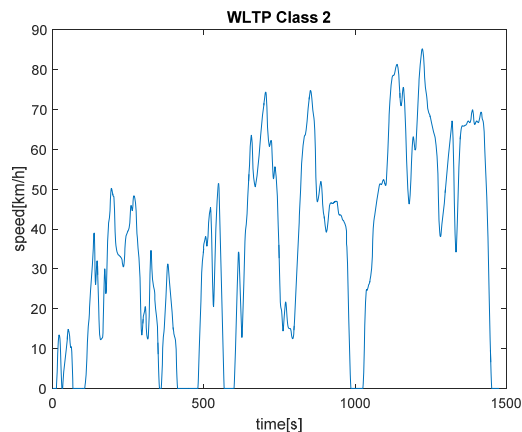


Abbildung 3: WLTP Zyklus Klasse 2

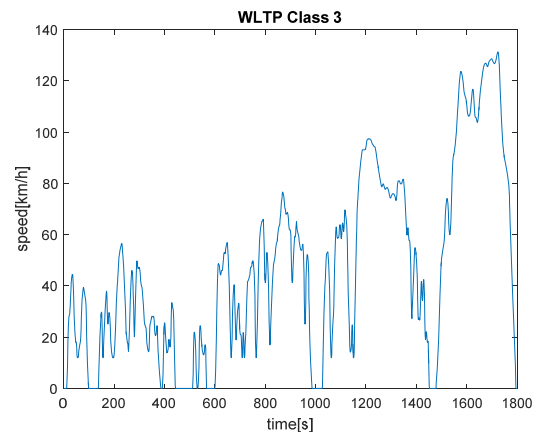


Abbildung 4: WLTP Zyklus Klasse 3

Je nach Leistungsgewicht des betrachteten Fahrzeugs wird für den Zyklusverbrauch der Fahrzyklus der Klasse 1, 2 oder 3 herangezogen. Für die in HV-ModAL betrachteten Fahrzeuge, die für die Anwendung der WLTP in Frage kommen („MB V-Klasse“, „MB Sprinter“ und „Fuso Canter“) beschränkt sich aufgrund der Leistungsgewichte die Auswahl auf die Zyklen der Klasse 2 und 3.

Für die LKW der mittleren und schweren Gewichtsklasse („MB Antos“ und „Actros“) sind die Prüfzyklen der WLTP jedoch nicht anwendbar. Für diese Fahrzeuge existiert jedoch mit den Vorgaben der Association des Constructeurs Européens d'Automobiles (ACEA) eine Zyklenauswahl, die unterschiedliche Einsatzszenarien mittelschwerer und schwerer LKW abbildet. Für Fahrzeuge, deren Betrieb überwiegend im regionalen Verteilerverkehr zwischen Ortschaften stattfindet, bietet sich dabei der „Regional Delivery“-Zyklus an, der mit einer hohen Durchschnittsgeschwindigkeit und langen Haltabständen z.B. den Transport von Waren von einem Verteilzentrum bis zum Endabnehmer repräsentiert.

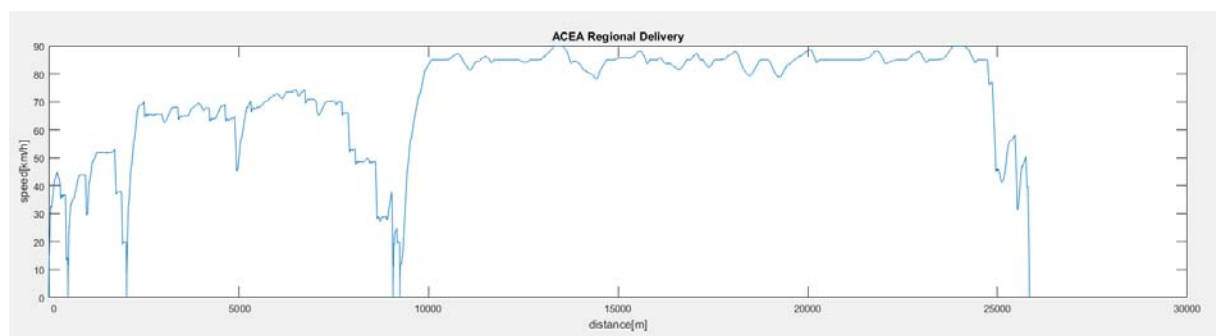


Abbildung 5: ACEA Zyklus Regional Delivery

Die ACEA hat neben dem „Regional Delivery“ auch noch weitere Zyklen definiert, die zum einen den innerstädtischen Verteilerverkehr („Urban Delivery“) sowie zum anderen den Langstreckenverkehr auf Landstraßen und Autobahnen abbilden. Diese Zyklen wurden ebenfalls analysiert und stehen im Rahmen des Projektes zur Verfügung, wurden aber nicht in der Simulation berücksichtigt. Da mit den kleineren Nutzfahrzeugen der Bereich des innerstädtischen Verkehrs bereits abgedeckt war, erschien eine nochmalige Untersuchung

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten

eines ähnlichen Einsatzszenarios mit einem größeren Fahrzeug nicht sinnvoll. Der Langstreckenfahrbetrieb hingegen hätte realistischerweise ohnehin nur mit einem konventionellen verbrennungsmotorischen Antrieb bewältigt werden können, so dass aus dieser Betrachtung keine relevanten Aussagen über die Auslegung des elektrischen Antriebsteils zu erwarten gewesen wären.

Die Fahrzeugklasse der innerstädtischen Omnibusse und Busse im Vorortverkehr wiederum ist durch geringe Durchschnittsgeschwindigkeit mit sehr vielen Haltabständen gekennzeichnet. Für dieses Szenario wurden im Projekt die sogenannten SORT(Standardised On-Road Test)-Zyklen der Union Internationale des Transports Publics (UITP) herangezogen, mit denen Busbetreibern eine realistische Vergleichsbasis für den Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge zur Verfügung steht. Auch hier findet eine Unterteilung statt, je nach betrachteter Verkehrsdichte. So existiert ein Zyklus für normalen Innenstadtverkehr (Durchschnittsgeschwindigkeit 17 km/h), einer für Innenstadtverkehr mit hohem Verkehrsaufkommen (Durchschnittsgeschwindigkeit 12 km/h) sowie einer für den Vorortverkehr (Durchschnittsgeschwindigkeit 27 km/h).

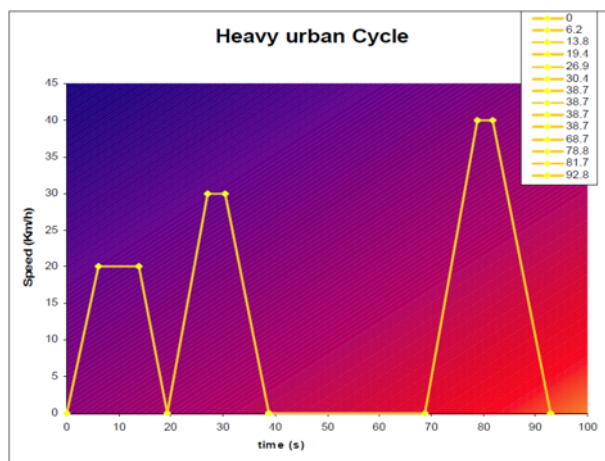


Abbildung 6: UITP Heavy Urban Zyklus

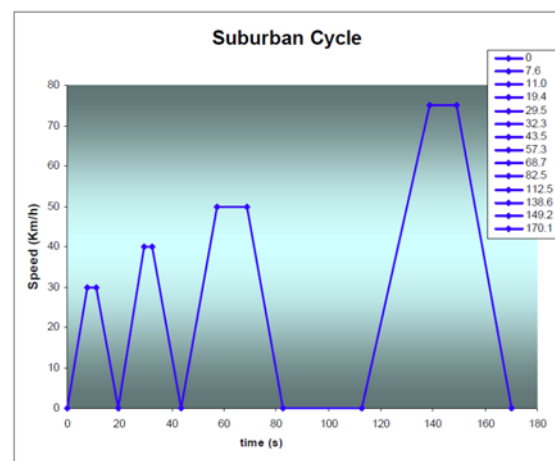


Abbildung 7: UITP Suburban Zyklus

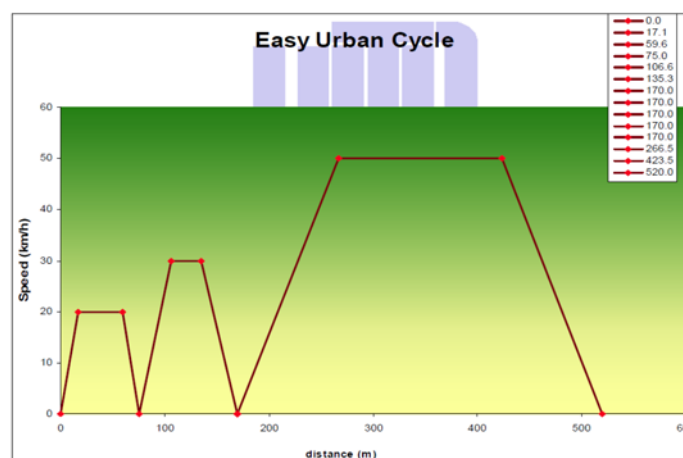


Abbildung 8: UITP Easy Urban Zyklus

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten

Zusätzlich zu den Zyklusvorgaben der UITP konnten praxisnahe Fahrprofile von den aus dem Erprobungsbetrieb der Daimler AG beschafft werden. Diese beruhen auf den SORT-Zyklen und repräsentieren dieselben Fahrscenarien, sind aber detaillierter und erscheinen aussagekräftiger für die Bestimmung des tatsächlichen Energiebedarfs.

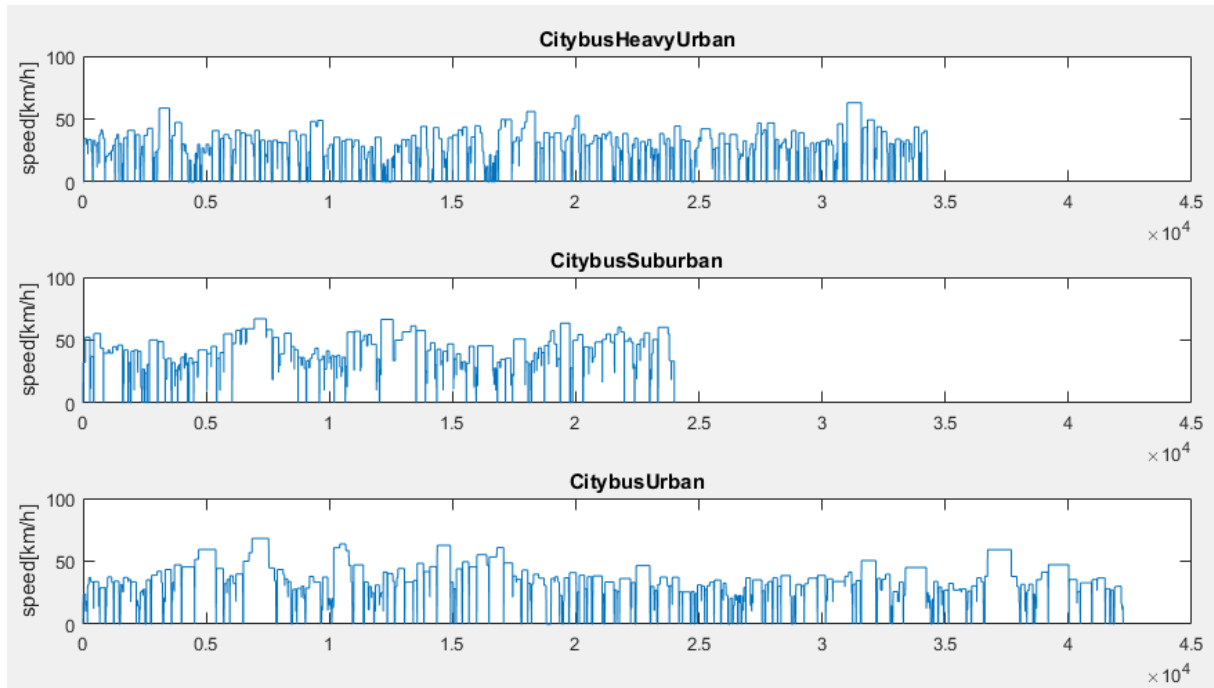


Abbildung 9: Bus-Fahrprofile

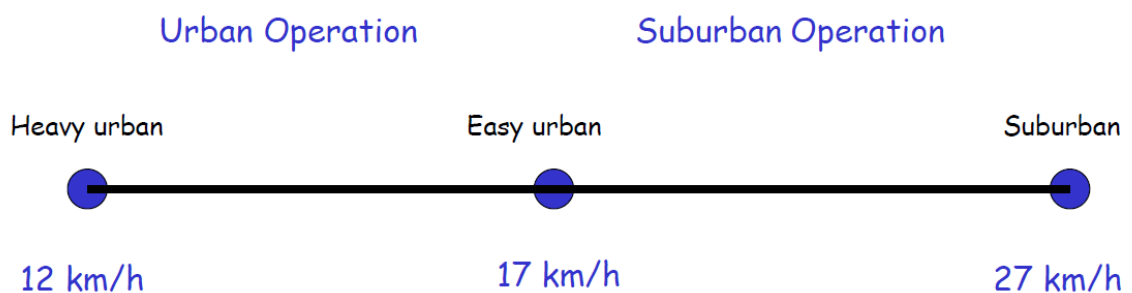


Abbildung 10: Zuordnung von Fahrzyklus und Durchschnittsgeschwindigkeit

Aus den beschriebenen Verbrauchszyklen wurden für die jeweiligen Fahrzeugklassen darüber hinaus Lebensdauerzyklen abgeleitet. Dabei wurden für jedes Fahrzeug Überlegungen angestellt hinsichtlich täglicher Fahrleistung, eventuellen Fahrtunterbrechungen (z.B. zum Be- und Entladen), Fahrzeugbetrieb pro Wochentag sowie eine gewisse Zahl an Stillstandstagen pro Jahr (für Wartung, Reparatur, Betriebsruhe, etc.), um ein möglichst realistisches Bild des Fahrzeugeinsatzes zu erhalten. Die so ermittelte Fahrleistung diente als Eingangsgröße für die Lebensdauersimulationen.

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV/Baukasten

Im Folgenden soll auf die in den Simulationen erarbeiteten Ergebnisse eingegangen werden. Für jedes Fahrzeug existiert eine nahezu unüberschaubare Vielzahl von möglichen Kombinationsmöglichkeiten der Komponenten wie elektrischer Antrieb, zwei- oder vierradriger Antrieb, Anzahl der Batterien, Art der Batteriezellen, Gesamtkapazität etc. Um diese Menge von Antriebsausprägungen beherrschbar und bewertbar zu machen, wurden mit Hilfe entsprechender Optimierungsalgorithmen zielführende Kombinationen identifiziert und hinsichtlich ihres Erfüllungsgrades der jeweiligen Fahrzeugvorgaben bewertet. Das Ergebnis wird in Form einer Tabelle ausgegeben, die ohne weitere Zusatzsoftware ausgewertet und bearbeitet werden kann.

		Szenario																			Rath	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
		Simulation	Datum	Reichweite	Topologie	Antriebsart	Achsenanordnung	Abtriebsleistung/Leistung	Fahrzeugdaten	Leistung/Leistung (kW)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)	Leistung/Leistung (kWh)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
2	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
3	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
4	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
5	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
6	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
7	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
8	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
9	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
10	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
11	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
12	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
13	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
14	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
15	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
16	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
17	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
18	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
19	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
20	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
21	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
22	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
23	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
24	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
25	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
26	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
27	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
28	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
29	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
30	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh
31	result/Objekt_mba_omnibus_2017-12-01_15-01-04/MB Citaro400_100-1000-a_150_0_0	2017-12-01_15-01-04	MB Citaro 400_100-1000-a	Rear	1 Rear	8000	100	1000	4000	100	80	300	8	16	40	400	1	Kokam_400_50110_150Wh_43V	1	150Wh	150Wh	150Wh

Abbildung 11: Simulationsergebnisse Omnibus

Als Beispiel dient im Folgenden die Fahrzeugplattform „MB Citaro“ (Omnibus). Für dieses Fahrzeug sind als Schlüsselkriterien u.a. folgende Vorgaben definiert:

- Reichweite mindestens 300km im Zyklus Citybus_Urban
- Beschleunigung von 0 auf 60km/h in weniger als 16s
- Anfahrsteigfähigkeit mit ZGG an Hang mit mindestens 15% Steigung

In der Tabelle lassen sich diejenigen Topologien, die die Kriterien nur ungenügend erfüllen, einfach identifizieren und ggf. ausblenden. Die verbleibenden Topologien lassen sich dann einer Bewertung hinsichtlich tatsächlich erzielter Reichweite, Gesamtgewicht, relativer Kosten etc. unterziehen. Außerdem werden systembedingte Unterschiede sichtbar, die zum Beispiel mit der Wahl der Spannungslage oder der Anzahl der Antriebe bei gleicher Gesamtleistung einhergehen. So wurde unter anderem die erzielte Reichweite des Fahrzeuges bei modularer Verwendung mehrerer, von der Leistungsklasse vergleichsweise klein dimensionierter PKW-Antriebe gegenüber einem einzigen, hochskalierten Antrieb verglichen:

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten

Fahrzeug:
MB Citaro (Omnibus)

- Batteriekapazität
120-230kWh
- Zyklus: Citybus_Urban
Mindestreichweite 300km

Drei verschiedene
Antriebstrangkonfigurationen:

- Rear-Wheel Drive
 - AVL 276kW
- Four-Wheel Drive
 - 2x BMW i3
 - 2x AVL 204kW

Abbildung 12: Übersicht Simulationsprämissen MB Citaro

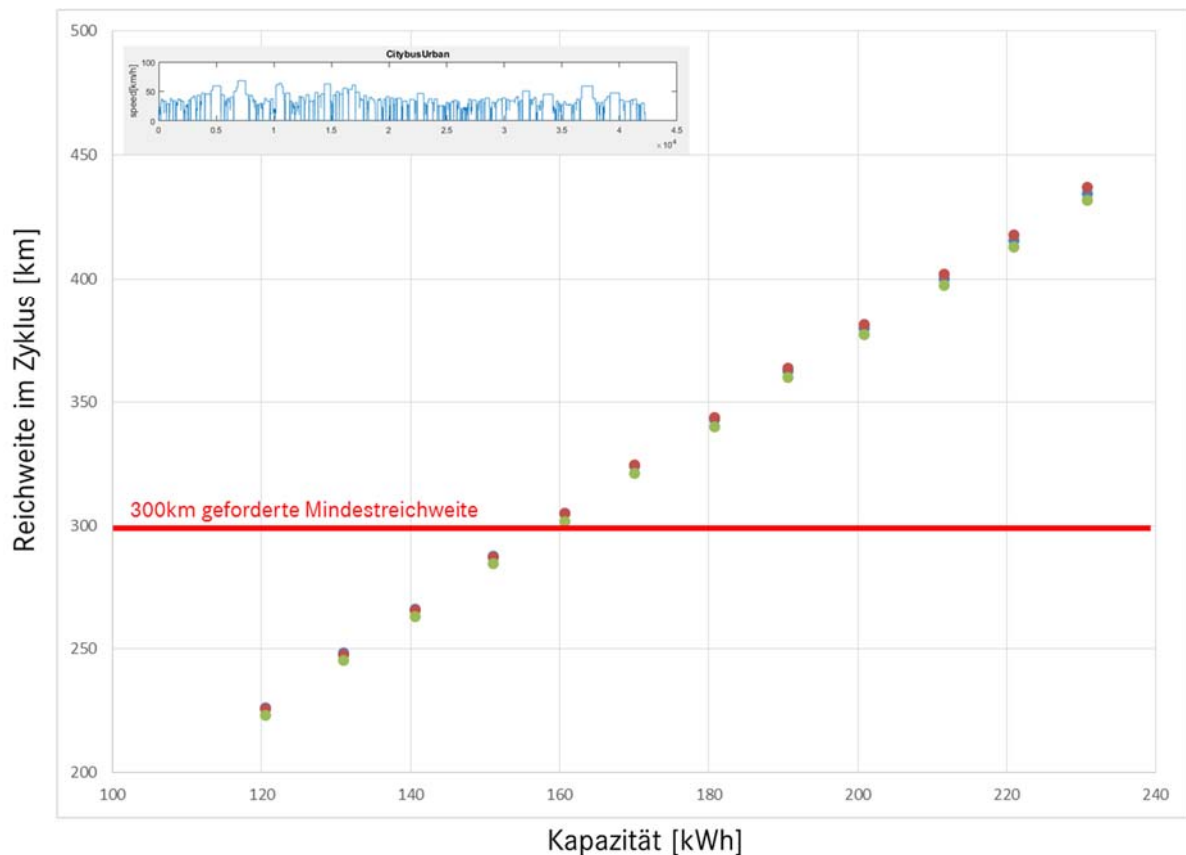


Abbildung 13: Reichweitesimulation MB Citaro

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

Wie sich in diesem Beispiel zeigt, liegen die Gesamtverluste und damit die Reichweiten der unterschiedlichen Antriebsstrangkonfigurationen nah beieinander und dürften sich im tatsächlichen Betrieb nicht merkbar unterscheiden. Der Einsatz von Antriebskomponenten, die nicht dediziert für den jeweiligen Einsatzzweck entwickelt sondern einem plattformübergreifenden Baukasten (ggf. skaliert) entnommen wurden, erscheint unter dem Gesichtspunkt der erzielbaren Reichweite also sinnvoll.

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

Ein weiterer Aspekt der Bewertung ergibt sich aus der Frage der Spannungslage. Hierzu wurden vergleichbare Architekturen sowohl in der Klasse 400V als auch 800V simuliert. Im gleichen Beispiel (Fahrzeug: Mercedes-Benz Citaro) ergibt sich dabei folgende Darstellung:

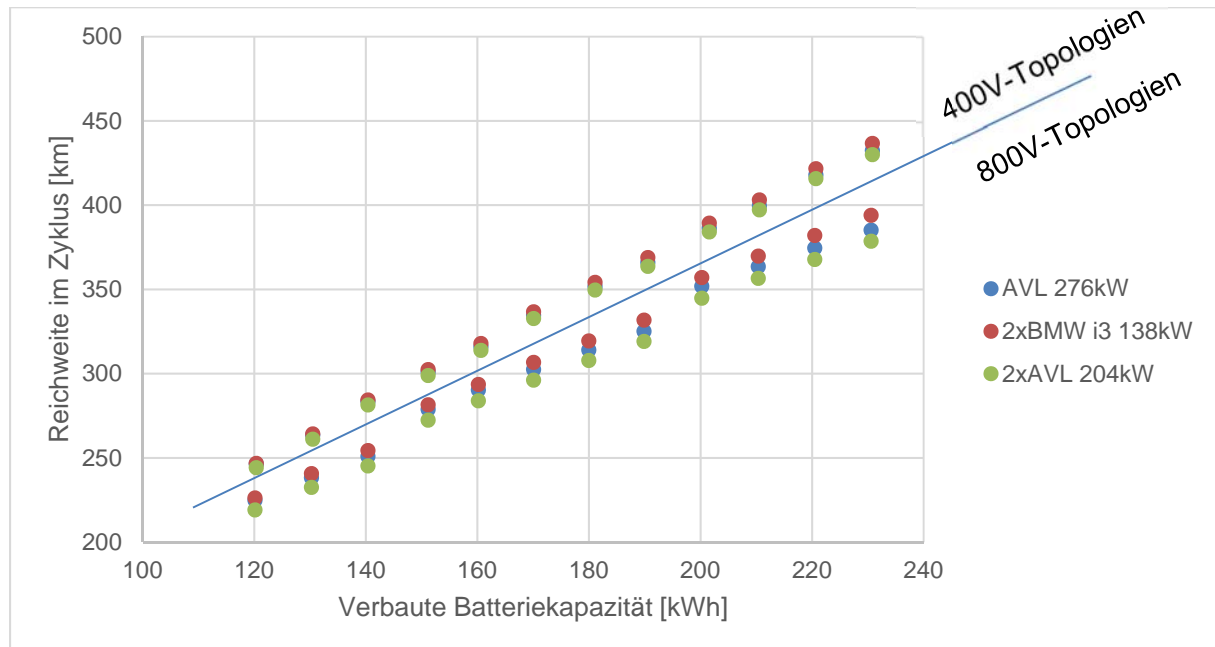


Abbildung 14: Vergleich Spannungslagen

In dieser Darstellung zeigt sich eine deutliche Differenz der erzielten Reichweiten im Zyklus von bis zu ~10% zwischen 400V- und 800V-Topologien. Die Vermutung, daß eine Erhöhung der Spannungslage gerade für Fahrzeuge mit hohem Leistungsbedarf eine Verbesserung der Fahrleistungen bzw. eine Erhöhung der Reichweite ermöglicht, läßt sich angesichts dieser Ergebnisse somit nicht belegen. Dabei ist zu bemerken, daß der Untersuchung Halbleitermodule auf Silizium-Basis zugrundegelegt wurden, deren Verluste bei steigender Spannungsfestigkeit entsprechend ansteigen. Eine höhere Spannungslage bedingt somit signifikant höhere Schaltverluste und somit eine Verschlechterung des Wirkungsgrades. Dieser Effekt könnte sich durch den Einsatz von Halbleitermaterialien mit höherer materialbedingter Spannungsfestigkeit, wie zum Beispiel Siliziumkarbid (SiC) vermindern oder sogar kompensieren lassen, was allerdings nicht Gegenstand der Untersuchungen war.

Eine Betrachtung, inwieweit die Erhöhung der Spannungslage Einfluß auf das Ladeverhalten oder die Gestaltung der Ladekomponenten haben könnte, wurde ebenfalls nicht vorgenommen und kann daher nicht in die Bewertung mit einfließen.

3 Verwertbarkeit des Ergebnisses und der Erfahrungen

Der Bedarf an lokal emissionsfreier Mobilität steigt stetig an. Insbesondere in städtischen Ballungsräumen zeigt sich, daß herkömmliche, auf fossilen Kraftstoffen basierende Antriebstechnologien dem Mobilitätsbedürfnis einer wachsenden Bevölkerung nicht mehr gerecht werden können, ohne dabei Einschränkungen hinsichtlich der Luftqualität und damit

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten

der Lebensqualität der Bewohner hinzunehmen. Die aktuelle Berichterstattung über regelmäßige Überschreitungen der Grenzwerte von Feinstaubpartikeln und Stickoxiden in deutschen Städten belegt dies eindrücklich. In noch größerem Maße betrifft dieses Problem die sogenannten Megacities in Asien, deren Bevölkerungszahl und –dichte teilweise vielfach höher liegt als in europäischen Städten.

Nicht erst in diesem Zusammenhang stellt sich darüber hinaus die Frage nach der langfristigen Verfügbarkeit des Energieträgers Erdöl sowie dessen kurz- und mittelfristiger Preisentwicklung. Schwankungen des Benzin- und Dieselpreises haben direkte Auswirkungen auf die Kosten der individuellen, gewerblichen und öffentlichen Mobilität, sind aber häufig bedingt durch externe Einflußfaktoren wie politischen Entscheidungen, der Sicherheitslage in den Förderländern, Verfügbarkeit von Transportkapazitäten wie Pipelines und Tankschiffen usw.. Sich von dieser endlichen Ressource unabhängiger zu machen und Energiequellen zu erschließen, die langfristig und zuverlässig verfügbar sind, ist ein erklärtes Ziel zahlreicher Volkswirtschaften.

Fahrzeughersteller wie Daimler sind aufgefordert, in diesem sich wandelnden Umfeld Lösungen anzubieten. Neben der individuellen Mobilität mit PKWs steht dabei auch der gewerbliche und öffentliche Verkehr im Fokus, also zum Beispiel Warentransporte, Handwerksunternehmen, Zustelldienste, aber auch kommunale Dienstleistungen und Personentransport im öffentlichen Nahverkehr. Die Fahrzeuge, mit denen diese Verkehrsleistungen erbracht werden, sind somit im gleichen Maße von den genannten Herausforderungen betroffen und erfordern die Entwicklung von geeigneten neuartigen Antriebskonzepte.

Dass elektrische Antriebe eine Antwort auf die drängenden Probleme sein können, ist keine neue Erkenntnis. Die Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen (insb. solcher mit hoher Antriebsleistung), die üblicherweise in weitaus geringeren Stückzahlen hergestellt werden als Personenkraftwagen, stellte aber lange eine finanzielle Hürde dar, die zu überspringen die meisten Hersteller kaum bereit waren. Umso wertvoller sind in diesem Zusammenhang die Erkenntnisse aus HV-ModAL zum plattformübergreifenden und damit kostensparenden Einsatz modularer und skalierbarer Komponenten. Zudem erlaubt der simulative Ansatz eine Überprüfung bestehender oder geplanter Konzepte und ggf. eine entsprechende Optimierung hinsichtlich der angestrebten Fahrzeugeigenschaften.

Die Nachfrage nach neuen Antriebskonzepten ist dabei nicht nur eine theoretische Vermutung, sondern lässt sich an aktuellen Beispielen beobachten. So gibt es beispielsweise heute bereits in Chinas Städten über 300.000 Elektrobusse [1]. Auch europäische Städte haben entsprechende Initiativen gestartet. So sollen in Amsterdam bis zum Jahr 2025 alle öffentlichen Busse elektrisch sein [2]. Auch in Paris sollen im selben Zeitraum 3.600 Diesel- und sogar Hybridbusse durch rein elektrisch betriebene Fahrzeuge ersetzt werden [3]. In Deutschland planen mehrere Städte größere Anschaffungen rein elektrischer Busse, um den elektrifizierten Nahverkehr zu fördern. Bis 2031 sollen 872 rein elektrisch betriebene Busse in deutschen Städten beschaffen werden. Führend dabei ist Wiesbaden mit der geplanten Anschaffung von 225 Fahrzeugen im elektrischen Omnibusverkehr [4].

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

Laut Einschätzung von Experten der Bloomberg New Energy Finance werden bis 2030 elektrische Omnibusse den weltweiten Markt für Nahverkehrsbusse dominieren: Der Marktanteil der Elektrobusse soll auf bis zu 84 % steigen [1].

Tatsächlich lassen sich bereits erste Resultate beobachten. So hat zum Beispiel Mercedes-Benz angekündigt, auf der IAA 2018 einen batterieelektrischen Stadtbus vorzustellen, ehe Ende desselben Jahres die Serienfertigung beginnen soll. Bei diesem Fahrzeug mit der Bezeichnung „Citaro E-CELL“ handelt es sich genauer ausgedrückt um eine Fahrzeugplattform, die dank individueller Auslegung innerhalb der Baureihe sämtliche Vorstellungen des Kunden erfüllen soll. Der Citaro E-CELL wird somit ein Stadtbus nach Maß auf der Basis



Abbildung 15: MB Citaro E-CELL

von weitgehend standardisierten Komponenten. [5] Dieser Gedanke deckt sich mit dem modularen Ansatz von HV-ModAL, so daß den Projektergebnissen für künftige Weiterentwicklungen dieser und weiterer Busplattformen großes Potenzial beigemessen wird.



Abbildung 16: MB Urban eTruck

Auch der Bereich der elektrischen Transportfahrzeuge unterliegt aktuell ähnlichen, rasanten Entwicklungen. So stellte zum Beispiel Mercedes-Benz auf der IAA im Jahr 2016 einen vollelektrischen Lkw für den emissionsfreien Verteilerverkehr vor. Der Urban eTruck, ein schwerer Lkw mit bis zu 26t zulässigem Gesamtgewicht, erreicht dabei bei angemessener Nutzlast erstmals die für reale Anwendungsfälle erforderlichen Reichweiten. [6] Dieses Fahrzeug wurde in der Simulationsumgebung von HV-ModAL nachgebildet, um Erkenntnisse über mögliche Weiterentwicklungen zu gewinnen. Die an der Entwicklung des Urban eTruck beteiligten Fachbereiche der Daimler AG wurden dabei eng in das Projekt eingebunden und über die Ergebnisse informiert.

Nicht nur die simulativen Untersuchungen in HV-ModAL sondern auch die Simulationsumgebung selbst ist darüber hinaus für die Daimler AG ein wertvolles Ergebnis aus der gemeinsamen Zusammenarbeit im Projekt. Das entwickelte Toolset eignet sich um bestehende Fahrzeugkonzepte zu optimieren, für neue Anforderungen geeignete Topologien zu identifizieren und um eigene Simulationsergebnisse zu verifizieren. Eine Präsentation der Simulationsumgebung durch die Projektpartner hat im März 2018 im Fachbereich für elektrische Systemkonzepte der Daimler AG stattgefunden.

4 Während der Durchführung des Vorhabens dem Zuwendungsempfänger bekannt gewordener Fortschritt auf diesem Gebiet bei anderen Stellen

Der amerikanische Hersteller Tesla hat im Jahr 2017 ein Konzept für eine elektrisch angetriebene Sattelzugmaschine (engl. „semi truck“) vorgestellt, sowie entsprechende Prototypen präsentiert. Eine Serienfertigung könne ab dem Jahr 2019 beginnen. Für das Fahrzeug werden Reichweiten von bis zu 800 Kilometern angekündigt [7].

Der schwedische Hersteller Volvo hat ebenfalls einen elektrischen Lkw vorgestellt, der im Jahr 2019 in Serie gehen soll. Mit einer variablen Batteriekonfiguration, die Kapazitäten von 100kWh bis zu 300kWh abdecken soll, seien Reichweiten von bis zu 300 Kilometern möglich [8].

5 Erfolgte oder geplanten Veröffentlichung des Ergebnisses

- Wondrak et.al.: Opportunities for the Electric Powertrain by Increased Operation Voltage, Automotive Power Electronics Conference (APE), 2015
- Wondrak et.al.: Opportunities for the Electric Powertrain by Increased Operation Voltage, ECPE Workshop: Power Electronics for e-Mobility, 2016

6 Listen der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1: Überblick der Arbeitspakete (AP) im Rahmen des Gesamtprojekts (mit ihrer zeitlichen Zuordnung).....	3
Abbildung 2: Systemtopologie MB Urban eTruck	6
Abbildung 3: WLTP Zyklus Klasse 2.....	9
Abbildung 4: WLTP Zyklus Klasse 3.....	9
Abbildung 5: ACEA Zyklus Regional Delivery.....	9
Abbildung 6: UITP Heavy Urban Zyklus	10
Abbildung 7: UITP Suburban Zyklus.....	10
Abbildung 8: UITP Easy Urban Zyklus	10

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

Abbildung 9: Bus-Fahrprofile	11
Abbildung 10: Zuordnung von Fahrzyklus und Durchschnittsgeschwindigkeit.....	11
Abbildung 11: Simulationsergebnisse Omnibus	12
Abbildung 12: Übersicht Simulationsprämissen MB Citaro.....	13
Abbildung 13: Reichweitensimulation MB Citaro	13
Abbildung 14: Vergleich Spannungslagen.....	15
Abbildung 19: MB Citaro E-CELL	17
Abbildung 20: MB Urban eTruck.....	17

Tabellen

Tabelle 1: Ursprüngliches Nutzfahrzeugportfolio	5
Tabelle 2: Finales Nutzfahrzeugportfolio	6
Tabelle 3: Anforderungstabelle Nutzfahrzeuge.....	7
Tabelle 4: Bewertungsmatrix für Fahrzeugkriterien	8

7 Literaturverzeichnis

- [1] „Warum Elektrobusse jetzt die Städte erobern,“ Produktion.de, [Online]. Available: <https://www.produktion.de/specials/mobilitaet-zukunft/warum-elektrobusse-jetzt-die-staedte-erobern-101.html>.
- [2] „Amsterdam setzt ab 2025 nur noch auf Elektrobusse,“ energieukunft.eu, [Online]. Available: https://www.energieukunft.eu/mobilitaet/amsterdam-setzt-ab-2025-nur-noch-auf-elektrobusse/?tx_pwcomments_pi1%5BcommentToReplyTo%5D=1922&tx_pwcomments_pi1%5Baction%5D=new&tx_pwcomments_pi1%5Bcontroller%5D=Comment&cHash=1b86d5e653d48b1dd1e58751759a2290.
- [3] „Elektrobusse erobern Frankreichs Städte,“ gtai.de, [Online]. Available: <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=elektrobusse-erobern-frankreichs-staedte,did=1482638.html>.
- [4] „E-Bus-Radar - Die Zukunft des öffentlichen Nahverkehrs?,“ PwC, [Online]. Available: <https://www.pwc.de/de/offentliche-unternehmen/e-bus-radar.pdf>.

Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HV-Baukasten

- [5] „Bus unter Strom. Countdown für den Mercedes-Benz Citaro E-Cell,“ Daimler AG, [Online]. Available: <https://www.daimler.com/produkte/busse/mercedes-benz/citaro-e-cell.html>.

- [6] „Weltpremiere: Der vollelektrische und vernetzte Mercedes-Benz Urban eTruck,“ Daimler AG, [Online]. Available: <http://media.daimler.com/marsMediaSite/ko/de/13669478>.

- [7] „Tesla Semi – Alle Details zum Sattelkraftfahrzeug im Überblick,“ Teslamag, [Online]. Available: <http://teslamag.de/news/tesla-semi-alle-details-sattelkraftfahrzeug-16899>.

- [8] „Elektro-Lkw: Volvo FL Electric kurz vor Serienanlauf,“ heise, [Online]. Available: <https://www.heise.de/newsticker/meldung/Elektro-Lkw-Volvo-Trucks-E-Lastwagen-FL-Electric-kurz-vor-Serienanlauf-4022919.html>.

Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN ./.	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlußbericht
3. Titel Abschlußbericht im Verbundprojekt: Modulare Antriebsstrangtopologien für hohe Fahrzeugleistungen - HV-ModAL Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Ohms, Christian Dr. Wondrak, Wolfgang	5. Abschlussdatum des Vorhabens 31.12.2017
	6. Veröffentlichungsdatum ./.
	7. Form der Publikation ./.
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Daimler AG Dipl.-Ing. (FH) Christian Ohms Hanns-Klemm-Straße 45 71034 Böblingen	9. Ber. Nr. Durchführende Institution ./.
	10. Förderkennzeichen 16EMO0099
	11. Seitenzahl 20
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. Literaturangaben 8
	14. Tabellen 4
	15. Abbildungen 20
16. Zusätzliche Angaben ./.	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) ./.	
18. Kurzfassung Im Projekt HV-ModAL wurde das Ziel verfolgt, mittels Modularisierung und Skalierbarkeit von Antriebskomponenten für elektrisch angetriebene Fahrzeuge sowohl Lösungspfade für einen optimalen Antriebsstrang als auch eine Wege zur Reduzierung der Kosten aufzuzeigen. Hierfür wurden innovative Antriebsstranglösungen für leistungsstarke Elektroantriebe für PKW und Nutzfahrzeuge simulativ erforscht, mit optimierten Komponenten aufgebaut und auf dem Prüfstand verifiziert. Außerdem wurden im Rahmen von HV-ModAL Untersuchungen von Spannungslagen des HV-Bordnetzes im Bereich von 800V untersucht und mit gleichartigen Topologien in der 400-Klasse verglichen. Daimler hat innerhalb des Projektes das Nutzfahrzeugportfolio erarbeitet und die entsprechenden Prämissen für Fahrzeugkonzepte und Antriebstopologien vorgegeben. Darüber hinaus hat Daimler das Betriebsverhalten für den Nfz-Einsatz sowie mögliche Synergien zwischen Pkw und Nfz untersucht. Die gesetzten Projektziele wurden vollständig erreicht. So ließ sich zum einen eine prinzipielle Eignung von plattformübergreifend verwendbaren Komponenten ohne größere Effizienz Nachteile sowohl im Nutzfahrzeug als auch im Personenkraftwagen nachweisen. Zum anderen konnte die Frage der Potenziale einer höheren Spannungslage im Fahrzeug und deren Auswirkungen auf die Antriebskomponenten dahingehend beantwortet werden, daß die höhere Systemspannung mit aktuell etablierten Technologien keine unmittelbaren Vorteile für die Ausführung der Antriebskomponenten bietet, wobei Aspekte wie die Ladeinfrastruktur hier ausdrücklich nicht berücksichtigt sind. Die im Projekt entstandene Simulationsumgebung sowie die damit erarbeiteten Ergebnisse stellen ein wertvolles Werkzeug für die künftige Weiterentwicklung von elektrischen Nutzfahrzeugen wie auch für die Verifizierung bereits vorhandener Topologien dar.	
19. Schlagwörter Elektromobilität, Leistungselektronik, HV-Batterietechnik, elektrische Maschinen, Stadtverkehr, elektrische Nutzfahrzeuge, ÖPNV	
20. Verlag	21. Preis

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN ./	2. type of document (e.g. report, publication) Final report
3. title Abschlußbericht im Verbundprojekt: Modulare Antriebsstrangtopologien für hohe Fahrzeugleistungen - HV-ModAL Teilvorhaben: Spannungswandler für einen kostengünstigen und hocheffizienten HVBaukasten	
4. author(s) (family name, first name(s)) Ohms, Christian Dr. Wondrak, Wolfgang	5. end of project 31.12.2017
	6. publication date ./
	7. form of publication ./
8. performing organization(s) (name, address) Daimler AG Dipl.-Ing. (FH) Christian Ohms Hanns-Klemm-Straße 45 71034 Böblingen	9. originator's report no. ./
	10. reference no. 16EMO0099
	11. no. of pages 20
12. sponsoring agency (name, address) Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 53170 Bonn	13. no. of references 8
	14. no. of tables
	15. no. of figures 20
16. supplementary notes ./	
17. presented at (title, place, date) ./	
18. abstract <p>The HV-ModAL project aimed to find solutions for an optimized power train as well as for reduced cost by means of modularization and scalability of traction components. For this, innovative drive train solutions for high power electric vehicles (passenger cars and utility vehicles) have been simulated, assembled and verified on the test bench. Furthermore investigations of higher power net voltages in the 800V-range have been investigated and compared to similar topologies in the 400V-range. Daimler has contributed the utility vehicle portfolio to the project, together with the corresponding premises for vehicle platforms and drive train topologies. Besides, Daimler investigated the operation behavior for the utility vehicle operation as well as possible synergies between passenger cars and utility vehicles.</p> <p>The aspired project objectives have been achieved completely. It could be proved that the usage of cross-platform components in utility vehicles as well as in passenger cars does not lead to a significant worse efficiency. On the other hand, it was shown that higher power net voltages do not provide direct benefits to the design of the traction components, without taking into account possible effects on the charging devices.</p> <p>The simulation tool set that has been created in the project, as well as the results elaborated provide a valuable tool for the future development of electrical utility vehicles as well as for the validation of already existing topologies.</p>	
19. keywords Electric mobility, Power electronics, HV-battery technology, electrical machines, city traffic, electrical utility vehicles, public transport	
20. publisher	21. price