

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR MATERIALFLUSS UND LOGISTIK, IML

ELMO – ELEKTROMOBILE URBANE WIRTSCHAFTSVERKEHRE

Projektabschlussbericht
Förderkennzeichen 03EM0601A

BEWILLIGUNGSZEITRAUM: 01.09.2011 – 30.06.2015

ÖFFENTLICHE FASSUNG VOM 18.02.2016



Gefördert durch:



Koordiniert durch:



ELMO – ELEKTROMOBILE URBANE WIRTSCHAFTSVERKEHRE

Abschlussbericht gemäß NKBF 98

ÖFFENTLICHE FASSUNG

Dr. Sebastian Stütz (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, IML)

Arnd Bernsmann (Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, IML)

Tim Baltzer (Busch-Jaeger Elektro GmbH)

Benedikt Rogmann (CWS-boco Supply Chain Management GmbH)

Nina Hentschel (TEDi Logistik GmbH & Co. KG)

Patrick Wunderlin (United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. OHG)

Kurt Pommerenke (Wirtschaftsförderung Dortmund)

Projektkonsortium:

- Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik, IML, Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2-4, 44227 Dortmund
- Busch-Jaeger Elektro GmbH, Freisenbergstraße 2, 58513 Lüdenscheid
- CWS-boco Deutschland GmbH, Dreieich Plaza 1, 63330 Dreieich
- TEDi Logistik GmbH & Co. KG, Brackeler Hellweg 305, 44309 Dortmund
- United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. OHG, Görlitzer Straße 1, 41460 Neuss
- Wirtschaftsförderung Dortmund, Töllnerstr. 9-11, 44122 Dortmund

Inhalt

1	Überblick über das Forschungsprojekt „ELMO“	5
1.1	Aufgabenstellung	5
1.2	Voraussetzungen	5
1.3	Planung und Ablauf	6
1.4	Stand von Wissenschaft und Technik	7
1.4.1	Fraunhofer IML	7
1.4.2	Busch-Jaeger Elektro GmbH (Busch-Jaeger Elektro)	9
1.4.3	CWS-boco Deutschland GmbH (CWS-boco)	9
1.4.4	TEDi Logistik GmbH & Co. KG (TEDi Logistik)	10
1.4.5	United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. OHG (UPS)	10
1.4.6	Wirtschaftsförderung Dortmund	10
1.5	Zusammenarbeit mit anderen Stellen	11
1.5.1	Kooperationen	12
1.5.2	Begleitforschung	12
1.5.3	Öffentlichkeitsarbeit	13
1.5.4	Wissens- und Erfahrungsaustausch mit der Fahrzeugindustrie	13
1.5.5	Wissens- und Erfahrungsaustausch mit anderen Projekten und Forschergruppen	14
1.5.6	Wissens- und Erfahrungsaustausch mit interessierten Kommunen	15
2	Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“	16
2.1	AP 1: Marktrecherche verfügbarer Fahrzeugtypen	16
2.1.1	AP 1.1: Analyse Stand der Technik und Identifizierung von Entwicklungspotenzialen	16
2.1.2	AP 1.2: Auffinden von Best Practices bzw. Anwendungsfällen	18
2.2	AP 2: Abgleich Anforderungen mit einsetzbaren Fahrzeugtechnologien und Ladeinfrastruktur	21
2.2.1	AP 2.1: Konzeptentwicklung für Nutzfahrzeuge und deren spezifische Randbedingungen	21
2.2.2	AP 2.2 Übertragung Know-how zu assoziierten und interessierten Unternehmen	25
2.3	AP 3: Aufbau eines Bewertungsmodells	27
2.4	AP 4: Definition von Umfang und regionaler Gebietsstruktur der Feldtests	31
2.4.1	Busch-Jaeger Elektro	31
2.4.2	CWS-boco	34
2.4.3	TEDi Logistik	36
2.4.4	UPS	39
2.4.5	Fraunhofer IML	41
2.5	AP 5: Durchführung von Feldtests	43
2.5.1	AP 5.1: Nutzung der Fahrzeuge im Praxisbetrieb	43
2.5.2	AP 5.2: Aufbau einer Weiterbildung für das Servicepersonal der Partner	57
2.6	AP 6: Auswertung und Begleitung der Feldtests	60
2.6.1	AP 6.1: Wissenschaftliche Begleitung der Fahrversuche und Feldtests	60
2.6.1.1	Externe Benchmarktests zur Vermessung von Nutzfahrzeugen für den E- Wirtschaftsverkehr	63
2.6.1.2	Ergebnisse der Feldtestauswertungen für das Fahrzeug von Busch-Jaeger Elektro	68
2.6.1.3	Ergebnisse der Feldtestauswertungen für die Flotte von CWS-boco	78
2.6.1.4	Ergebnisse der Feldtestauswertungen für ein Fahrzeug von TEDi Logistik	90
2.6.1.5	Ergebnisse der Feldtestauswertungen für die Flotte von UPS	96
2.6.2	AP 6.2: Erfahrungsaustausch mit Regionen/ Kommunen zur Validierung der Benchmarks	122

2.7	AP 7: Finale Bewertung und Projektabschluss.....	127
2.7.1	AP 7.1: Optimierung Systemkonzept und Beschreibung zukünftiger Szenarien im Gesamtrahmen des Projekts	127
2.7.1.1	Busch-Jaeger Elektro	127
2.7.1.2	CWS-boco	129
2.7.1.3	TEDi Logistik	131
2.7.1.4	UPS.....	133
2.7.2	AP 7.2: Präsentation der Projektergebnisse und Kontaktmesse zwischen Herstellern und Anwendern	136
2.7.3	AP 7.3: Mitarbeit bei der Ergebnisbewertung und Definition von Best Practices ...	138
2.7.3.1	Allgemeine Aspekte betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen	140
2.7.3.2	Elektromobilität in Mitarbeiterflotten	148
2.7.3.3	Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit Dritten als Belieferungsziel.....	150
2.7.3.4	Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit eigenen Standorten als Belieferungsziel.....	152
3	Fazit und weiterer Forschungsbedarf	154
4	Publikationen	158
5	Anlagen.....	159

1 Überblick über das Forschungsprojekt „ELMO“

1.1 Aufgabenstellung

Bei Beantragung des Forschungsprojekts „ELMO – Elektromobile Urbane Wirtschaftsverkehre“ bestand eine wesentliche Forschungslücke darin, dass Elektromobilität im Bereich stadtnaher Wirtschaftsverkehre kaum praktiziert wurde, obgleich die dort vorzufindenden Rahmenbedingungen für den Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge günstig schienen (z. B. durch Planbarkeit der Routen und damit der erforderlichen Reichweiten). Daher bestand das Primärziel des Projekts darin, die generelle Eignung und Einsetzbarkeit batterieelektrisch angetriebener Nutzfahrzeuge in stadtnahen Belieferungsverkehren im Rahmen eines Flottenversuchs zu untersuchen und daraus abzuleiten, wie eine Einbindung dieser Fahrzeuge in aktuelle Logistikkonzepte erfolgen kann. ELMO sollte des Weiteren dazu beitragen, welche verkehrlichen, betrieblichen, sowie die energie- und umweltseitigen Potenziale elektrisch angetriebene Nutzfahrzeuge im urbanen Wirtschaftsverkehr bieten (Sekundärziel). Als Ergebnis wurden Best Practice-Empfehlungen angestrebt, die auf Basis der Projekterfahrungen aufzeigen, welche Anwendungsfelder für batterieelektrische Nutzfahrzeuge technisch wie ökonomisch sinnvoll erscheinen.

1.2 Voraussetzungen

Die beteiligten Unternehmen waren bereits vor Projektbeginn mit Problemen in der Warenversorgung konfrontiert und spürten die Auswirkungen regulatorischer Eingriffe wie bspw. die Errichtung von Umweltzonen oder kommunale Einfahrtsbeschränkungen. Daher bestand im Rahmen des Projekts ELMO das Ziel dieser Unternehmen darin, in Kooperation mit dem Fraunhofer IML Möglichkeiten zu erforschen, die die Elektromobilität bietet, um Lieferverkehre langfristig ökonomisch und ökologisch sinnvoll und verlässlich gestalten zu können. Als wesentliche Voraussetzung für den Feldversuch galt dabei, mögliche auftretende Friktionen durch den Einsatz einer neuen Antriebstechnologie so gering wie möglich zu halten. So sollten interne Prozesse nicht oder nur soweit technisch zwingend nötig angepasst werden, um Akzeptanz für die neue Technik zu erhöhen und um ein Testumfeld zu schaffen, das den bis dahin durch konventionelle Fahrzeuge bedienten Anwendungen möglichst nahe kommt. Eine wesentliche Voraussetzung für einen erfolgreichen Start des Projekts ELMO war die Verfügbarkeit geeigneter batterieelektrischer Nutzfahrzeuge. Der Markt für batterieelektrische Fahrzeuge im Allgemeinen und für das Segment der batterieelektrischen Nutzfahrzeuge im Besonderen befand sich zur Zeit des Projektbeginns in einem frühen Entwicklungsstadium, so dass im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen nur ein äußerst partikulares Fahrzeugspektrum zur Wahl stand und eher dem Segment von Retrofit-Anbietern zuzuordnen war. Kritisch gesehen wurde dabei die Verfügbarkeit von Kundendienststrukturen. Lediglich im Bereich der PKWs und leichten Nutzfahrzeuge standen im Markt Serienmodelle einiger OEMs zur Verfügung.

Erste Erfahrungen mit E-LKWs in Deutschland wurden durch die Spedition Meyer&Meyer und einigen KEP-Dienstleistern während der Modellregion 1 gemacht. Meyer&Meyer setzte in Berlin im Rahmen des Projekts Elektro-Stadtlogistik zwei 12 t LKWs ein. Für Meyer&Meyer wurde der LKW von der Firma AGV B.V. in den Niederlanden umgerüstet, welcher dann im Rahmen umfangreicher Prüfungen bei der

Firma EMC Test NRW (Dortmund) die Typzulassung und die Straßenzulassung erhalten hat. Die Firma AGV B.V. ging 2012 in die Insolvenz. Die Technologien wurden später von der EMOSS B.V. übernommen, welche aber auch während des Beschaffungsprozesses eine Zwischeninsolvenz hatte. Auch KEP-Dienste griffen im Rahmen der Modellregion auf Konversionsfahrzeuge zurück, wobei sowohl Neuwagen als auch Gebrauchtwagen in Betrieb genommen wurden. Während dieser Phase entwickelte UPS bei der Firma EFA-S Elektrofahrzeuge Schwaben GmbH (Zell bei Stuttgart) das Umbaukonzept für den Paketwagen P80. Parallel dazu testete UPS in der Phase E-LKWs der Firma Modec (GB), die allerdings 2011 ebenfalls Konkurs anmelden musste. Weitere Praxiserfahrungen lagen aus den USA und Großbritannien (Regionalschwerpunkt London) vor. Hier war die Firma Smith Electric Vehicles Marktführer, die mit ihren Modellen die Segmente Sprinter (hier auf Basis des Ford Transit) und LKW bis 12 t Gesamtlast abdeckten. Allerdings war die Marke 2012 noch nicht im deutschen Markt vertreten und verfügte über keine Serviceeinheit vor Ort. Der initiale Anstoß, der schließlich zu ELMO führte, kam über das Logistikunternehmen TEDI Logistik GmbH mit dem Ziel, die Logistik der Zukunft nachhaltig zu gestalten.

1.3 Planung und Ablauf

Zur Bewältigung des geplanten Vorhabens wurde ein Konsortium gebildet, dem drei Arten von Mitgliedern angehörten:

- Unternehmen als Praxispartner und Anwender betrieblicher Elektromobilität
- Wirtschaftsförderung Dortmund als Schnittstelle zu anderen Kommunen, Unternehmen für den Wissens- und Erfahrungsaustausch und regionalen/nationalen Netzwerken
- Fraunhofer IML als Experte für Logistik und Stadtbeflieferung sowie als Partner für die wissenschaftliche Begleitung

Das Projekt startete mit dem Empfang der Zuwendungsbescheide im September 2011 und endete (nach einmaliger kostenneutraler Verlängerung) im Juni 2015. Der folgende Absatz gibt einen Überblick über die wesentlichen Vorkommnisse (siehe auch Abbildung 1) der gesamten Projektlaufzeit.

Ein erstes Auftakttreffen der Partner fand im September am Fraunhofer IML in Dortmund statt, primär um grundlegende Absprachen zu treffen und um den Abschluss eines Kooperationsvertrags anzustoßen. Dieser wurde von allen Partnern anschließend zwischen November und Dezember 2011 unterzeichnet. Nach dem Jahreswechsel 2011/2012 starteten diverse vorbereitende, vornehmlich organisatorische Aktivitäten, um 2012 mit Fahrzeugbeschaffung und regelmäßigen Feldtests der jeweiligen Fahrzeuge beginnen zu können. Problematisch war die Beschaffung der benötigten E-Fahrzeuge. Insbesondere die Lieferfähigkeit der Firmen AGV B.V. (später EMOSS B.V.), Smith Electric Vehicles Ltd. und EFA-S GmbH führte zu Verzögerungen schon zu Projektbeginn, da es sich stets um kundenspezifische Lösungen handelte. Ende Juni 2012 zeichnete die Bundesregierung das Forschungsvorhaben als „Leuchtturm der Elektromobilität“ aus, kurze Zeit später (Anfang September 2012) wurde auf dem Friedensplatz und im Westfälischen Industrieklub in Dortmund eine öffentliche Auftaktveranstaltung („Kick-Off“) veranstaltet und ELMO so einer breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Gleichzeitig startete beim ersten Partner (CWS-boco) die Aufnahme von Fahrtdaten. Im Mai 2013 wurde ELMO als Leuchtturmprojekt zum Kongress der Bundesregierung „Elektromobilität bewegt weltweit“ vorgestellt. Im Herbst 2013 folgten eine Vorstellung des Projekts auf

dem Bürgertag der EnergieAgentur.NRW in einem beliebten Einkaufszentrum Oberhausens sowie eine von der Wirtschaftsförderung Dortmund für die Projektpartner ausgerichtete Fahrerschulung (September 2013). Im April 2014 richtete das konsortialführende Fraunhofer IML die internationale Konferenz „Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr“ aus und stieß damit auf große Resonanz. Im Mai 2014 stoppte der Partner CWS-boco die Feldtests aufgrund technischer Probleme. Ebenfalls im Mai 2014 erfolgte die kostenneutrale Projektverlängerung. Im Juni 2014 begannen in Kooperation mit der Firma EMC Test NRW und der TU Dortmund Fahrzeugbenchmarks und Prüfungen der Störfestigkeit der Fahrzeuge. Die Fahrzeuge von CWS-boco standen dafür aus technischen Gründen nicht zur Verfügung. Dem Fraunhofer IML gelang es, dass Nissan Europe den zu diesem Zeitpunkt gerade auf dem deutschen Markt eingeführten Transporter e-NV200 kostenlos für Testzwecke zur Verfügung stellte, so dass dieser die entstandene Lücke füllen konnte. Die Abwicklung der Fahrzeugvermessungen zog sich insgesamt bis Anfang Juni 2015. Im April 2015 endete beim letzten Partner (Busch-Jaeger Elektro) die Aufnahme von Fahrtdaten. Das Projekt läuft im Juni 2015 aus, eine Vorstellung der Projektergebnisse erfolgte im Rahmen der Ergebniskonferenz der Modellregion Rhein-Ruhr auf dem 4. Kompetenztreffen Elektromobilität in NRW im November 2015 in Essen.

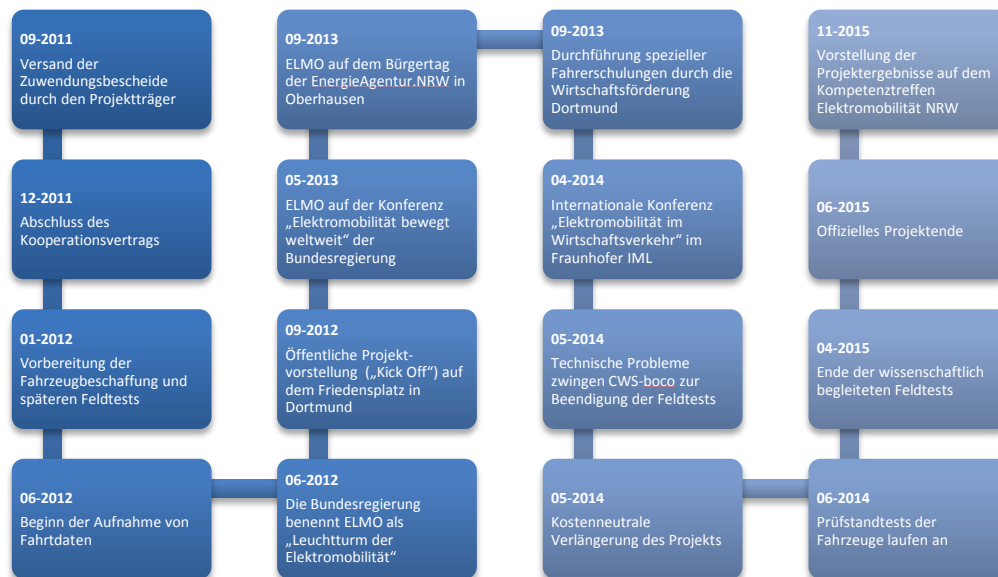


Abbildung 1: Ausgewählte Etappen des Forschungsvorhabens

1.4

Stand von Wissenschaft und Technik

1.4.1 Fraunhofer IML

Das Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML) wurde 1981 in Dortmund gegründet. Derzeit arbeiten dort etwa 200 Wissenschaftler, sowie rund 250 Doktoranden, Diplomanden und studentische Hilfskräfte ganzheitlich auf allen Feldern der inner- und außerbetrieblichen Logistik. Das Institut gliedert sich in die drei Bereiche „Materialflusssysteme“, „Unternehmenslogistik“ sowie „Logistik, Verkehr und Umwelt“. Die Leitung des Fraunhofer IML besteht aus Prof. Dr.-Ing. Uwe Clausen, Prof. Dr. Michael Henke und Prof. Dr. Michael ten Hompel (geschäftsführend). Jährlich werden 500 bis 600 Projekte durchgeführt. Zum Zeitpunkt der Beantragung von ELMO war das Fraunhofer IML über drei wichtige Projekte im Themenfeld Elektromobilität aktiv:

- **Studie zur Markteinschätzung und Implikation für Logistik & Produktion in Deutschland (Fraunhofer-internes Strategiepapier):** Für die interne Verwendung und zur Definition des aktuellen Forschungsstandes im Bereich Elektromobilität hat die Fraunhofer Allianz Verkehr eine Studie über Elektromobilität erstellt, die den aktuellen Stand der Wissenschaft widerspiegelt und die diversen Aktivitäten der Industrie, Forschung und Politik in diesem Themenkomplex darstellt. Als Mitglied der Allianz Verkehr hat das Fraunhofer IML hier einen großen Wissenszugewinn erhalten können. Die Studie wurde im Jahr 2010 erstellt und wird zum internen Gebrauch im Fraunhofer IML laufend aktualisiert.
- **Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität:** Im Rahmen der Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität konnte das Fraunhofer IML bereits zahlreiche Erfahrungen im Bereich Elektromobilität sammeln und sich ein Netzwerk in diesem Bereich aufbauen. Die Fraunhofer-Gesellschaft hat mit über 30 ihrer Institute das Projekt ganzheitlich bearbeitet. Von der Netzintegration über Batterieentwicklung und Fahrzeugtechnologien bis hin zu Businessmodellen werden im BMBF-geförderten Verbundprojekt „Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ branchenübergreifend Innovationen für die Elektromobilität von morgen entwickelt. Die Laufzeit des Projektes ist vom 01.04.2009 bis zum 30.06.2011. Abbildung 2 zeigt die vier Schwerpunkte (SP) der Systemforschung auf.

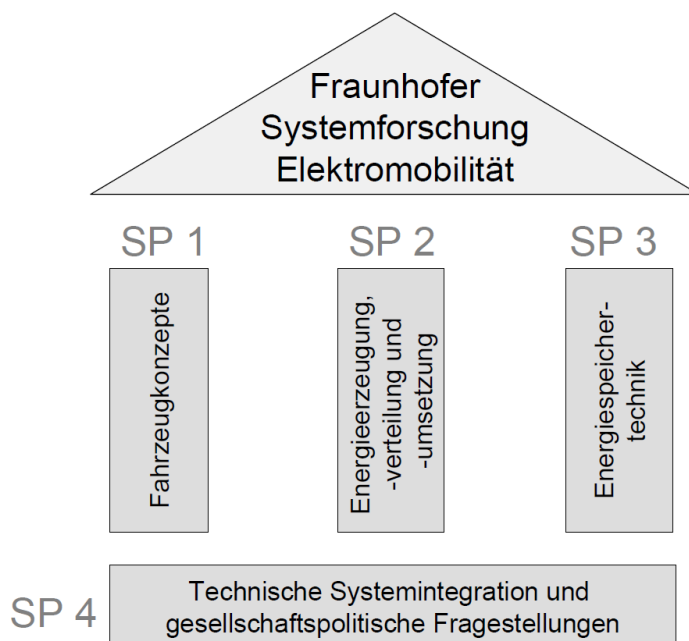


Abbildung 2: Säulendarstellung Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität

- **EffizienzCluster-Projekt „eBase4Mobility“:** Im Verbundprojekt des EffizienzClusters „eBase4Mobility“ wurden im Bereich Elektromobilität die Schaffung einer „eBase4Mobility“ als Lager, Lieferstützpunkt und Ladestation für neuartige Verkehre angestrebt. Es sollte ein flächendeckendes Netz für die Energieversorgung der Verkehre und für die Aufnahme des ruhenden Verkehrs alternierend zum Warenmanagement geschaffen werden und die Ausrüstung der Lieferstützpunkte mit Einrichtungen zur Energieerzeugung zur Verhinderung von Überlastungen im urbanen, elektrischen Verteilernetz geschaffen werden. Außerdem war die gemeinsame Nutzung der Infrastruktur für Wasserstoff-Hybrid- und Elektrofahrzeuge, speziell im Lieferverkehr

angestrebt. Das Projekt lief vom 01.07.2010 bis zum 30.06.2012 und wurde am 3. April 2014 offiziell als „German High Tech Champion“ im gleichnamigen Wettbewerbs der Fraunhofer-Gesellschaft ausgezeichnet.

Überblick über das
Forschungsprojekt „ELMO“

1.4.2 Busch-Jaeger Elektro GmbH (Busch-Jaeger Elektro)

Busch-Jaeger Elektro ist Marktführer auf dem Gebiet der Elektroinstallationstechnik mit über 130 Jahren Geschichte. Produziert wird an zwei Standorten in Deutschland. Das zur ABB-Gruppe gehörende Unternehmen beschäftigt rund 1.000 Mitarbeiter in Lüdenscheid und Aue. Exportiert wird in mehr als 60 Länder. Die Angebotspalette des Unternehmens umfasst 5.500 Artikel, vom kompletten Elektroinstallationsprogramm mit Schaltern, Steckdosen, Sondersteckvorrichtungen, Reiheneinbaugeräten, Dimmern und Bewegungsmeldern bis hin zu elektronischen High-End-Produkten für das Gebäudemanagement.

Busch-Jaeger Elektro hatte vor Initiierung von ELMO bisher noch keine Erfahrungen mit Elektromobilität gesammelt. Im Rahmen des Projektes wollte Busch-Jaeger Elektro Kompetenzen in Bezug auf die Elektromobilität sammeln und nachhaltig stärken, und zwar sowohl in Bezug auf Ladeinfrastruktur und Fahrzeugeinsatz:

- **Infrastruktur:** Busch-Jaeger Elektro plante, eine Schnellladung am Nutzfahrzeug vorzunehmen. Durch die verkürzte Ladedauer wird die mögliche Nutzungsdauer des Fahrzeugs maximiert, während die Batterie stärker belastet wird und potentiell eher ausgetauscht werden muss. Die wirtschaftlichen Vor- und Nachteile dieser Technik sollen analysiert und einem Praxistest unterzogen werden.
- **Fahrzeugeinsatz:** Für Zwischenwerksverkehre und Auslieferungsverkehre der Werke Lüdenscheid und Bad Berleburg-Aue sollte ein E-PKW angeschafft und in die lokale PKW-Flotte eingebunden werden, um für Botenfahrten (Stadtfahrten) sowie Pendelverkehre zwischen den genannten Standorten (Zwischenwerksverkehre) eingesetzt zu werden.

1.4.3 CWS-boco Deutschland GmbH (CWS-boco)

Die CWS-boco Deutschland GmbH ist eine Landesgesellschaft der CWS-boco International GmbH, einer hundertprozentigen Tochter der Duisburger Franz Haniel & Cie. GmbH. Im Geschäftsjahr 2009 erwirtschaftete CWS-boco International einen Gesamtumsatz von 750 Millionen Euro. In Deutschland beschäftigt CWS-boco rund 3.800 Mitarbeiter aus 43 Nationen. CWS und boco stehen für Fullservice im Bereich Waschaumhygiene und textile Serviceleistungen für Unternehmen aller Branchen und Größen. Es existiert ein flächendeckende Servicenetz mit bundesweit über 60 Standorten, 21 Wasch- bzw. Bearbeitungsbetrieben und über 600 Servicefahrzeugen.

Bis zum Start von ELMO hatte CWS-boco noch keine Erfahrungen mit Elektromobilität gesammelt. Im Rahmen des Projekts wollte CWS-boco daher Kompetenzen in Bezug auf die Elektromobilität sammeln und nachhaltig stärken. Dazu war ursprünglich angedacht, vier Touren zur Sammlung und Belieferung mit demselben Fahrzeug zu absolvieren und dafür eine Vollladung je Tour vorzunehmen.

1.4.4 TEDI Logistik GmbH & Co. KG (TEDI Logistik)

Überblick über das
Forschungsprojekt „ELMO“

TEDI ist ein Ein-Euro-Discounter. Seit Mai 2004 werden in den Filialen des in Dortmund ansässigen Unternehmens Produkte für den täglichen Bedarf, Geschenk- und Dekorationsartikel, Spiel- und Schreibwaren, aber auch Partyartikel, Heimwerkerbedarf und Drogerieartikel angeboten. TEDI bewegt sich in einem für Deutschland noch jungen, aber stetig wachsenden Marktsegment. TEDI weist mit über 1.000 Filialen eine hohe Filialdichte in Deutschland auf. Jeden zweiten Werktag wird eine neue Filiale eröffnet. Mit mindestens 150 Neueröffnungen im Jahr visiert TEDI mittelfristig 2.000 Filialen in Deutschland an. Bereits heute wird an europäischen, grenzübergreifenden Konzepten gearbeitet. Die 2005 gegründete TEDI Logistik GmbH ist Tochterunternehmen des Discounters TEDI und wickelt alle zur Filialversorgung erforderlichen Logistikprozesse ab.

TEDI Logistik hatte bis zum Start von ELMO noch keine Erfahrungen mit der Elektromobilität gesammelt. Im Rahmen dieses Projektes war geplant, dass TEDI Logistik Kompetenzen in Bezug auf die Elektromobilität sammelt und nachhaltig stärkt. Dazu plante TEDI Logistik eine Früh- und Spättour zur Belieferung von Filialen mit demselben Fahrzeug. Hierfür wurde eine Zwischenladung und eine Vollladung über Nacht vorgesehen, um die Touren mit der derzeitigen Reichweite darstellen zu können.

1.4.5 United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. OHG (UPS)

UPS wurde 1907 als Botendienst in den Vereinigten Staaten gegründet. Seither ist das Unternehmen zu einer weltweit tätigen Aktiengesellschaft herangewachsen, indem es sich auf das Ziel konzentriert, weltweiten Handelsverkehr zu ermöglichen. Heute ist UPS, oder United Parcel Service Inc., ein weltweit operierendes Unternehmen. Als größter Express- und Paketzustelldienst der Welt ist UPS gleichzeitig ein führender Anbieter spezialisierter Beförderungs-, Logistik-, Kapital- und E-Commerce-Serviceleistungen. Jeden Tag wird der Fluss von Gütern, Finanzen und Informationen in mehr als 200 Ländern und Gebieten abgewickelt.

UPS sammelte bereits erste Erfahrungen mit Elektrofahrzeugen, bspw. mit Fahrzeugen aus britischer Herstellung (Modec). Im Rahmen von ELMO plante UPS, Kompetenzen in Bezug auf die Elektromobilität zu erweitern und nachhaltig zu stärken. Ein besonderer Fokus sollte dabei auf dem Umbau von Altfahrzeugen liegen (Konversionsfahrzeuge). So sollte es der Umbau auf eine neue Antriebstechnik ermöglichen, die Fahrgestelle jener Fahrzeuge weiter zu nutzen, welche aufgrund der Laufleistung des Verbrennungsmotors oder aufgrund von Emissionsvorschriften nicht mehr genutzt werden konnten. Dieser Ansatz erschien UPS in der Projektantragsphase wirtschaftlich sinnvoll, da Fahrzeugchassis gegenüber reinen Antriebssträngen als wesentlich langlebiger gelten. Zugleich wurde erwartet, dass dies die Akzeptanz der Fahrer, die im gewohnten Fahrzeug ihren Dienst verrichten, positiv beeinflusst. Dazu sollte auch beitragen, dass angestrebt wurde, keine wesentlichen Anpassungen der Fahrzeugprozesse zur Be- und Entladung (mit Paketen) vorzunehmen. In ELMO sollten diese Konversionsfahrzeuge auch benutzt werden, einen Vergleich zum Erwerb von Neufahrzeugen aufzuzeigen.

1.4.6 Wirtschaftsförderung Dortmund

Die Wirtschaftsförderung Dortmund arbeitet als Moderator und Impulsgeber gemeinsam mit weiteren Akteuren aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik daran, die Zukunft des neuen Dortmund zu gestalten. Sie stützt sich dabei auf drei Geschäftsbereiche: Invest im Themenfeld Technologie, Branchen, Gründung und Standortentwicklung, das Dienstleistungszentrum Wirtschaft (DLZW) als zentraler Ansprechpartner zwischen Unternehmen und Verwaltung und dem Geschäftsbereich

Arbeit und Qualifizierung, der sich mit den Themen Nachwuchsförderung, Bildung und Beratungsprogramme befasst. Die Wirtschaftsförderung Dortmund versteht sich als Dienstleister und Partner für alle Unternehmen, die sich hier engagieren, expandieren, sich umstrukturieren, neu ansiedeln wollen oder den Kontakt zu neuen Technologien und Netzwerken suchen. Die Wirtschaftsförderung Dortmund ist als aktiver Mittler zwischen den Akteuren der Elektromobilität aktiv. Als Geschäftsstelle des „Lenkungskreises Elektromobilität“, dessen Vorsitz der Oberbürgermeister Dortmunds innehat, verbindet sie die Aktivitäten der Wirtschaft und Wissenschaft mit den Initiativen der verschiedenen Stadtämter und Verbände. Hierbei liegt ein besonderer Schwerpunkt auf dem Klimaschutzprogramm 2020 der Stadt Dortmund, in dem die Elektromobilität und die Energieeffizienz wichtige Handlungsfelder der Zukunft darstellen. In dem „Masterplan Energiewende“ wurden 2014 weitere Maßnahmen in den Bereichen Energie, Ressourcen, Mobilität, Klima und Qualifizierung in einem Beteiligungsprozess weiterentwickelt, wobei die Wirtschaftsverkehre eine besondere Bedeutung erhalten haben. Über die TechnologieZentrum Dortmund Management GmbH ist sie Partner der Prüfplattform für interoperable Mobilität TIE-IN, welche über Ziel2-Mittel gefördert wird und wesentlicher Bestandteil des NRW Kompetenzzentrums für Elektromobilität, Infrastruktur und Netze, einem von drei Kompetenzzentren im Masterplan Elektromobilität des Landes Nordrhein-Westfalen, ist. Zudem begleitet sie verschiedene Modellvorhaben, die bereits im Programm der Modellregion I durchgeführt werden. Im Rahmen dieses Projektes möchte die Wirtschaftsförderung die Erkenntnisse und Best Practices des Projektes aktiv unter den regionalen Unternehmen verbreiten und diese ebenfalls motivieren, ihre Verkehre zu elektromobilen Verkehren zu migrieren. Zudem wird sie den Benchmarking-Prozess im Vergleich zu anderen Regionen/Kommunen, die sich in Europa mit dem Projektthema befassen, begleiten. In Kooperation mit der Handwerkskammer Dortmund schafft sie zudem ein Qualifizierungsangebot für Serviceunternehmen, damit diese später eigenständig Wartungs- und Servicearbeiten für Elektrofahrzeuge erbringen können. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IML wird die Außendarstellung von Zwischenergebnissen und den Erfahrungen aus dem Projektablauf durchgeführt. Die Wirtschaftsförderung Dortmund leitet heute die zentrale Geschäftsstelle des kommunalen Lenkungskreises Elektromobilität der Stadt. Daher ist sie zum einen an zahlreichen Projekten zur Elektromobilität beteiligt oder unterstützt als Multiplikator vor Ort andere Projekte von Akteuren der Stadtgesellschaft die Elektromobilität. Als einzige Kommune ist sie Mitglied der Nationale Plattform Elektromobilität (NPE).

1.5 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen des Projekts erfolgten vielfältige Kooperationen, die sich in die folgenden Kategorien unterteilen lassen:

1. Kooperationen im Rahmen spezifischer Aufgaben einzelner Arbeitspakete, die nicht von einzelnen Partner geleistet werden konnten
2. Begleitforschung
3. Öffentlichkeitsarbeit
4. Wissens- und Erfahrungsaustausch mit der Fahrzeugindustrie
5. Wissens- und Erfahrungsaustausch mit anderen Projekten
6. Wissens- und Erfahrungsaustausch mit interessierten Kommunen

Kooperationen der ersten Kategorie werden in den jeweiligen Arbeitspaketen (Folgekapiel) genauer dargestellt.

1.5.1 Kooperationen

Die Partner des Projekts ELMO haben, einem Verbundprojekt entsprechend, in allen Arbeitspaketen eng zusammengearbeitet. Durch die Beteiligung der einzelnen Projektpartner in mehreren Arbeitspaketen sowie auch durch regelmäßige partner- und arbeitspaketübergreifende Projekttreffen, aber auch zahlreiche bilaterale Abstimmungen (physisch und virtuell) fand ein reger Austausch zwischen den Partnern statt. Exemplarisch zu nennen sind Kernteamsitzungen, die in regelmäßigen Abständen unter Einbeziehung von Vertretern aller Partner abgehalten wurden. Innerhalb der Arbeitspakete haben die Arbeiten unter Leitung eines vorab bestimmten AP-Leiters stattgefunden. Neben einer engen projektinternen Zusammenarbeit haben die Partner auch auf Leistungen und Know-how von Stellen außerhalb des Projekts zurückgegriffen. So haben im Verlauf des Projekts u.a. folgende Organisationen im Rahmen von F&E-Fremdleistungen als Unterbeauftragte sowie als Berater aus der Praxis ihre Expertise in das Projekt eingebracht:

- Driving Concept GmbH
- EMC Test NRW GmbH
- EMOSS B.V.
- FRAMO GmbH
- Handwerkskammer Dortmund
- NISSAN Europe
- TU Dortmund (ie³)
- Wilhelm Molitor GmbH & Co. KG

1.5.2 Begleitforschung

Die von der NOW GmbH koordinierten Begleitforschungsaktivitäten umfassen diverse Themenfelder. Die Konsortialführung (in ausgewählten Fällen auch Vertreter der Praxispartner) hat sich während der Projektlaufzeit bei jenen Aktivitäten eingebracht, die einen inhaltlichen Bezug zum Forschungsvorhaben aufwiesen. Entsprechend erfolgte die Teilnahme an Sitzungen der folgenden Arbeitsgruppen bzw. Themenfelder:

- E-Wirtschaftsverkehr
- Fahrzeuge und Antriebe
- Infrastruktur: Nicht-öffentliches Laden und Wirtschaftlichkeit
- Nutzerakzeptanz
- PKW und Nutzfahrzeuge
- Ökobilanz
- Stadtentwicklung und Verkehrsplanung

Auf Einladung der NOW GmbH wurden zum 5. Arbeitstreffen der AG „PKW und Nutzfahrzeuge“ am 25. Juni 2015 ausgewählte Zwischenergebnisse des Projekts vorgestellt.

Auf Ebene des Landes Nordrhein-Westfalen koordiniert die Projektleitstelle Modellregion Elektromobilität Rhein-Ruhr der EnergieAgentur.NRW die verschiedenen lokalen Forschungsprojekte zur Elektromobilität. Die zur Vernetzung der einzelnen Projekte angebotenen regelmäßigen Projektleitertreffen in Düsseldorf wurden seitens der Konsortialführung ebenfalls wahrgenommen. Auf Einladung der EnergieAgentur.NRW erfolgte auch hier eine Präsentation von Zwischenständen sowie vorläufiger Endergebnisse (17. August 2015). Für die Abschlusspräsentation wurde die Ergebniskonferenz der Modellregion Rhein-Ruhr am 4. November 2015 in Essen gewählt, die im Rahmen des 4. Kompetenztreffen „Elektromobilität in NRW“ abgehalten wurde.

1.5.3 Öffentlichkeitsarbeit

Das Projekt als Ganzes sowie die einzelnen Projektpartner nahmen an zahlreichen Veranstaltungen teil, um ihre Aktivitäten und Fahrzeuge einer breiteren Öffentlichkeit zu präsentieren. Neben der Darstellung des Projekts auf den jeweiligen Homepages und in Mitarbeiterzeitungen seien exemplarisch die folgenden Termine herausgehoben:

- Der Bürgertag der EnergieAgentur.NRW am 14. September 2013 in einem beliebten Einkaufszentrum Oberhausens unter dem Motto „Elektromobilität (er)fahrbarmachen“
- UPS präsentierte das Fahrzeug 65000 aus dem ELMO-Projekt jeweils eine Woche lang in Berlin (24. Bis 30. April 2013) und in Hannover (29. August bis 6. September 2013); das Fahrzeug 65004 wurde im Rahmen des Kongresses „Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr“ am 3. April 2014 vorgestellt.
- TEDi Logistik stellte gleichzeitig den ersten der beiden E-LKW und die werkseigene Photovoltaikanlage am 17.10.2013 offiziell der Öffentlichkeit vor.
- Am 27. März 2014 beteiligte sich das Fraunhofer IML am bundesweiten „Girls’ Day“, dem größte Berufsorientierungsprojekt für Schülerinnen, und illustriert den Berufsalltag eines Forschers anhand der Projektarbeit an ELMO.

Weitere Veranstaltungen sind in den Ausführungen zum Arbeitspaket 6.2 weiter unten aufgeführt.

1.5.4 Wissens- und Erfahrungsaustausch mit der Fahrzeugindustrie

Durch die Teilnahme an verschiedenen Konferenzen und Workshops konnte das Fraunhofer IML Kontakte zu den wesentlichen Akteuren auf dem Markt für E-Nutzfahrzeuge knüpfen, dazu zählen insbesondere

- Daimler AG, ein deutscher Anbieter von PKW und Nutzfahrzeugen,
- e-Wolf GmbH, ein Anbieter von PKW und leichten Nutzfahrzeugen (Konversionsfahrzeuge) auf Basis der Modellpalette von Nissan,
- E-Force AG, ein schweizerischer Anbieter mittelschwerer LKW (Konversionsfahrzeuge) auf Basis der Modellpalette von Iveco,

- EMOSS B.V., ein niederländischer Anbieter mittelschwerer LKW (Konversionsfahrzeuge) auf Basis der Modellpalette von DAF und MAN,
- FRAMO GmbH, ein deutscher Anbieter mittelschwerer bis schwerer LKW (Konversionsfahrzeuge) auf Basis der Modellpalette von MAN,
- HyTruck B.V., ein niederländischer Anbieter mittelschwerer LKW (Konversionsfahrzeuge) auf Basis der Modellpalette von DAF,
- MUSES SAS, ein französischer Anbieter leichter LKW (Serienfahrzeuge),
- Nissan Center Europe GmbH, ein im Bereich E-Mobilität aktiver OEM, der 2014 mit dem e-NV200 einen Transporter im Bereich 3,5 t vorgestellt hat.

 Überblick über das
 Forschungsprojekt „ELMO“

Eine besondere Rolle im Projekt spielten die niederländische EMOSS B.V. sowie die in Brühl ansässige Deutschland-Tochter der japanischen Nissan K.K. Der Projektpartner TEDI Logistik hat im Rahmen von ELMO bei der EMOSS B.V. zwei 12 t schwere Stückgut-LKW auf Basis eines MAN-Fahrgestells erworben und betrieben. Der zeitliche Versatz zwischen Erwerb des ersten und des zweiten Fahrzeugs wurde dazu genutzt, die Konstruktionspläne für das zweite Fahrzeug sowie die Wartungsprozesse zu optimieren. Die Nissan Center Europe GmbH hat dem Forschungsprojekt ein Exemplar des Kleintransporters e-NV200 für Benchmark- und EMV-Messungen (vgl. AP 6.1, Abschnitt 2.6.1.1) kostenlos zur Verfügung gestellt. Für diese Benchmarks wurde die EMC Test NRW GmbH aus Dortmund beauftragt, die mit ihrem Kompetenzzentrum für Elektromagnetische Verträglichkeit im TechnologieZentrumDortmund regelmäßig mit der Automobilindustrie kooperiert.

1.5.5 Wissens- und Erfahrungsaustausch mit anderen Projekten und Forschergruppen

Während der Projektlaufzeit nahmen Vertreter der Projektpartner an zahlreichen Netzwerktreffen und Workshops teil, um praktisches Erfahrungswissen sowie erste Projektergebnisse auszutauschen und Kontakte zu weiteren Forschergruppen zu knüpfen. Neben den im Abschnitt „Begleitforschung“ bereits aufgeführten Terminen sind insbesondere die folgenden Veranstaltungen zu nennen:

- Internationale Konferenz der Bundesregierung „Elektromobilität bewegt weltweit“, 27./28. Mai 2013 in Berlin,
- 7. FOM Forum Logistik „Elektromobilität in der Logistik“ am 9. Oktober 2013 in Duisburg,
- Internationale Konferenz „Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr“, 3. April 2014 in Dortmund,
- 27. Workshop der Task Force „Hybrid and Electric Vehicle Implementing Agreement“ der Internationalen Energieagentur, 19. März 2015 in Stuttgart,
- 2. „Smart City Logistik“ Kongress, 11./12. Juni 2015 in Jena.

Über diese und weitere Foren gelang eine intensive Vernetzung mit Elektromobilitätsexperten der Austriatech, des DLR, der FH Bielefeld, der FOM, der HAW Hamburg, dem Ökoinstitut, der RWTH Aachen, der TU Berlin, der TU Dortmund, der Universität Bielefeld sowie weiterer Forschungseinrichtungen.

1.5.6 Wissens- und Erfahrungsaustausch mit interessierten Kommunen

Überblick über das
Forschungsprojekt „ELMO“

Seit 2012 hat die Stadt Dortmund zusammen mit der EnergieAgentur.NRW den „interkommunalen Austausch Elektromobilität“ initiiert. Ziel ist es, zwei Mal im Jahr am runden Tisch mit anderen Kommunen sich zu Projekten und Erfahrungen auszutauschen. Dabei gilt es, auch neue erfolgversprechende Strategien zur Implementierung der Elektromobilität zu entwickeln.

Im Juni 2015 wurde unter der Leitung der TU Dortmund (ie³) und der iku – die Dialogestalter GmbH das Format „Kommunen beraten Kommunen“ gestartet. Aufgrund der Erfahrungen, dass es eine unüberschaubare Anzahl an Leitfäden zur Elektromobilität gibt, die in diesem Themenfeld Einsteiger eher verwirren als informieren, wurde dieser Workshop so konzipiert, dass Experten aus erfahrenen Kommunen die Fragen der Neulinge beantworten und Wege zur Umsetzung der Elektromobilität aufzeigen.

Daneben gibt es zahlreiche Anfragen aus deutschen Städten, Gemeinden und Regionen, die sich über den Stand der Elektromobilität (und deren Bezug zur Energiewende) informieren möchten. Auch Anfragen aus europäischen Projekten erreichen die AP-Leitung der Wirtschaftsförderung regelmäßig. Während des Projektzeitraums wird die Anzahl auf ca. 25-30 Kontakte geschätzt (u. a. München, Stuttgart, Hamburg, Rheine, Mannheim, Rotterdam, Oslo, Helsinki).

2 Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

2.1

AP 1: Marktrecherche verfügbarer Fahrzeugtypen

2.1.1 AP 1.1: Analyse Stand der Technik und Identifizierung von Entwicklungspotenzialen

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Alleinverantwortlicher Bearbeiter

Tabelle 1: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 1.1

Im Rahmen der Marktanalyse wurde durch das Fraunhofer IML eine Übersicht der zu Projektstart auf dem deutschen Markt verfügbaren batterieelektrischen Nutzfahrzeuge erstellt. Dabei wurden für jedes Modell (sofern angegeben) die folgenden Informationen auf Basis der öffentlich zugänglichen Herstellerdatenblätter recherchiert:

- Hersteller und Modellbezeichnung
- Gewichtsklasse
- Maximale Zahl an Mitfahrern
- Motortyp und –leistung
- Typ und Kapazität der Traktionsbatterien
- Ladetechnik
- Ladedauer für Vollladung der Traktionsbatterien
- Maximale Einsatzreichweite in Kilometern
- Maximal zulässige Zuladung
- Höchstgeschwindigkeit
- Besonderheiten bei der Fahrzeugzulassung (bspw. bei Importmodellen)
- Maximal bewältigbare Steigung
- Nettopreis

Inklusive der als Nutzfahrzeug einsetzbaren PKW konnte eine Gesamtheit von 77 batterieelektrischen Fahrzeugen ermittelt werden. Das Ergebnis dieser Marktrecherche ist diesem Bericht beigefügt. Bei 14 Modellen handelte es sich um für die nahe Zukunft angekündigte Vorserienmodelle oder reine Studien, so dass zum Zeitpunkt der Recherche 63 Fahrzeuge tatsächlich am Markt verfügbar waren. Fokussiert auf die für die Projektpartner besonders interessanten Fahrzeuge ab 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht reduzierte sich die Bandbreite verfügbarer Modelle auf 13 Fahrzeugtypen von sechs Herstellern. Unter diesen Herstellern befanden sich u.a. die

britischen Unternehmen Modec und Smith Electric Vehicles. Beide Unternehmen bieten aufgrund von Konkurs bzw. Verlagerung der Geschäftstätigkeit nach aktuellem Stand keine Fahrzeuge mehr in Deutschland an.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Für alle 77 Modelle wurde geprüft, inwiefern sie für typische im urbanen Raum vorkommende Anwendungsfälle in Frage kommen. Dabei wurden die folgenden Anforderungsprofile definiert:

- KEP stadtnah
- KEP städtisch
- KEP Kurier
- Taxi und Fahrdienste
- Car-Sharing städtisch
- Handwerkerdienste
- Frischewarebelieferung
- Entsorgung
- Kommunale Dienste
- Fußgängerzonenbelieferung
- Verteilerverkehr Stadt (Nahverkehr)
- Verteilerverkehr Stadt (Fernverkehr)
- Spezialisierte Bringdienste
- Baustellenverkehre

Die einzelnen Profile wurden anhand der Anforderungen hinsichtlich

- Fahrzeugklasse
- Zuladung
- Reichweite
- Geschwindigkeit
- mitzunehmende Personen
- Zeitliche Verfügbarkeit
- Sonderanforderungen

bewertet und dann auf die in Frage kommenden 77 Fahrzeugmodelle angewandt. Dabei stellte sich heraus, dass 13 Modelle für keine der spezifizierten Anwendungsfälle geeignet waren. In einer ersten Zuordnung wurden für die Partner die folgenden

Nutzungsprofile angenommen und durch einen rein quantitativen Abgleich der aufgeführten Leistungskennzahlen die Anzahl in Frage kommender Fahrzeugmodelle abgeleitet (vgl. Tabelle 2).

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Partner	Nutzerprofile	Anzahl Fahrzeuge
Busch-Jaeger Elektro	Car-Sharing städtisch	30
CWS-boco	KEP stadtnah	10
TEDi Logistik	Verteilerverkehr Stadt (Fernverkehr)	1
UPS	KEP stadtnah, KEP städtisch	0

Tabelle 2: Marktrecherche-Ergebnisse und Nutzerprofile für die Praxispartner

Kurzzusammenfassung AP 1.1

- Eine Analyse des Fraunhofer IML ergab eine strukturierte Übersicht am Markt verfügbarer E-Nutzfahrzeuge mit ihren wesentlichen technischen Attributen.
- Als Ergebnis lag nach Abschluss von AP 1.1 ein aktueller Stand der Elektromobilität in Hinblick auf die Nutzbarkeit für die verschiedenen, im urbanen Raum relevanten Einsatzzwecke vor. Der Detailgrad der Informationen orientierte sich dabei an den für Wirtschaftsverkehre wesentlichen Kennzahlen, die auch in der Fahrzeugauswahl bei den Praxispartnern genutzt werden.
- Die Analyseergebnisse bildeten die Ausgangsbasis sowohl für die Recherche von Best Practices und potenziellen Einsatzfeldern der E-Mobilität (AP 1.2) als auch für die konzeptionellen Arbeiten in AP 2.1. Aus diesem Fundus schöpften Fraunhofer IML und Wirtschaftsförderung Dortmund zudem im Rahmen des der Wissensdiffusion und Akzeptanzschaffung dienenden AP 2.2.

2.1.2 AP 1.2: Auffinden von Best Practices bzw. Anwendungsfällen

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Wirtschaftsförderung Dortmund	Alleinverantwortlicher Bearbeiter

Tabelle 3: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 1.2

Das Thema Elektromobilität ist bei vielen Unternehmen, die im Bereich Logistik tätig sind bzw. eigene Nutzfahrzeug-Fuhrparks betreiben, und bei den OEMs immer noch nicht angekommen. Dieses Informationsdefizit war zu Beginn des Projektes mit einer Marktrecherche zu den bestehenden Einsatzszenarien zu beseitigen. Die Anwendungsfälle im In- und Ausland sollten als Basis für die Mobilisierung identifiziert und analysiert werden.

Im Rahmen der Netzwerkarbeit wurden das Logistik-Cluster Dortmund, das entsprechende Netzwerk der wmr (Wirtschaftsförderung Metropole Ruhr), das Spitzencluster EffizienzCluster LogistikRuhr, spezifische Unternehmensverbände und Multiplikatoren eingebunden, um weitere Akteure und Interessenten für das Projekt zu mobilisieren. Die Anwenderseite reagierte sehr zurückhaltend bis skeptisch, da bei Antragstellung noch keine verlässlichen Erfahrungen aus anderen Regionen vorlagen. Lediglich internationale Logistikkonzerne hatten bereits im Ausland zielgerichtet nach detaillierten Informationen und Gesprächspartnern vor Ort gesucht und waren somit dem Thema durchaus positiv gegenüber aufgestellt.

Auf Seiten der Technologie sind hier insbesondere die TU Dortmund, die FH Dortmund und die Hochschule Bochum zu benennen, die sich bereits im Rahmen der Modellregion 1 in verschiedenen Projekten mit potenziellen Anwendungsfällen auch aus dem Wirtschaftsverkehr befasst haben. Beispielhaft sind hier das BOMobil der Hochschule Bochum oder die Typzulassung des E-LKWs der Firma AGV B.V. (NL), eingesetzt bei Meyer&Meyer in der Modellregion Berlin, anzuführen. Zahlreiche Akteure und Projekte der Elektromobilität aus der Region Dortmund/Bochum haben sich zum Netzwerk „Nachhaltige Mobilität“ zusammengeschlossen.

Anwendungsfälle für die Elektromobilität in Deutschland, die zu Projektbeginn betrachtet wurden, waren zumeist im Rahmen der Modellregion entstanden. Beispielhaft sind hier die Projekte zu nennen, in denen insbesondere die KEP-Dienste UPS, DHL oder DPD E-Lieferwagen, die umgebaut worden waren, eingesetzt haben. Mit der Ausnahme von UPS war zum Zeitpunkt der Antragstellung kein KEP-Dienst bereit, sich bei ELMO zu engagieren bzw. über die technischen Erfahrungen im Detail zu berichten. Diese Zurückhaltung wurde vom europäischen Vertriebsleiter von Smith Electric Vehicles Ltd. bestätigt, die als einziges Unternehmen 2011/12 Serienfahrzeuge liefern konnten.

Das internationale Best Practice Beispiel zu Antragsbeginn waren die Informationen, die verschiedene Anwender in London gemacht hatten und deren Erfahrungsberichte uns über Smit Electric Vehicles Ltd übermittelt wurden. Allerdings gab es in London im Vergleich zu Deutschland andere Vergünstigungen:

- City-Maut London: Elektrofahrzeuge müssen dort keine Maut bezahlen. (£ 11,50 pro Tag)
- Beschaffungszuschuss von £ 8.000 pro batterieelektrisches Fahrzeug
- Hohe Dieselpreise (Netto-Kraftstoffpreise 2011 im Schnitt 15 % höher als in Deutschland)
- Niedrige Stromkosten (Industriestrompreise 2011 im Schnitt 30 % geringer als in Deutschland)

Aus dem Elektromobilitätsmusterland Norwegen lagen lediglich Erfahrungen aus dem Bereich der E-PKW vor. Das Thema elektromobile Wirtschaftsverkehre wird dort nicht diskutiert, da vor Ort Servicestationen für entsprechende Fahrzeuge fehlen.

Ein weiteres Problem bei der Antragstellung von ELMO war die „weiße Landkarte“ Kundendienst. Für die Elektromobilität gab es 2012 mit der Ausnahme von Renault (für die Baureihe ZE) keine Vertragswerkstätten für Elektrofahrzeuge. In der Rhein-Ruhr-Region gab es die Unterstützung durch den Lehrstuhl für Elektromobilität der Hochschule Bochum. Die Handwerkskammer Dortmund plante, Mitgliedsbetriebe im Bereich der Hybrid- und Elektromobilitätstechnik zu schulen. Allerdings wurde 2012 erst der Fördermittelantrag für den Ausbau der Ausbildungswerkstatt gestellt (Zuwendungsbescheid: 2015). Die Wilhelm Molitor GmbH & Co. KG, die die konventionellen LKWs der TEDi Logistik wartete, war bereit, zwei Techniker entsprechend schulen zu lassen. Hier gab es auch eine enge Kooperation mit dem Hersteller EMOSS B.V.

Kurzzusammenfassung AP 1.2

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- Die Wirtschaftsförderung Dortmund konnte ihr nationales und internationales Netzwerk nutzen, um Anwendungsfälle für den Einsatz von E-Fahrzeugen in urbanen Räumen zu finden. Erfahrungen in Deutschland beschränkten sich auf eine überschaubare Zahl an Förderprojekten sowie Pilotversuche im KEP-Bereich.
- Im Rahmen der Aktivitäten von AP 1.2 wurden erste Kontakte zu Unternehmen mit mittelbarem Kontakt zu ELMO aufgebaut (z. B. potenziellen Serviceanbietern/Werkstätten vor Ort). Dabei wurde ergänzend auf den in AP 1.1 erarbeiteten Wissensfundus zurückgegriffen.
- Eine Auffälligkeit zeigte im Fall des in der Elektromobilität engagierten Staates Norwegen, der sich auf die Elektrifizierung des PKW-Verkehrs fokussiert; batterieelektrische Nutzfahrzeuge stehen aufgrund eines als unzureichend erachteten Servicenetzes nicht im Fokus.
- Im Falle Großbritanniens zeichnete sich ab, dass ein weiter Preisabstand zwischen Kraftstoff- und Strompreis sowie direkt zahlungswirksame Zuwendungen (Kaufanreize) bzw. emissionsabhängige Straßennutzungsgebühren (Londoner Stadtmaut) deutliche Kaufanreize für gewerbliche Nutzer darstellen.

2.2

AP 2: Abgleich Anforderungen mit einsetzbaren Fahrzeugtechnologien und Ladeinfrastruktur

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

2.2.1 AP 2.1: Konzeptentwicklung für Nutzfahrzeuge und deren spezifische Randbedingungen

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Lead; Unterstützung der Partner bei Fahrzeugauswahl und grobe Quantifizierung des geplanten Fahrzeugeinsatzes
Busch-Jaeger Elektro	Erarbeitung von Fahrzeugspezifikationen und Rahmenbedingungen des Fahrzeugeinsatzes
CWS-boco	Erarbeitung von Fahrzeugspezifikationen und Rahmenbedingungen des Fahrzeugeinsatzes
TEDi Logistik	Erarbeitung von Fahrzeugspezifikationen und Rahmenbedingungen des Fahrzeugeinsatzes; Ableitung von Anforderungen an Konversionsfahrzeug
UPS	Erarbeitung von Fahrzeugspezifikationen und Rahmenbedingungen des Fahrzeugeinsatzes; Ableitung von Anforderungen an Konversionsfahrzeug

Tabelle 4: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 2.1

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

Gemeinsam mit den Projektpartnern wurden die jeweiligen Ansprüche an die zu beschaffenden Fahrzeuge konkretisiert. Es stellte sich heraus, dass sich die logistischen Anforderungen der Projektpartner im Wesentlichen mit Hilfe der folgenden Musskriterien abbilden lassen:

- Anzahl beförderter Personen inkl. Fahrer
- Maximale Zuladung (Nutzlast)
- Maximale Einsatzreichweite
- Schnellladefähigkeit
- Logistische Spezialanforderungen

Tabelle 5 stellt die Ausprägungen der einzelnen Anforderungen pro Praxispartner dar.

Projektpartner	Personen	Zuladung	Reichweite	Schnellladung	Spezialanforderungen
Busch-Jaeger Elektro	5	100 kg	100 km	Ja	Leichtes Dienstgepäck
CWS-boco	1	2.000 kg	60 km	Nein	Hebebühne
TEDi Logistik	2	4.800 kg	200 km	Ja	Standheizung
UPS	1	3.500 kg	75 km	Nein	Fahrerkabine und Laderaum verbunden

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Tabelle 5: Musskriterien der Projektpartner als spezifische Randbedingungen der Fahrzeugauswahl

Einzelne Partner stellten als Beschaffungskriterium die Ausfallsicherheit und Zuverlässigkeit der beschafften E-Nutzfahrzeuge heraus. Da dieses Kriterium jedoch unmittelbar die Forschungsfrage des Projekts berührt und auch bei konventionellen Fahrzeugen keine Garantie der Mangelfreiheit besteht, konnte dies nicht als Anforderung an die Fahrzeuge definiert werden, sondern wurde als Erwartung der Praxispartner im Hinblick auf die Ergebnisse der Feldtests interpretiert.

Implizit als Kriterium enthalten ist der maximal akzeptierte spezifische Energiebedarf eines Fahrzeugs (gemessen in kWh/100 km), da jedes Fahrzeugmodell eine bestimmte Kapazität der Traktionsbatterien aufweist. Wie hoch der spezifische Energiebedarf und die folglich realisierbaren Reichweiten tatsächlich ausfallen, ist ebenfalls eine wesentliche Fragestellung des Projekts und dient ferner wesentlich dazu, die Fahrzeuge hinsichtlich ihrer Effizienz bewerten zu können. Daher wird dies in AP 6 wieder aufgegriffen.

Die in batterieelektrischen Nutzfahrzeugen verbauten Batteriepacks führen zu einer substanziellen Erhöhung des Fahrzeugleergewichts, reduzieren die maximale Zuladung (Nutzlast) und wirken daher in Relation zu konventionellen Vergleichsfahrzeugen benachteiligend. Der Partner CWS-boco musste bei der Suche nach geeigneten Fahrzeugen bspw. aus diesem Grund Elektrofahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 7,5 t als Substitutionsfahrzeuge für Dieselfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von 5,3 t betrachten, da nur in diesem Fall Ladevolumen und Nutzlast in etwa vergleichbar waren. Wenn eine Fahrzeugsubstitution schlussendlich dazu führt, dass die Fahrzeuggesamtgewichte höhere Fahrerlaubnisklassen erfordern, existiert für manchen Flottenbetreiber ein Hemmnis, batterieelektrische Nutzfahrzeuge in Betracht zu ziehen. Im Falle von CWS-boco wirkte sich diese Problematik anderweitig hemmend aus. Die Entscheidung, größere Fahrzeuge ins Kalkül zu ziehen, erforderte größere Investitionsvolumina (rd. 30 % höhere Einstandspreise der Fahrzeuge) und wurde seitens der Geschäftsleitung als größeres Risiko eingestuft. In der Folge beantragte CWS-boco im vierten Quartal 2011 eine Herabstufung des ursprünglich vorgesehenen Einsatzrahmens von 4 E-LKW auf 2 E-LKW.

Unter Anwendung der Musskriterien aus Tabelle 5 identifizierten die Praxispartner für ihre jeweiligen Einsatzzwecke die in Tabelle 6 aufgeführten Fahrzeuge als mögliche Beschaffungskandidaten.

Projektpartner	Geeignete E-Nutzfahrzeuge, Modell (Hersteller)		Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“
Busch-Jaeger Elektro	4U Green	(Zotye)	Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“
	Bluecar	(Pinifarina)	
	C-Zero	(Citroën)	
	C1ev'ie	(Electric Car Corporation)	
	eBox	(AC Propulsion)	
	iMiEV	(Mitsubishi)	
	Ion	(Peugeot)	
	Leaf SL	(Nissan)	
	Stromos	(German eCars)	
CWS-boco	Chassis Cab	(Modec)	
	Dropside	(Modec)	
	Maxity Electric	(Renault Trucks)	
	Newton Range 7.5 t	(Smith Electric Vehicles)	
	Newton Range 12 t	(Smith Electric Vehicles)	
	Newton Range 10 t	(Smith Electric Vehicles)	
	Edison Chassis Cab 4.6 t	(Smith Electric Vehicles)	
TEDi Logistik	Kein Fahrzeug		
UPS	Kein Fahrzeug		

Tabelle 6: Filterung des Ergebnisses der Marktrecherche durch die Kriterien der Partner

An dieser Stelle war im Projekt bereits erkennbar, dass kein im Rahmen der Fahrzeugrecherche identifiziertes Modell in der Lage sein würde, die spezifischen Bedürfnisse von TEDi Logistik und UPS zu erfüllen. Die Gründe waren dabei sehr unterschiedlich.

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: TEDi Logistik

Entscheidung für Konversionsfahrzeuge bei der TEDi Logistik

TEDi Logistik plante, die zu beschaffenden Fahrzeuge täglich zwei Belieferungstouren absolvieren zu lassen. Dabei sollte ein Fahrzeug am Morgen mit Ware beladen werden, diese bis zu Mittag an Filialen ausliefern und zum Lager zurückkehren. Während des Ent- und Beladeprozesses für die Filialbelieferung am Nachmittag sollten die Traktionsbatterien per Schnellladung nachgeladen werden. Da kein Fahrzeug die Anforderungen bezüglich Reichweite, Zuladung und Schnellladefähigkeit zugleich erfüllte, wurde seitens TEDi Logistik beschlossen, ein typisches Stückgutfahrzeug mit Dieselantrieb zu beschaffen (MAN TGL 12.250) und von einem geeigneten Unternehmen in ein batterieelektrisches Fahrzeug konvertieren zu lassen. Da der Beschaffungsvorgang bei TEDi Logistik durch finanzielle Schwierigkeiten beim beauftragten Umbauunternehmen EMOSS B.V. mehrfach verzögert wurde, konnten die ersten Winter-Erfahrungen der übrigen Projektpartner in die Konzeptentwicklung einbezogen werden. Als Folge dessen wurde das Anforderungskriterium „konventionelle Standheizung“ für in Frage kommende Fahrzeuge aufgenommen, da elektrische Heizspiralen bei den Partnern zu deutlichen Reichweiteneinbußen führten.

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: UPS

Entscheidung für Konversionsfahrzeuge bei UPS

UPS forderte von den im Zustellbetrieb eingesetzten Fahrzeugen, dass der Fahrer den Laderaum betreten kann, ohne das Fahrzeug verlassen zu müssen. Zu diesem Zweck müssen Laderaum und Fahrerkabine mit einem Durchgang verbunden sein, was auf

kein Fahrzeug aus AP 1.1 zutrifft. Dies wurde bereits in der Antragsphase von UPS auf Basis der vorhandenen Vorerfahrungen im Bereich Elektromobilität antizipiert. Entsprechend wurde aus pragmatischen Gründen entschieden, bestehende Altfahrzeuge des Typs Grumman Olson P80 von der EFA-S Elektrofahrzeuge Schwaben GmbH in Zell in batterieelektrische Fahrzeuge konvertieren zu lassen (typische Laufleistung dieser Altfahrzeuge: 500.000-700.000 km). Dieses Unternehmen hatte bereits im Rahmen ähnlicher Vorhaben für UPS Umbaufahrzeuge P80-E konstruiert. Dadurch entfiel für UPS sowohl ein längerer Beschaffungsvorlauf und nötige Umbaumaßnahmen für Durchgangskonzept und UPS-spezifischer Gestaltung der Fahrerkabine.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Für spätere Vergleichsbetrachtungen und Wirtschaftlichkeitsanalysen wurden mit den Partnern konventionell getriebene Vergleichsfahrzeuge (mit Otto- bzw. Dieselmotor) abgestimmt, die Tabelle 7 darstellt. Für TEDi Logistik und UPS, die sich für Konversionsfahrzeuge entschieden, stellen logischerweise die Fahrzeuge im Vor-Umbau-Zustand ein optimales Vergleichsmodell dar, da Fahrgestell und Aufbauten nach der Elektrifizierung weitgehend erhalten blieben.

Projektpartner	Geeignete Vergleichsfahrzeuge mit Verbrennungsmotor
Busch-Jaeger Elektro	Citroën C1, VW Polo, VW Golf
CWS-boco	Mercedes Sprinter 513 CDI
TEDi Logistik	MAN TGL 12.250
UPS	Mercedes Vario 515 D, Grumman Olson P80

Tabelle 7: Übersicht möglicher konventionell getriebener Vergleichsfahrzeuge

Kurzzusammenfassung AP 2.1

- In AP 2.1 wurden Anforderungen, Wünsche und Bedürfnisse der Projektpartner an Elektronutzfahrzeuge aufgenommen und mit den Ergebnissen von AP 1 abgeglichen. Die oben aufgeführten Tabellen zeigen die Ergebnisse der Filterung der Datenbasis des Fraunhofer IML unter Anwendung der von den verschiedenen Partnern gelieferten Spezifika.
- Als Ergebnis des Abgleichs entschieden die Partner Busch-Jaeger Elektro und CWS-boco, für den geplanten Einsatzzweck Serienfahrzeuge zu beschaffen.
- Im Rahmen von AP 2.1 erkannte CWS-boco, dass die ursprünglich ins Auge gefassten Fahrzeuge vom Typ „Smith Edison“ hinsichtlich Nutzlast und Ladevolumen für den Einsatzzweck ungeeignet waren. Daher wurde das nächst größere Fahrzeug „Smith Newton“ gewählt. Aufgrund des damit verbundenen höheren wirtschaftlichen Risikos entschied die Geschäftsleitung von CWS-boco, den Umfang der Fahrzeugbeschaffung von den ursprünglich beantragten 4 Fahrzeugen auf 2 Fahrzeuge zu reduzieren. Ein entsprechender Änderungsantrag wurde beim Projektträger gestellt und akzeptiert.
- TEDi Logistik entschied auf Grundlage der Beratungen mit dem Fraunhofer IML sowie nach Verkaufsgesprächen mit Smith Electric Vehicles, Konversionsfahrzeuge auf Basis des MAN TGL 12.250 zu beschaffen.
- Für UPS konnte die Gegenüberstellung von Fahrzeugeinsatzkonzept und technischem Stand das vorhandene Erfahrungswissen und die bereits in der Antragsphase getroffene Entscheidung, Konversionsfahrzeuge zu nutzen, bestätigen.

- Die Zusammenarbeit mit den Partnern bei der Fahrzeugvorauswahl nutzte das Fraunhofer IML, um die für die Partner relevanten Parameter des Fahrzeugeinsatzes zu definieren, die später in den Aufbau des Bewertungsmodells einfließen sollten (AP 3).

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

2.2.2 AP 2.2 Übertragung Know-how zu assoziierten und interessierten Unternehmen

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Wirtschaftsförderung Dortmund	Lead
Fraunhofer IML	Fachliche Unterstützung

Tabelle 8: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 1.1

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Wirtschaftsförderung

Das Interesse der Industrie an Elektromobilität ist als hoch anzusehen. Nicht alle interessierten Unternehmen konnten sich entscheiden, am Projekt mit eigenen Fahrzeugen teilzunehmen. Eine Anschaffung in naher Zukunft wird jedoch in Erwägung gezogen. Gleiches gilt auch für Kommunen, Land und Bund sowie der Wissenschaft. So wurde in einem ersten Schritt das Interesse, welches insbesondere von Seiten der Forschung und Anwendung im Bereich der elektromobilen Wirtschaftsverkehre geäußert wurde, bei der Auftaktpräsentation des Projekts ELMO berücksichtigt. Zwei Angebote entstanden in diesem Zusammenhang:

- Dialog E: eine Transferveranstaltung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft mit dem Schwerpunkt Elektromobilität, die 2012 in Kooperation mit dem Verein „Der Innovationsstandort e.V.“ organisiert wurde. Dieser Verein hat sich der Förderung der Innovationskultur und dem Wissenstransfer zwischen Hochschulen und Wirtschaft in der Region Dortmund, Hamm und Unna sowie Münster verschrieben, um Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit der Region zu stärken. Die Folgeveranstaltung fand im Herbst 2013 im Rathaus Dortmund statt.
- Elektromobile Wirtschaftsverkehre: Auftaktkonferenz zum Projektstart (September 2012) sowie die Zwischenkonferenz am Fraunhofer IML im April 2014. Kennzeichnend für beide Veranstaltungen war die Tatsache, dass die Nachfrage auch überregional zunahm, da das Thema Elektromobilität noch vergleichsweise neu war.

Eine weitere Veranstaltung, die 2012 zusammen mit der EnergieAgentur.NRW (Netzwerk Alternative Antriebe) ins Leben gerufen wurde, war der „Interkommunale Erfahrungsaustausch NRW“, welcher zwei Mal pro Jahr mit wechselnden Standorten in NRW stattfinden sollte, aber in der Regel in Dortmund verbleibt. Ziel ist der Informationsaustausch zu verschiedenen Projekten und Aktivitäten innerhalb der verschiedenen NRW-Kommunen und –kreise. Daraus werden unregelmäßig auch Workshops für spezielle Zielgruppen wie den Verkehrsplanern auf Nachfrage abgeleitet.

Die geplante Delegationsreise zu europäischen Demonstrationszentralen zur Elektromobilität wie London oder den Niederlanden wurde mangels Interesse nicht durchgeführt. Stattdessen fand ein intensiver Austausch auf den verschiedenen Plattformen der NOW oder des difu statt. Die Ergebnisse sind in den zahlreichen Leitfäden dargestellt. Besonders ist darauf hinzuweisen, dass es eine sehr enge Kooperation mit dem Projekt „metropol-E“ gegeben hat. Ein Ergebnis ist der Beschluss

des Verwaltungsvorstands, den kommunalen Fuhrpark zu zentralisieren und dann Schritt für Schritt zu elektrifizieren. Das Segment der leichten Nutzfahrzeuge wird ab 2016 angegangen.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Kurzzusammenfassung AP 2.2

- Ziel dieses Arbeitspakets war es, das bestehende Netzwerk aus interessierten Unternehmen stetig zu erweitern und einen Wissenstransfer auch im Rahmen öffentlicher Veranstaltungen zu leisten, um die Marktpräsenz der Elektromobilität zu stärken.
- Mithilfe lokaler Vereine, Hochschulen, der EnergieAgentur.NRW und dem Fraunhofer IML gelang es, auf verschiedenen öffentlichen Veranstaltungen aktuelle Nutzer und Anbieter gewerblicher Elektromobilität und interessierte Unternehmen zusammenzubringen und praxisorientiertes Wissen aus ELMO und anderen Projekten zu verbreiten.
- Im Rahmen verschiedener Forschungsplattformen erfolgte ein Wissenstransfer aus ELMO hin zu verschiedenen Institutionen (NOW, difu, etc.). Damit wurde ein Beitrag zu verschiedenen öffentlich verfügbaren Leitfäden zur gewerblichen Elektromobilität geleistet.¹
- Ein besonders intensiver Wissensaustausch gelang mit dem Förderprojekt „metropol-E“, da die Wirtschaftsförderung Dortmund dort ebenfalls maßgeblich mitgewirkt hat.

¹ Als Beispiel sei die difu-Publikation „Elektromobilität im städtischen Wirtschaftsverkehr – Chancen und Handlungsspielräume in den Kommunen“ genannt, vgl. <http://www.difu.de/publikationen/2014/elektromobilitaet-im-staedtischen-wirtschaftsverkehr.html>, abgerufen am 24.11.2015, 15:00 Uhr MEZ

2.3 AP 3: Aufbau eines Bewertungsmodells

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Hauptverantwortlich für das Modell
Busch-Jaeger Elektro	Lieferung von Szenariodaten zur Modellparametrierung: aktuelle und erwartete Kosten (Strom, Kraftstoff), Vergleichsfahrzeug, mittlere Kraftstoffverbräuche von Benchmarkfahrzeugen aus der eigenen Flotte
CWS-boco	
TEDi Logistik	
UPS	

Tabelle 9: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 3

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

Das Fraunhofer IML konnte auf Grundlage der Arbeiten aus AP 1 und AP 2, insbesondere aber durch den Austausch mit den Praxispartnern die wesentlichen Parameter zur quantitativen Bewertung von Nutzfahrzeugen ermitteln und daraus ein Bewertungsmodell aufbauen und parametrieren. Dieses Bewertungsmodell wurde vorrangig zu zwei Zwecken eingesetzt:

- **Fahrzeugbeschaffung:** Das Modell wird auf der Grundlage von Schätzdaten der Partner ex ante angewendet, um die verschiedenen in Frage kommenden Modelle auf Wirtschaftlichkeit überprüfen zu können und so Fehlinvestitionen im E-Fuhrpark zu vermeiden.
- **Effizienzkontrolle:** Bei Anwendung entlang der Feldtests gestattet das Modell einen kontinuierlichen Benchmark, da nun anstelle der Schätzdaten der Fahrzeugbeschaffung Ist-Daten für die Bewertung einzelner Fahrzeuge genutzt werden können.

Zur Anwendung des Modells in der **Fahrzeugbeschaffung** sind die folgenden Eingabeinformationen erforderlich:

- **Fahrzeugeinsatzzweck:** Der Einsatzkontext definiert die konkreten quantitativen und qualitativen Anforderungen an die zu beschaffenden Fahrzeuge. Zur Konkretisierung werden die in AP 2 erarbeiteten Kriterien verwendet.
- **Fahrzeugkandidaten:** Die Grundmenge aller Fahrzeuge, die für die Beschaffung in Frage kommen. Ohne besondere Vorfilterung entspricht diese dem Ergebnis von AP 1.1. Für jeden Fahrzeugkandidaten benötigt das Modell den Erfüllungsgrad bzw. die Ausprägung der Kriterien in AP 2 erarbeiteten Kriterien.
- **Kostenprojektionen:** Eine Einschätzung der Praxispartner zur Höhe und Entwicklung entscheidungsrelevanter Kostenarten (Anschaffungskosten, Finanzierungskosten, Kosten für elektrische Energie bzw. Kraftstoff, CO₂-Kosten, Wartungskosten, Steuern, Abschreibung/Wertverlust) sowie geschätzte Teuerungsraten der Energiekosten.

- **Nutzungsdauer und -intensität:** Die Anzahl der geplanten produktiven Arbeitstage (Intensität) sowie der Planungshorizont in Jahren in denen das Fahrzeug produktiv genutzt werden soll.
- **Vergleichsfahrzeug:** Ein Fahrzeug, das auf Basis der in AP 2 erarbeiteten Kriterien genau charakterisiert ist und zur Beurteilung der relativen Vorteilhaftigkeit herangezogen wird. Dabei kann es sich sowohl um ein reales Modell als auch um ein fiktives, auf Grundlage von Flottendurchschnittswerten beschriebenes Nutzfahrzeug handeln.

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Anhand dieser Eingabedaten ermittelt das Modell zunächst durch Abgleich von Fahrzeugkandidaten und Einsatzzweck die Menge technisch geeigneter E-Fahrzeuge. Sämtliche als technisch geeignet eingestuft Fahrzeuge werden anschließend über den Nutzungszeitraum im Rahmen einer jährlichen Kostenvergleichsrechnung dem Benchmarkfahrzeug gegenübergestellt. Damit qualifiziert das Modell alle für den jeweiligen Anwendungszweck eines Praxispartners potenziell geeigneten E-Nutzfahrzeuge und bestimmt pro Fahrzeug:

- die zu erwartende Gesamtkostendifferenz jedes E-Fahrzeugs bezogen auf das Benchmarkfahrzeug und
- den implizit unterstellte Auslastungsgrad der Fahrzeugkapazität (Reichweite).

In einem letzten Schritt eliminiert das Modell eventuell vorhandene ökonomisch dominierte Alternativen, so dass eine Übersicht wirtschaftlich für die Beschaffung in Frage kommender, in Relation zum konventionell getriebenen Vergleichsfahrzeug wirtschaftlich für den geplanten Einsatzzweck nutzbarer E-Fahrzeuge übrig bleibt. Abbildung 3 illustriert die Funktionsweise des Modells im Beschaffungsfall. Die Modellgrenzen sind durch gestrichelte Linien beschrieben.

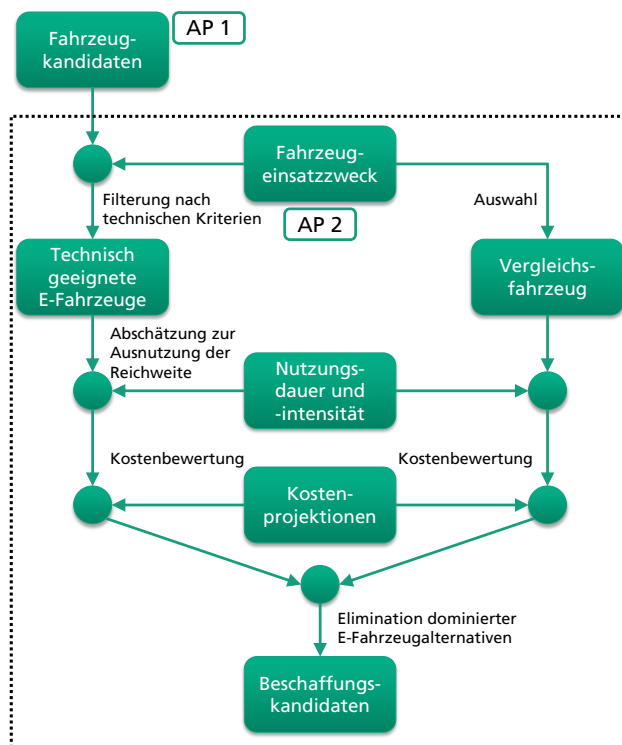


Abbildung 3: Funktionsschema des Bewertungsmodells für den Fall der Fahrzeugbeschaffung

Um das Modell zur Effizienzbewertung und zum Benchmark der eingesetzten Fahrzeuge im Rahmen der Feldtests nutzen zu können, müssen die jeweils im Flottenversuch bestimmten Realdaten die zuvor (Beschaffungsentscheidung) verwendeten Plandaten ersetzen:

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

- **Fahrzeugeinsatzzweck:** Anstelle geplanter Einsatzzeckdaten können die realisierten Fahr-, Ladedaten, Fahrstromverbräuche etc. genutzt werden.
- **Eingesetzte E-Fahrzeuge:** Anstelle von Beschaffungskandidaten werden hier die tatsächlich im Einsatz befindlichen Fahrzeuge bewertet.
- **Kostenprojektionen:** Die in der Beschaffung angesetzten Kostenarten werden, soweit dies möglich und sinnvoll ist, durch echte Kostendaten ersetzt. Dies betrifft vor allem die Kosten pro Liter Dieselmotorkraftstoff, die zur Ermittlung des fiktiven Kraftstoffverbrauchs des Vergleichsfahrzeugs benötigt werden.
- **Nutzungsdauer und -intensität:** Anhand einer Auswertung der realisierten Fahrdaten kann im Modell nun ein Abgleich von Plan- und Ist-Auslastung der Fahrzeuge sowie von Plan- und Ist-Kilometerleistung stattfinden.
- **Vergleichsfahrzeug:** Ein konventionelles Fahrzeug wurde im Kontext der Beschaffung für interne Benchmarkzwecke bereits definiert.

Abbildung 4 illustriert konzeptionell, wie das Modell in die in AP 6 vorzunehmende Bewertung der Feldtest unterstützte.

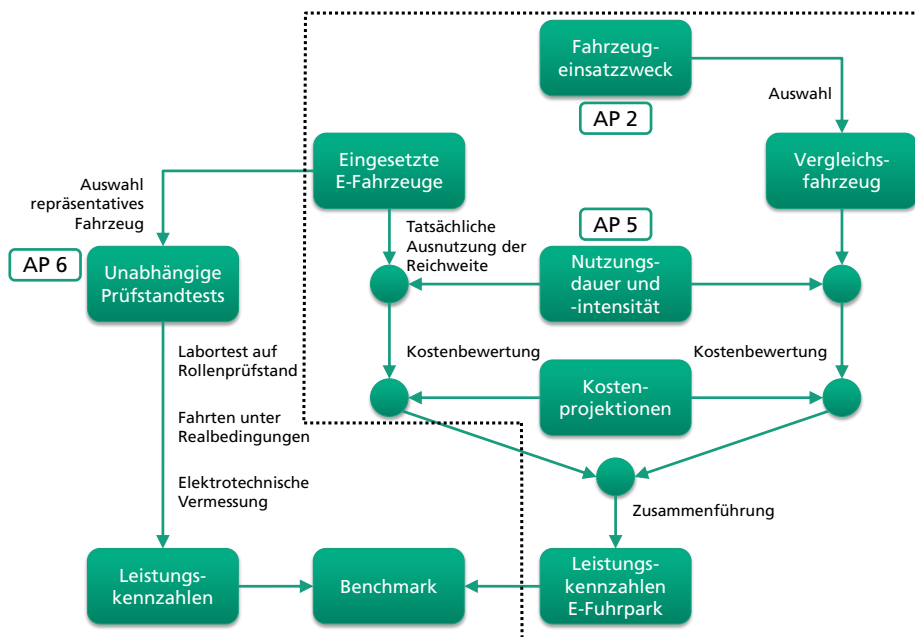


Abbildung 4: Funktionsschema des Bewertungsmodells für den Fall der Effizienzkontrolle mithilfe interner und externer Benchmarkfahrzeuge

Kurzzusammenfassung AP 3

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- Das Fraunhofer IML war durch die Datenlieferungen aller Partner und anknüpfend an Ergebnisse aus AP 1.1 und AP 2.1 in der Lage, ein Bewertungsmodell aufzubauen und für jeden einzelnen Projektpartner zu parametrieren.
- Das Modell fußt im Kern auf einer gleitenden Kostenvergleichsrechnung, die Fahrstrom- und Kraftstoffverbrauch gegenüberstellt.
- Die Partner nutzten diese Ergebnisse für ihren Beschaffungsprozess, um die Beschaffung ungeeigneter oder unwirtschaftlicher Fahrzeuge zu vermeiden. So entschied sich bspw. TEDI Logistik gegen ein Serienfahrzeug von Smith Electric Vehicles und für ein Konversionsfahrzeug. Seitens Busch-Jaeger Elektro wurde das im Projekt ELMO beschaffte Fahrzeug nach Ablauf der Leasingdauer ex-post analysiert und negativ bewertet. Die Beschaffung eines geeigneten Nachfolgefahrzeugs wurde dann auf Basis des Modells und des vor Ort gesammelten Erfahrungswissen getroffen.
- Für das Fraunhofer IML stellt das Modell das Herzstück der Analysen dar, die im Kontext der wissenschaftlichen Feldtestbegleitung in AP 6 zu leisten waren.

2.4

AP 4: Definition von Umfang und regionaler Gebietsstruktur der Feldtests

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Lead
Busch-Jaeger Elektro	Planung des Fahrzeugeinsatzes (Fahrziele bzw. Touren- und Servicegebiete) und der Ladevorgänge durch Identifikation geeigneter Einsatzgebiete und Definition der relevanten Betriebsabläufe zur Fahrzeugnutzung
CWS-boco	
TEDi Logistik	
UPS	

Tabelle 10: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 4

Das in AP 3 entwickelte Bewertungsmodell wurde durch das Fraunhofer IML den Partnern für die vorbereitenden Arbeiten der Fahrzeugeinsatzplanung übergeben. So war es den Praxispartnern möglich, wesentliche technisch-ökonomische Aspekte für die Planung der Feldtest zugrunde zu legen. Die regionale Definition der Tests wurde dabei von zwei durch das Antriebsprinzip diktierte Restriktionen maßgeblich bestimmt:

- Die im typischen Fahrzeugbetrieb **maximal erwartbare Fahrzeugreichweite**. Vereinfacht ausgedrückt entspricht diese Reichweite der Hälfte der maximal möglichen Stichstrecke eines ohne Zwischenladung verkehrenden Fahrzeugs.
- Die fahrzeugseitig und durch die Ladeinfrastruktur vorgegebenen technischen **Anforderungen zur Teil- bzw. Vollladung der Traktionsbatterien**. Die Durchführung von Ladevorgängen benötigt zwischen 20-30 Minuten (Schnellladung) sowie 5-8 Stunden (Schonladung), je nach konkret eingesetztem Fahrzeugtyp und Ladestand der Traktionsbatterie. Während des Ladevorgangs stehen die Fahrzeuge nur sehr eingeschränkt für eine produktive Verwendung bereit, so dass regelmäßige Ladevorgänge als notwendige Stillstandszeiten eingeplant werden mussten.

Seitens der Partner wurden für den Fahrzeugeinsatz im Feldtest die folgenden Rahmenbedingungen definiert:

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Busch-Jaeger Elektro

2.4.1 Busch-Jaeger Elektro

Das Fahrzeug (Citroën C-Zero, vgl. Abbildung 5) war für die Nutzung durch Mitarbeiter von Busch-Jaeger Elektro vorgesehen, um innerhalb Lüdenscheids (vgl. Abbildung 6) bzw. innerhalb von Bad Berleburg-Aue (vgl. Abbildung 7) Dienst-/Botenfahrten erledigen sowie um als interner Kurier eilige Teile und Dokumente zwischen den genannten Werksstandorten transportieren zu können.



Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Abbildung 5: Von Busch-Jaeger Elektro eingesetztes E-Fahrzeug vom Typ Citroën C Zero (© Busch-Jaeger Elektro 2012).

Das Fahrzeug wurde damit in den bereits vorhandenen Fahrzeugpool (an konventionell getriebenen) PKW eingebunden. Dieser wird von einer Vielzahl an Mitarbeitern unterschiedlicher Abteilungen genutzt, Rundtouren wie bei Lieferdiensten existieren nicht, so dass es im Vorfeld weder erforderlich noch möglich war, für das Fahrzeug feste Servicegebiete zu definieren. Der räumliche Einsatz des E-PKW war damit rein technisch abgegrenzt:

- Dienst-/Kurierfahrten im Stadtverkehr vom Standort Lüdenscheid bzw. Bad Berleburg-Aue in die jeweils nähere städtische Umgebung soweit durch die Fahrzeugreichweite abgedeckt.
- Dienst-/Kurierfahrten im Zwischenwerksverkehr zwischen den Niederlassungen in Lüdenscheid (Abbildung 6) und Bad Berleburg-Aue (Abbildung 7) ohne Abweichung von der zeitlich kürzesten Route, die mit 90 km die maximale Fahrzeugreichweite bereits weitgehend erschöpft.

 Eingehende Darstellung des
 Forschungsprojekts „ELMO“



Abbildung 6: Niederlassung von Busch-Jaeger Elektro in 58513 Lüdenscheid, Freisenbergstraße 2

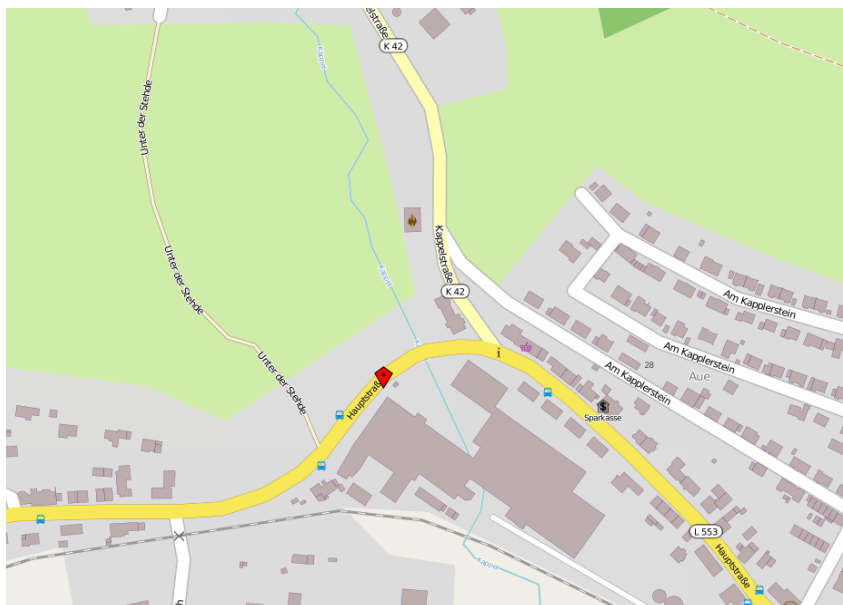


Abbildung 7: Niederlassung von Busch-Jaeger Elektro in 57319 Bad Berleburg-Aue, Hauptstr. 49

2.4.2 CWS-boco

Die zwei Fahrzeuge vom Typ Smith Newton (vgl. Abbildung 8) wurden auf die Wäschereistandorte in Bochum (vgl. Abbildung 9) und Solingen (vgl. Abbildung 10) aufgeteilt und in die vor Ort bereits existierenden Flotten aus konventionell angetriebenen Fahrzeugen eingebunden.



Abbildung 8: Von CWS-boco eingesetzter E-Fahrzeugtyp Smith Newton (© CWS-boco 2012).

Die folgenden Kriterien wurden für die Auswahl der Standorte und der dort zu bedienenden Tourgebiete herangezogen:

- Standorttopologie: Bochum ist weitgehend durch Flachland geprägt, während in Solingen Hügelland dominiert. Dadurch plante CWS-boco, im Rahmen von Belieferungstouren die relative Effizienz des batterieelektrischen Antriebs und den Nutzen von Bremsenergieerückgewinnungssystemen (Rekuperationssystemen) im Vergleich zu Verbrennungsmotoren bestimmen zu können.
- Technische Standorteignung: Beide Standorte verfügten über die Möglichkeit, einen Ladepunkt im Außenbereich zu installieren und einen Parkplatz dem E-Nutzfahrzeug widmen zu können. Da beide Standorte auch über eine Produktion (Wäscherei) verfügen und nicht reine Fahrzeugdepots darstellen, konnten die Ladepunkte in das bestehende elektrische Netz integriert werden. Ein aufwändiger und kostenintensiver Anschluss des Standorts an eine höhere Netzebene konnte damit vermieden werden.
- Logistische Standorteignung: Beide Standorte boten Tourgebiete, die für die ausgewählten Fahrzeuge vom Typ Smith Newton als geeignet eingestuft wurden. Gegenüber der Standard-Tourlänge von 96 km wählte CWS-boco für beide E-Fahrzeuge im Durchschnitt 60 km lange Touren mit entsprechend erhöhter Stoppdichte. Die mitgeführte Leistungsreserve sollte ungeplante bzw. vorzeitig Fahrzeugausfälle aufgrund entladener Traktionsbatterien vermeiden und jederzeit eine sichere Rückkehr zum Standort garantieren. Zudem sollten die Fahrzeuge jede Tour mit einer Restbatteriekapazität von mindestens 10 % beenden, um einer schädigenden Tiefenentladung der Batterien vorzubeugen.

- Organisatorische Standorteignung: An beiden Standorten fanden sich Kraftfahrer, die bereit waren, für die Dauer des Flottenversuchs anstelle eines Fahrzeugs mit konventionellem Antrieb ein batterieelektrisches Fahrzeug für ihre Belieferungstouren zu nutzen.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Die Einsatzfahrten der Fahrzeuge waren zwischen 6 Uhr morgens und 16 Uhr nachmittags geplant und entsprachen damit dem üblichen Nutzungszeitfenster der vorhandenen Fahrzeugflotte. Es wurde beschlossen, die Fahrzeuge im Einschichtbetrieb einzusetzen, d. h. nach der Rückkehr ins Depot die Traktionsbatterien per Schonladung bis zum nächsten Einsatz wieder vollständig zu laden.



Abbildung 9: Niederlassung von CWS-boco, Auf dem Anger 1, 44805 Bochum

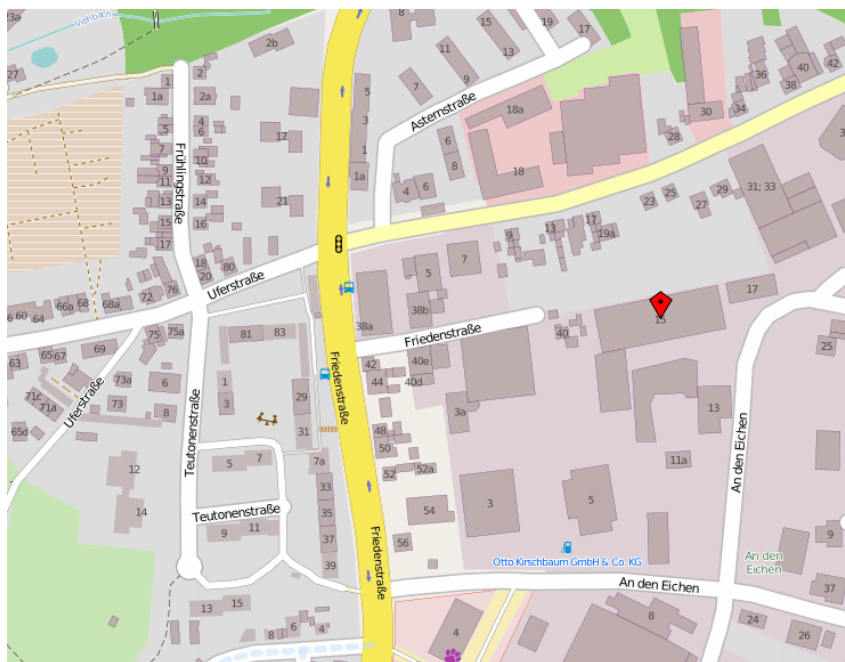


Abbildung 10: Niederlassung von CWS-boco, An den Eichen 15, 42699 Solingen

2.4.3 TEDI Logistik

Im Laufe des Projektes beauftragte die TEDI Logistik das niederländische Unternehmen EMOSS B.V., zwei LKW vom Typ MAN TGL 12.250 zu batterieelektrischen Fahrzeugen zu konvertieren (vgl. Abbildung 11).



Abbildung 11: Von TEDI Logistik eingesetzter E-Fahrzeugtyp auf Basis des MAN TG 12.250, später als EMOSS CM 1216 vermarktet (© Fraunhofer IML 2015).

Dies geschah mit der Zielsetzung, die Fahrzeuge zur Belieferung und Entsorgung von Filialen der Konzernmutter TEDI mit Stückgut (Anlieferung palettierter Ware und Rollcontainer, Mitnahme Leerbehälter) einzusetzen. Da ausschließlich TEDI-Filialen angefahren werden, wirken sich Schwankungen in der Sendungsstruktur im Vergleich zu reinen Stückgutdienstleistern wesentlich stärker auf die zu fahrenden Touren aus. Die Zuordnung eines E-LKW zu einem rigide definierten Servicegebiet (wie bspw. bei UPS) ist daher bei TEDI Logistik nicht möglich. Um ausgehend vom Zentrallager in Dortmund-Brackel (vgl. Abbildung 15) hinreichend viele innerstädtisch gelegene TEDI-Filialen anfahren zu können, wurden für den täglichen Fahrzeugeinsatz die folgenden Anforderungen getroffen:

- Einzugsgebiet der E-LKW: 80 km Umkreis um das Zentrallager
- Zielfahrtstrecke pro Tag und Fahrzeug: 200 km, Autobahnfahrten möglich
- Durchführung von 2 Touren pro Tag und Fahrzeug
- Bei Rückkehr zum Zentrallager erfolgt Abladung von Leergut, Aufnahme neuer Ware und parallele Nachladung der Traktionsbatterien.
- Feste Zuordnung der E-LKW zu einem bestimmten Rolltor, das mit einem eigenen Ladepunkt ausgestattet wird.

Die finanziellen Probleme der EMOSS B.V. führten im Projekt mehrfach dazu, dass die Bereitstellung der E-LKW sich verzögerte. Die Anforderungen seitens TEDI Logistik an die Fahrzeuge und die Entwicklungsprozesse bei EMOSS führten schließlich dazu, dass EMOSS nach Auslieferung des ersten Fahrzeugs an TEDI Logistik auf Basis der gewünschten Spezifikationen nun die Produkte CM 1212, CM 1216 und CM 1220 anbietet (vgl. Abbildung 12).

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“



Technical specifications

The table below shows the technical specifications for the CM 12 e-Truck. Different configurations are available on request.

Specifications	CM 1212	CM 1216	CM 1220
Battery pack (LiFePO4)	120 kWh	160 kWh	200 kWh
Range (NEDC, 80% payload)	150 km	200 km	250 km
Motor power / torque	150 kW / 950 Nm		
Top speed (electronically limited)	85 km/h		
Charge system	44 kW or 22 kW		
Charge time (63A)	2.8 or 5.5 hours	3.6 or 7.3 hours	4.5 or 9 hours
Overall dimensions *	Length: 7.660 mm Width: 2.260 mm Height: 2.600 mm		
Gross Vehicle Weight	12.000 kg		
Payload **	6.550 kg	6.014 kg	5.422 kg

* Based on DAF LF 45 Euro 5 series, wheelbase 4.300 [mm]. Other vehicles and dimensions possible.

** Excludes the body and loading setup.

Abbildung 12: Fahrzeugangebot der niederländischen EMOSS B.V., Lieferant des Projektpartners TEDI Logistik (<http://www.emoss.biz/electric-truck/12-tonne-electric-truck>, letzter Zugriff 06.10.2015, 17:50 MEZ)

Das im Projekt zeitversetzt von TEDI Logistik angeschaffte zweite E-Fahrzeug wurde daher offiziell als Modell „CM 1216“ geliefert.

Die Anforderungen an den Fahrzeugeinsatz machten die Installation von eigenen Ladepunkten mit Schnellladefähigkeit erforderlich. Überdies stellte sich heraus, dass die vorhandene elektrische Unterverteilung jedoch für die benötigte Ladeleistung von über 50 kW pro Ladepunkt (AC 3-phasig, >32 A) nicht ausgelegt war. Die angefragte Einsatzflexibilität der Fahrzeuge, die diese Ladetechnik bedingte, erzeugte damit unvorhergesehene Installationskosten von rund 15.000 EUR für die lokale Infrastruktur. Abbildung 13 zeigt beispielhaft die das Zusammenspiel von Infrastruktur und Fahrzeug. Der E-LKW ist angedockt und wird mit Ware beladen, parallel dazu erfolgt die Ladung der Batterien. Abbildung 14 zeigt den Ladepunkt in einer Nahaufnahme.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“



Abbildung 13: Ladepunkt der TEDi Logistik mit ladendem E-LKW EMOSS 1216



Abbildung 14: Ladepunkt am Zentrallager der TEDi Logistik

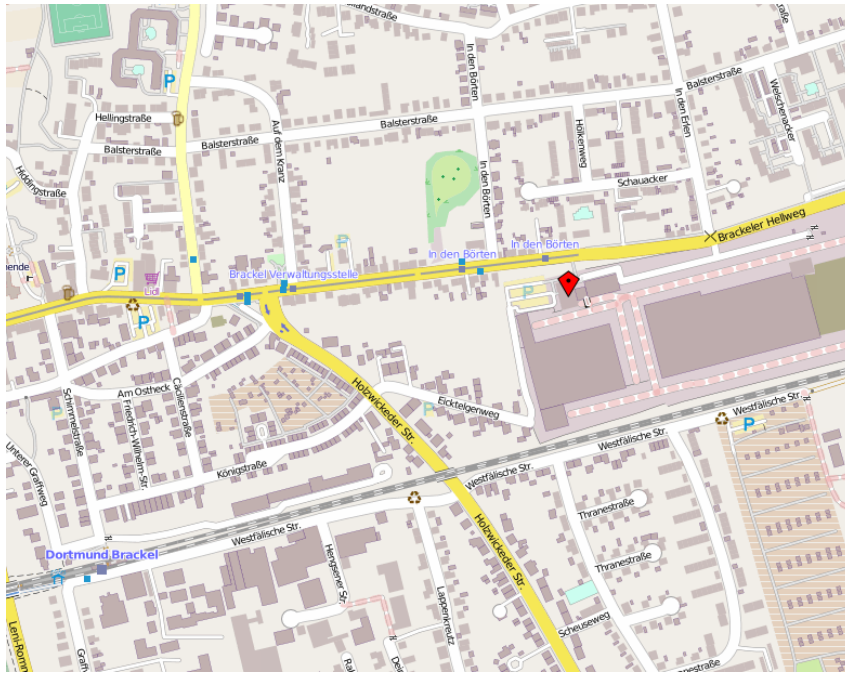


Abbildung 15: Niederlassung von TEDI Logistik, Brackeler Hellweg 301, 44309 Dortmund

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: UPS

2.4.4 UPS

Die sechs Fahrzeuge vom Typ P80-E (vgl. Abbildung 16) wurden dem UPS Paketzentrum in Herne-Börnig zugeordnet (vgl. Abbildung 17).



Abbildung 16: Von UPS eingesetzter E-Fahrzeugtyp auf Basis des Grumman Olson P80, später als P80-E vermarktet (© UPS 2015).

Dieser im Mehrschichtbetrieb arbeitende Standort verfügt über eine Fahrzeugflotte von insgesamt rund 150 Fahrzeuge (inkl. P80-E), die täglich rund 25.000 Pakete zustellen und 22.000 Pakete abholen. Dabei werden sowohl Ziele in unmittelbarer Nähe (Stadt Herne), aber auch teils deutlich darüber hinaus (Stadt Hamm, Soester Börde)

angefahren. Das dem Paketzentrum zugeordnete Gebiet ist in feste Tagestourgebiete aufgeteilt, die jeweils von einem Zustellfahrzeug (mit einem oder zwei Zustellern) bedient werden. Welche genaue Tour an einem bestimmten Tag innerhalb eines solchen Gebietes zu fahren ist, wird vor Tourbeginn festgelegt, wobei Dispatch-Mitarbeiter aufgrund besonderer Ereignisse (zusätzliche Kundenanfragen, Eilaufträge, Fahrzeugausfälle etc.) jederzeit Einfluss auf die Tagestour nehmen können. Nach Auskunft des Zentrumsleiters wären 60 % aller Zustelltouren durch E-Fahrzeuge zu bewältigen, wenn diese verlässlich Einsatzreichweiten von 120-140 km erreichten. Aufgrund bereits vorhandener Erfahrungen mit dem Modell P80-E sowie durch die kooperative Fahrzeugentwicklung mit der EFA-S Elektrofahrzeuge Schwaben GmbH wurden die im Zustellbetrieb maximal erreichbaren Einsatzreichweiten der Fahrzeuge jedoch auf nur etwa 80 km, im Ausnahmefall bis 100 km, geschätzt. Dies hatte für die Planung der Feldtests die folgenden Auswirkungen:

 Eingehende Darstellung des
 Forschungsprojekts „ELMO“

- Es wurde entschieden, dass die im Einzugsgebiet des Paketzentrums liegenden Städte wie Dortmund, Recklinghausen oder Hamm (Westfalen), die für eine Versorgung mit E-Fahrzeugen teilweise zu weit entfernt liegen.
- Für die E-Fahrzeuge wurden gezielt Touren im unteren Längensegment gewählt, d. h. Touren, die vornehmlich den Stadtbereich Herne bedienen. Diese verfügten über eine hohe Stoppzahl pro Kilometer (Stoppdichte), so dass bei einer Tagestour maximal eine Fahrstrecke von 80 km erforderlich war. Damit sollte vermieden werden, dass die Fahrzeuge im Zustellbetrieb batteriebedingt ausfallen. Derartige Ausfälle erzeugen nicht nur ungewünschten operativen Zusatzaufwand (Abschleppen, Umpacken der Ladung), sondern potenzielle Zusatzkosten aufgrund entgangener Einnahmen aus dem Expressgeschäft.



Abbildung 17: UPS Paketzentrum, Friedrich der Große 2, 44628 Herne-Börnig

Im Hinblick auf die Zuverlässigkeit der Fahrzeuge wurden gelegentliche Ausfälle in der Einsatzplanung bereits berücksichtigt, da die gemeinsam mit EFA-S entwickelten Konversionsfahrzeuge als Vorserienmodelle angesehen werden. Für solche Ausfalltage sollte auf die im Zentrum Herne-Börnig ohnehin vorgehaltene Fahrzeugreserve zurückgegriffen werden.

Aus ähnlichen Überlegungen wurde seitens der Zentrumsleitung für den Projektverlauf erwartet, dass durch technische Verbesserungen am Fahrzeug die nutzbare Reichweite vergrößert würde. Veränderungen des Einsatzkonzeptes wurden für diesen Fall ausdrücklich nicht vorgesehen.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

2.4.5 Fraunhofer IML

Am Fraunhofer IML wurde in Vorbereitung des AP 6 ein Tracking-Gerät entwickelt, um als unabhängiger digitaler Fahrtenschreiber Geoinformationen sowie Energie- und Kostendaten zu sammeln. Es war geplant, dieses Tracking-Gerät sporadisch oder dauerhaft bei den einzelnen Partnern für die automatisierte Datensammlung einzusetzen. Wie Abbildung 18 illustriert, wäre es dadurch möglich, Topologie, logistischen Aufgaben, Stromverbräuchen und Kosten in einer Detailanalyse zu verbinden.



Abbildung 18: Visualisierung einer mithilfe des IML-Tracking-Geräts aufgezeichneten und mittels Fraunhofer-Tool DISMOD visualisierten Fahrstrecke in Dortmund (Testfall)

Kurzzusammenfassung AP 4

- Ziel von AP 4 bestand darin, dass die Partner jeweils geeignete Einsatzgebiete für ihre E-Fahrzeuge identifizieren, auswählen und definieren. Es bestand der Anspruch, Verbrennungsmotor-Fahrzeuge möglichst 1:1 zu substituieren, d. h. nur im Ausnahmefall bestehende Touren oder Servicegebiete umzugestalten.
- Das Fraunhofer IML stellte den Partner dazu das in AP 3 konzeptionierte Bewertungsmodell zur Verfügung und unterstützte die Partner bei der Definition der Feldtestgebiete.
- Auf Basis der vorliegenden Daten konnte Busch-Jaeger Elektro Reichweitenkalkulationen durchführen und ermitteln, dass das Fahrzeug sowohl für Botenfahrten innerhalb des Stadtzentrums Lüdenscheid oder Bad Berleburg-Aue als auch für Fahrten zwischen diesen Standorten geeignet ist. Daher entschied Busch-Jaeger Elektro, das Fahrzeug als Teil des regulären Fahrzeugpools zu behandeln und den Mitarbeitern für das Tagesgeschäft zur Verfügung zu stellen.

- CWS-boco identifizierte an den Standorten Bochum und Solingen jeweils geeignete Touren und ordnete die Fahrzeuge vor Ort einem festen Servicegebiet zu. Es wurden nur leichte Veränderungen an den Touren vorgenommen, da die E-Fahrzeuge nach Berechnungen von CWS-boco eine hinreichende Reichweite aufwiesen.
- TEDI Logistik ordnete den Fahrzeugen am Standort in Dortmund-Brackel feste Filialgebiete zu, die zuvor von Dieselfahrzeugen bedient worden waren. Die logistische Anforderung, nach Belieferung von wenigen Filialen wieder zum Standort zurückkehren zu müssen, um dort Leergut zu entladen und neue Ware aufzunehmen, erlaubte es, die Zeit dieser Vorgänge (rund 1 Stunde für eine komplette LKW-Ladung auf Europaletten) für Nachladung der Traktionsbatterien zu nutzen. Dadurch mussten ebenfalls keine Touren oder Servicegebiete angepasst werden.
- UPS verfügte am Standort in Herne-Börnig nur über wenige bis gar keine Touren, die unmittelbar durch die angeschafften Konversionsfahrzeuge zu bedienen waren. Aufgrund von Vorerfahrungen mit Elektromobilität sowie die enge Zusammenarbeit mit EFA-S war UPS in der Lage, das Leistungsvermögen der Fahrzeuge mit hoher Genauigkeit voranzuplanen und entsprechend auf die erwartete Maximalreichweite angepasste Touren und Servicegebiete zu definieren („Cherry-Picking-Ansatz“).
- Auf Grundlage der von allen Praxispartnern in AP 4 definierten Einsatzgebiete erfolgte in AP 5 der Beginn der Feldtests, d. h. die tatsächliche Nutzung der Fahrzeuge auf den in AP 4 geplanten Routen bzw. festgelegten Servicegebieten.

 Eingehende Darstellung des
 Forschungsprojekts „ELMO“

2.5 AP 5: Durchführung von Feldtests

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

2.5.1 AP 5.1: Nutzung der Fahrzeuge im Praxisbetrieb

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Koordination
Busch-Jaeger Elektro	Verantwortlich für Fahrzeugtest, Lieferung von Fahrt- und Ladedaten sowie qualitativer Informationen und ad-hoc-Auskünfte von Begleitforschung und Fraunhofer IML
CWS-boco TEDi Logistik UPS	Wie zuvor, zusätzlich: Durchführung von Begleitfahrten durch Wissenschaftler des Fraunhofer IML

Tabelle 11: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 5.1

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

Abhängig von der jeweiligen Beschaffungssituation konnten die Fahrzeuge zu unterschiedlichen Zeitpunkten in die Flotten vor Ort integriert und in den Feldtest übernommen werden. Busch-Jaeger Elektro, CWS-boco und UPS verfügten bereits im zweiten Halbjahr 2012 über die E-Fahrzeuge und konnten sie (mit Ausnahme eines UPS-Paketwagens) in diesem Zeitraum bereits in Betrieb nehmen. Damit erreichten fünf der insgesamt elf Fahrzeuge den zum 01.07.2012 angedachten Meilenstein. Alle Partner mit Ausnahme von Busch-Jaeger Elektro und CWS-boco betreiben ihre Fahrzeuge auch über die Testphase hinaus weiter. Bei Busch-Jaeger Elektro zeigte sich das beschaffte E-Fahrzeug im Widerspruch zu den Herstellerangaben als ungeeignet für das angedachte Nutzungsprofil. CWS-boco zwangen technische Probleme, die Fahrzeuge nach dem Praxistest stillzulegen. Tabelle 12 zeigt Nutzungszeiträume der Fahrzeuge des gesamten ELMO-Fuhrparks.

Im Rahmen der Feldtestdurchführung führten die Praxispartner im Wesentlichen die folgenden Aufgaben durch:

- Einbindung der Fahrzeuge in den Tagesbetrieb auf Grundlage der jeweiligen Vorarbeiten in AP 4; dabei bestand die Zielsetzung, die betrieblichen Prozesse nur insoweit zu modifizieren, wie für die Elektrifizierung des Fahrbetriebs und die Datensammlung (nächster Aufzählungspunkt) technisch nötig,
- Sammlung quantitativer Informationen über den Fahrzeugeinsatz (Fahrstrecken, Stopps, Stromverbräuche, ggf. Zwischenladungen),
- Sammlung qualitativer Informationen über Fahrzeugausfälle,
- Bereitstellung der gesammelten Daten für das Fraunhofer IML als Grundlage für AP 6,
- Unterstützung des Fraunhofer IML bei der Plausibilisierung und Aufbereitung der Daten als Grundlage für AP 6,

- Unterstützung der Begleitforschung bei Einzelanfragen sowie regelmäßig wiederholten Abfragen zu Ladeinfrastruktur und E-Fuhrpark,
- Teilnahme an regelmäßigen Telefonkonferenzen und Konsortialtreffen.

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Das Fraunhofer IML organisierte parallel zu den Feldtests regelmäßige Telefonkonferenzen sowie projektinterne Workshops zur Förderung des projektinternen Wissensaustauschs und zur Überwachung des Projektfortschritts.

Praxispartner	Fahrzeug	Inbetriebnahme	Status (Stand: Projektende)
Busch-Jaeger Elektro	C-Zero	03/2013	Ersetzt in 05/2015 (Leasingende)
CWS-boco	Newton (Bochum)	07/2012	Stillgelegt seit 10/2013
	Newton (Solingen)	07/2012	Stillgelegt seit 05/2014
TEDi Logistik	CM 1216 (#1)	09/2013	Regelbetrieb
	CM 1216 (#2)	11/2014	Regelbetrieb
UPS	P80-E (#1)	07/2012	Regelbetrieb
	P80-E (#2)	07/2012	Regelbetrieb
	P80-E (#3)	08/2012	Regelbetrieb
	P80-E (#4)	12/2012	Regelbetrieb
	P80-E (#5)	12/2012	Regelbetrieb
	P80-E (#6)	01/2013	Regelbetrieb

Tabelle 12: Übersicht der im Feldtest eingesetzten Fahrzeuge pro Partner

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Busch-Jaeger Elektro

Busch-Jaeger Elektro

Busch-Jaeger Elektro konnte im Rahmen der Feldtestvorbereitungen ermitteln, dass für das angedachte Szenario (1 E-PKW, Poolfahrzeug, Zwischenwerks- und Stadtverkehr) die Errichtung einer DC-Schnellladeinfrastruktur weder technisch noch wirtschaftlich sinnvoll ist. Abbildung 19 illustriert, welche Überlegungen dazu in Bezug auf die Fahrzeugverfügbarkeit maßgeblich waren: Ein Vollkreis repräsentiert einen 24h-Tag, der sich – je nach gewähltem Lade- und Nutzungsszenario – in Phasen der Fahrzeugverfügbarkeit (grün) und Phasen der Ladung der Traktionsbatterie (blau) aufteilt.

Die Kernarbeitszeiten aller potenziellen Nutzer liegen zwischen 6 und 22 Uhr, so dass die Verfügbarkeit im Szenario „Langsames Laden“ (d. h. 100 % Schonladung) (Abbildung 19, links) für den Nutzungsfall bei Busch-Jaeger Elektro in Bezug auf reine Fahrzeugverfügbarkeit als ausreichend angesehen wurde. Daraus wurde ferner abgeleitet, dass eine Schonladeinfrastruktur technisch in der Lage sei, den E-PKW immer hinreichend zu laden, da eine Fahrstrecke von 80 bis maximal 100 km angestrebt wurde.

Eine ökonomische Beurteilung der DC-Schnellladung im Vergleich zur AC-Schonladung fiel ebenfalls negativ aus. Tabelle 13 zeigt eine Indikation der Kostenverhältnisse, wie sie Busch-Jaeger Elektro ermitteln konnte.

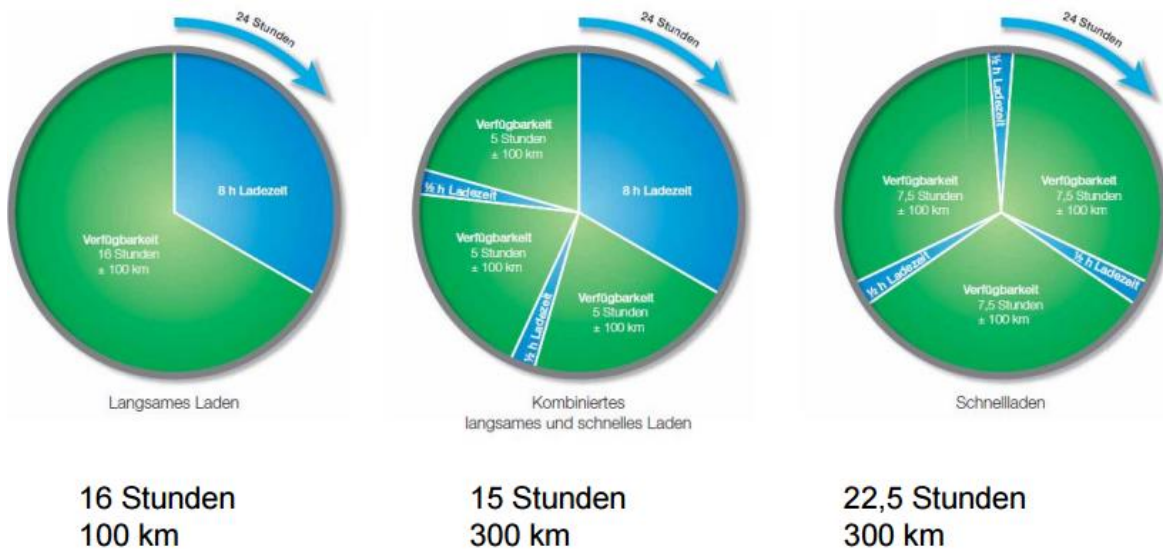


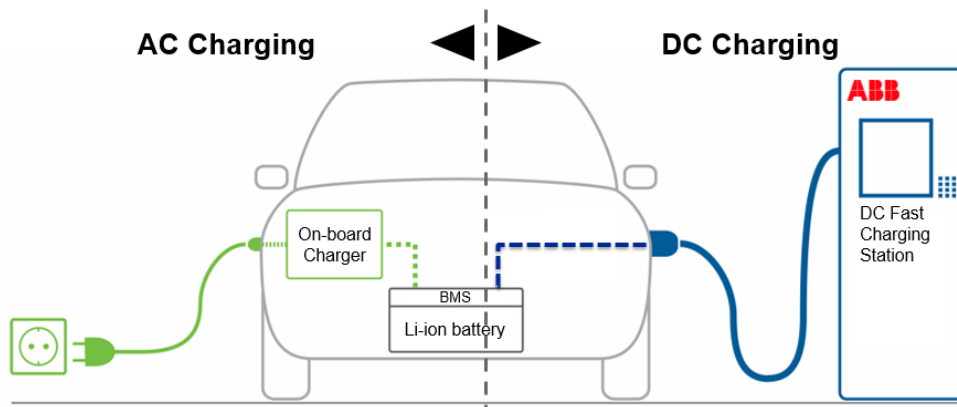
Abbildung 19: Fahrzeugverfügbarkeit und geschätzte Einsatzreichweite bei 100 % Schonladung, Kombination von Schon- und Schnellladung und bei 100 % Schnellladung (vlnr., Abbildung © Busch-Jaeger Elektro 2015)

Entscheidungskriterium	Kategorie	Vergleich Schnell-/Schonladung
Beschaffungskosten Ladepunkt	Einmalkosten	+ 100 %
Einrichtungskosten Ladepunkt (Kabel- und Bodenarbeiten)	Einmalkosten	+ 40 %
Betriebskosten (Instandhaltung, Softwareupdates)	Jährliche Kosten	+ 25 %
Kapazität (maximale Ladevorgänge pro Arbeitstag Busch-Jaeger Elektro)	Kapazität einer Ladestation	10 bis 20-fach
Dauer eines Ladevorgangs	Ladezeit	16-fach

Tabelle 13: Technisch-ökonomische Entscheidungskriterien AC-Schonladung vs. DC-Schnellladung (Busch-Jaeger Elektro 2015)

Aus Tabelle 13 ist zu entnehmen, dass die Errichtung eines DC-Schnellladepunktes 40 % höhere Kosten verursacht als die Errichtung eines AC-Schonladepunktes und kostenmäßig in der Beschaffung sogar doppelt so teuer ist (+100 %). Ein wesentlicher Grund für diese Kostenunterschiede liegt darin, dass bei DC-Schnellladung komplexere Ladetechnik eingesetzt wird, die (im Gegensatz zum AC-Laden) in der Infrastruktur selbst eingebaut werden muss (vgl. Darstellung in Abbildung 20).

Da Busch-Jaeger Elektro nur ein Fahrzeug einsetzte und dies nur ein oder zwei längere Ladevorgänge pro Tag erforderte, wäre die Kapazität eines DC-Schnellladepunktes kaum ausgeschöpft worden, so dass dessen jährliche Mehrkosten gegenüber einem AC-Schonladepunkt langfristig keine ökonomische Vorteilhaftigkeit hätten entstehen lassen. Entsprechend wurde entschieden, eine AC-Schonladeinfrastruktur einzurichten. In diese wurde ein Vorserienprodukt verbaut, das die Ladevorgänge automatisiert überwachte und die Transaktionsdaten der Ladevorgänge online in standardisierter Form bereitstellen konnte.



Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Abbildung 20: Konzeptionelle Darstellung des wesentlichen Unterschieds von AC-Schnellladung (links) und DC-Schnellladung (rechts), © Busch-Jaeger Elektro 2015

Zu Beginn der Feldtestphase wurde vorrangig geprüft, ob sich das Fahrzeug unter Realbedingungen für den Zwischenwerksverkehr der Standorte Lüdenscheid und Bad Berleburg-Aue eignet. Dabei zeigte sich schnell, dass das angeschaffte Fahrzeug entgegen der Herstellerangabe technisch nicht in der Lage war, die für diesen Zweck erforderlichen Fahrleistungen abzurufen, da der Fahrstromverbrauch deutlich über den erwarteten Kennwerten lag (vgl. dazu Auswertungen in AP 6 weiter unten). Seitens Busch-Jaeger Elektro wurden die folgenden Faktoren dafür als mögliche Gründe angegeben:

- Topologie: Lüdenscheid und Bad Berleburg-Aue liegen etwa 420 m über Normalhöhennull, jedoch muss bei einer Fahrt zwischen diesen Orten ein Mittelgebirge (Rothaargebirge) überwunden werden, das in der Spitze über 750 m über Normalhöhennull liegt. Zwar speist das Energierückgewinnungssystem (Rekuperation) bei der Bergabfahrt wieder die Traktionsbatterien, jedoch läuft dieser Prozess nicht verlustfrei ab, so dass ein höherer relativer Energiebedarf vorliegt als bei einer ähnlich langen Fahrstrecke ohne jegliche Steigungen.
- Klimatisierung: Mitarbeiter, die die Fahrzeugflotte von Busch-Jaeger Elektro nutzen, verwendeten im Fahrzeug wie gewohnt verschiedene Komfortfunktionen zur Temperaturregung und Belüftung (Klimaanlage, Heizung, Lüfter etc.). Die zusätzliche Belastung der Traktionsbatterie durch diese Nebenverbraucher beläuft sich schätzungsweise auf 1-2 kW. Da eine Fahrt im Zwischenwerksverkehr unter Realbedingungen etwa 1,5 Stunden dauert, stehen 1,5-3 kWh weniger für den Antrieb zur Verfügung, was bei der Batteriekapazität von 14,5 kWh zwischen 10 % und 20 % ausmacht und entsprechend die effektive Einsatzreichweite verkürzt.

Diese Erkenntnisse zwangen Busch-Jaeger Elektro dazu, das E-Fahrzeug über die Projektlaufzeit vorrangig im reinen Stadtverkehr einzusetzen. Nach Ablauf der Leasingdauer wurde das Fahrzeug dem Leasinggeber zurückgegeben und durch nicht gefördertes Fahrzeug mit größerer Traktionsbatterie und Einsatzreichweite ersetzt (VW E-Golf). Da das Projekt eine kostenneutrale Verlängerung erfuhr, konnten auch für dieses Fahrzeug einige Daten gesammelt und dem Fraunhofer IML als Benchmarkdaten für zusätzliche Auswertungen bereitgestellt werden.

CWS-boco

Die zwei E-Fahrzeuge vom Typ Smith Newton sollten gemäß Projektantrag im Februar bzw. Mai 2012 in Betrieb genommen werden. Fahrzeuglieferant Smith Electric Vehicles stellte die Fahrzeuge jedoch mit einem Verzug von rund zwei Monaten bereit, so dass sich in Folge dieser Terminverschiebungen bei Fahrzeugumbau (Kofferaufbau und Branding, geplante Dauer: 2 Wochen) und Homologation (geplante Dauer: eine Woche) weitere Verzögerungen ergaben. Im Endergebnis standen die Fahrzeuge erst im Juli 2012 tatsächlich bei CWS-boco zur Verfügung und konnten für kombinierte Sammel- und Belieferungstouren in Bochum und Solingen eingesetzt werden.

An beiden Standorten wurde auf dem jeweiligen Werksgelände (Außenwand Wäscherei) jeweils ein Ladepunkt aufgebaut, an dem das zugeordnete Fahrzeug exklusiv laden sollte. Ladungen außerhalb dieser Ladepunkte waren nicht vorgesehen. Aufbau und Betrieb der Ladeinfrastruktur erfolgten ohne Probleme. Im ersten Quartal 2013 wurde kurzfristig eine Verlegung der Ladepunkte in den Innenraum des Depots erwogen, da temperaturbedingte Ladeprobleme erwartet wurden. Es trat jedoch nur ein Fall auf, bei dem extreme Kälte eine vollständige Ladung der Fahrzeugbatterien verhinderte, so dass dieser Plan fallengelassen wurde. Da die Fahrzeuge im für CWS-boco üblichen Einschicht-Betrieb verkehren sollten, war der Ladevorgang ohnehin nicht zeitkritisch, da er außerhalb des Schichtbetriebs (nachts) erfolgen konnte.

Ein typischer Fahrzeugeinsatz kann wie folgt beschrieben werden: Im Depot werden verschiedene Arten von Textilien (Berufskleidung, Business-Kleidung, Handtuchrollen, Schmutzfangmatten) eingeladen, die aus der von CWS-boco betriebenen Großwäscherei gereinigt und den Kunden geliefert werden. Im Rahmen derselben Tour werden benutzte Textilien eingesammelt und nach Abschluss der Tour im Depot zum Waschen entladen.

Ein Kundenstopp kann darin bestehen, dass der Fahrer vor Ort

- nur saubere Textilien anliefert,
- nur gebrauchte Textilien abholt oder
- saubere Textilien liefert und gebrauchte Textilien einsammelt.

Zusätzlich ist es bei manchen Kunden auch erforderlich, die Textilien vor Ort an verschiedenen Orten einzusammeln bzw. auszutauschen: Handtuchrollen in Halterungen wechseln, Arbeitskleidung in Spinden tauschen, Schmutzfangmatten zusammenrollen und frisch gereinigte Schmutzfangmatten neu ausrollen etc. Aus diesem Grund können die Stoppzeiten sowohl innerhalb einer Tour als auch zwischen Touren stark streuen. Es sind damit auch Stoppzeiten von mehreren Stunden pro Kunde möglich. Spontane Umgestaltungen einer Tour (durch ungeplante Abholungen) kommen selten vor. Es war nicht vorgesehen, die Fahrzeuge außerhalb des Depots tagsüber nachzuladen. Tabelle 14 zeigt typische logistische Kennzahlen für den Fall von CWS-boco bezogen auf einen stadtnahen Wäschereistandort (Depot).

Kundenstopps	Tourlänge	Stoppdichte
26-38	35-55 km	1-2 km/Stop

Tabelle 14: Typische Kennzahlen einer kombinierten Zustell- und Sammeltour für Textilien (CWS-boco 2015)

Für die Indienststellung der zwei E-LKW waren (neben Aktivitäten für die nächtliche Batterieladung) in Bochum und Solingen nur geringe Prozessanpassungen erforderlich.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Bereits in den ersten Monaten des Feldtesteinsatzes zeigten sich an den Fahrzeugen verschiedene Mängel, die teils die allgemeine Verarbeitungsqualität des Chassis, teils den batterieelektrischen Antriebsstrang betrafen. Mängel aus beiden Kategorien wirkten sich jedoch gleichermaßen negativ auf die Akzeptanz des Fahrzeugs seitens der Kraftfahrer aus, wie Befragungen der Kraftfahrer durch CWS-boco und Fraunhofer IML ergaben.

Der Verlauf der Testphase unterschied sich deutlich zwischen den Standorten Bochum und Solingen. Der Fahrzeugtest in Bochum war durch zahlreiche Werkstattaufenthalte und Fahrzeugausfälle geprägt. Ursache dieser Ausfälle waren vornehmlich technische Probleme mit direktem Bezug zum batterieelektrischen Antrieb. Exemplarisch seien hier die folgenden Ausfallursachen genannt:

- Regulärer Einsatz des Fahrzeugs nicht möglich, da Defekt der Ladebordwand Be- und Entladung verhinderte. Folge: Mehrwöchige Ausfälle des Fahrzeugs am Standort Bochum.
- Mehrfach defekte Steuereinheit des Batteriepacks, insbesondere bei hoher Luftfeuchtigkeit.
- Selbstabschaltung des batterieelektrischen Antriebs während der Fahrt. Dieser Effekt trat beim Bochumer Fahrzeug geballt im September 2013 auf; insgesamt 18 derartige Ereignisse an sieben Nutzungstagen. Vereinzelt verhinderte dieser Defekt den Einsatz im Juni 2013 und Oktober 2013.

Die zur Behebung der Defekte nötigen Werkstattaufenthalte waren für CWS-boco in mehrerer Hinsicht unzureichend:

- Smith Electric Vehicles war zwar eine Kooperation mit einer lokalen KFZ-Werkstatt eingegangen, um die E-Fahrzeuge von CWS-boco vor Ort warten lassen zu können. Diese konnte de facto in der Praxis die Fahrzeuge dennoch nicht immer selbsttätig wieder fahrtauglich machen. So erforderten mehrere Werkstattaufenthalte die Anreise von speziell geschulten Experten vom Smith Stammsitz in Großbritannien und/oder die Anlieferung spezifischer Ersatzteile. Diese Faktoren verlängerten damit die Ausfallzeit deutlich.
- Trotz intensiver Bemühungen durch die eingesetzten Werkstätten war es nicht möglich, die wiederkehrenden Ausfälle des am Standort Bochum eingesetzten Fahrzeugs abzustellen, so dass das Fahrzeug seitens CWS-boco im Oktober 2013 stillgelegt werden musste, da es für den täglichen Einsatz unbrauchbar war und seitens des Unternehmens erhebliche Sicherheitsbedenken im Falle weiterer spontaner Motorabschaltungen bestanden.

Das Fahrzeug in Solingen konnte – von kleineren Mängelreparaturen abgesehen – die gesamte Testphase über genutzt werden. Seitens der Fahrer wurden verschiedene Aspekte bemängelt, die primär Fahreigenschaften betrafen, vor allem:

- Ein fehlerhafter Geschwindigkeitsmesser, sowohl hinsichtlich Anzeige im Cockpit als auch in Bezug auf den digitalen Tachographen.
- Die lange Zeit, bis Fahrzeugsoftware nach dem Druck auf den Start-Knopf den Antriebsstrang hochgefahren hat.

- Die weiche Federung des Fahrwerks, die das Fahrzeug beim Überfahren von Bordsteinen etc. stark schwingen lässt.
- Das große Batteriepack, das nur einen geringen Abstand zum Boden hat und bei Einfahrten oder Bordsteinen auch bei langsamer und vorsichtiger Fahrt auf dem Boden aufsetzt.
- Verschiedene Undichtigkeiten im Führerhaus (z. B. an der Lenkstange), so dass während der Fahrt in der Kabine Durchzug herrscht.
- Die Unbenutzbarkeit des Radios, die auf eine elektromagnetische Störung durch den Antriebsstrang hindeutete.

Da die Kraftfahrer rund 40 % ihres Arbeitstags in der Fahrerkabine verbringen, sind diese qualitativen Aspekte im Hinblick auf Akzeptanz von E-Nutzfahrzeugen von entscheidender Bedeutung.

Anfang des Jahres 2014 traten am Fahrzeug in Solingen wiederholt Defekte auf, die eine Wartung durch Smith Electric Vehicles bzw. deren Servicepartner erforderte. Da die Probleme durch den Hersteller jedoch nicht nachhaltig behoben werden konnten, musste CWS-boco auch dieses Fahrzeug im Mai 2014 stilllegen. CWS-boco beendete die Feldtestphase damit und überführte keines der beiden Fahrzeuge in den Regelbetrieb. Smith Electric Vehicles schränkte kurze Zeit später die Aktivitäten auf dem kontinentaleuropäischen Markt zugunsten von Nordamerika stark ein.

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: TEDI Logistik

TEDI Logistik

Die Bereitstellung der zwei Fahrzeuge für die TEDI Logistik verzögerte sich im Laufe des Projekts deutlich, was im Wesentlichen auf zwei Faktoren zurückzuführen war:

- Liquiditätseingänge seitens EMOSS B.V., die sich auch störend auf ihren operativen Geschäftsbetrieb auswirkten und so den Umbauprozess verzögerten,
- Zu einer fortgeschrittenen Phase des Fahrzeugumbaus wurde seitens EMOSS B.V. festgestellt, dass die vorgenommene Platzierung der Batteriepacks bei einem späteren Kofferaufbau zu Problemen der Lastverteilung (kritische Achslast) führen würde. Daher musste ein Neuaufwurf der Fahrzeugkonstruktion erfolgen und der Umbauprozess in Teilen neu gestartet werden.

Der daraus für die TEDI Logistik resultierende Beschaffungsverzug brachte es mit sich, dass die übrigen Praxispartner bereits ihre jeweilige Feldtestphase begonnen hatten, während das 12 t-Fahrzeug von TEDI Logistik noch immer im Umbau befindlich war. Dieser Umstand ermöglichte es jedoch, noch in der Konstruktionsphase Verbesserungen einfließen zu lassen, die sich aus den Gesprächen mit den übrigen Partnern ergaben. Dies betrifft im Besonderen:

- **Kabinenheizung:** Speziell aufgrund der Erfahrungen von Busch-Jaeger Elektro und UPS, die eine im Winter deutlich herabgesetzte effektive Nutzreichweite (bis zu 25%) feststellten, entschied TEDI Logistik, auf eine durch die Traktionsbatterie gespeiste Heizspirale zu verzichten und eine konventionelle Standheizung in die Fahrerkabine einbauen zu lassen.

- **Fernwartungsfähigkeit:** Um Werkstattfahrten und Fahrzeugausfälle aufgrund kleinerer technischer Probleme zu vermeiden, wie dies bei CWS-boco und teilweise bei UPS bereits in frühen Phasen der Feldtests vorkam, entschied TEDI Logistik, dass die Fahrzeugtelemetrie über eine Mobilfunkverbindung überwacht und ggf. Justierungen an der Steuersoftware durch Mitarbeiter der EMOSS B.V. per Fernwartung vorgenommen werden können. Ferner können auf diesem Wege Mechaniker mit physischem Zugriff auf das Fahrzeug (z. B. bei der Vertragswerkstatt der TEDI Logistik, Wilhelm Molitor) bei der Fehlerbehebung gezielt angeleitet werden.

Da das zweite Fahrzeug von TEDI Logistik nicht zeitgleich mit dem ersten Fahrzeug durch EMOSS B.V. umgebaut wurde, ermöglichte dieser kooperative Fahrzeugdesignansatz zahlreiche Detailverbesserungen, die beim ersten Fahrzeug erst nach dem Prinzip „Learning by Doing“ erdacht wurden, direkt in das Fahrzeugdesign des zweiten Fahrzeugs einfließen zu lassen. Aus diesem Konstruktionsprozess entstand bei EMOSS schließlich das Produkt „CM 1216“, ein E-LKW, der seit Mai 2014 offiziell am Markt angeboten wird.

Beide E-Fahrzeuge verfügen am Zentrallager von TEDI Logistik über jeweils eine fest zugeordnete Laderampe, an der sich (vgl. Abbildung 13 und Abbildung 14) von außen zugänglich der jeweilige Ladepunkt des Fahrzeugs befindet. Die Fahrzeuge verkehren aktuell in einer Tagesschicht, absolvieren auf einer Schicht aber zwischen einer und drei Zustelltourern. Eine Vollladung der Traktionsbatterien erfolgt in der Nacht, so dass die volle Fahrzeugreichweite am Beginn des Arbeitstags zur Verfügung steht, Zwischenladungen des Fahrzeugs erfolgen bei Bedarf.

Ein typischer Nutzungstag der E-Fahrzeuge kann wie folgt beschrieben werden:

- Das Fahrzeug wird am Morgen mit palettierter Ware beladen,
- das Fahrzeug verlässt den Betriebshof und steuert eine TEDI-Filiale im Ruhrgebiet an, falls nötig Anfahrt über die Autobahn,
- vor einer TEDI-Filiale wird gestoppt, über die Hebebühne werden Paletten abgesetzt, vom Fahrer in die Filiale gebracht und ggf. gegen Leergut getauscht,
- das Leergut wird eingeladen und die Fahrt zur nächsten Filiale bzw. zum Zentrallager fortgesetzt,
- am Zentrallager angekommen wird das Fahrzeug mit dem Ladepunkt verbunden, das im Koffer geladene Leergut entladen und neue Ware für die nächste Tour aufgeladen.
- Es folgt eine Tour analog wie zuvor beschrieben, an deren Ende das Fahrzeug zum Zentrallager zurückkehrt. Über Nacht erfolgt eine Vollladung der Traktionsbatterien.

Individuelle Lage und lokale Infrastruktur beeinflussen die für die Filialversorgung jeweils erforderlichen Standzeiten. So existieren Filialen, die eine Einfahrt in Einkaufsstraßen erfordern (vgl. Abbildung 11, S. 36), ebenso wie Filialen, die gemeinsam mit Handelsfilialen anderer Unternehmen in einem städtischen Einkaufszentrum liegen, in denen aufgrund zahlreicher Parkplätze genügend Rangierfläche und ggf. günstigere Einsatzbedingungen für Flurförderzeuge existieren. Aus diesen Gründen können die Stoppzeiten sowohl innerhalb einer Tour als auch zwischen Touren stark streuen; Standzeiten zwischen 20 und 45 Minuten sind

durchaus üblich. Spontane Umgestaltungen einer Tour sind nicht einsatztypisch, da über die im Zentrallager aufgeladene Ware bereits die anzufahrenden Filialen definiert sind.

Tabelle 15 zeigt typische logistische Kennzahlen für einen Einsatztag eines E-LKW von TEDI Logistik.

Touren	Tourlänge	Filialstopps	Stoppdichte
2-3	85-120 km	2-3	25-55 km/Stop

Tabelle 15: Typische Kennzahlen eines Einsatztages des E-LKW bei der TEDI Logistik (TEDI Logistik 2015)

Für die Indienstellung der zwei E-LKW waren (neben Aktivitäten für Zwischen- und Vollladung der Traktionsbatterien) keine Prozessanpassungen erforderlich.

Während für das erste Fahrzeug über ein Jahr an Fahrt- und Ladedaten aufgenommen werden konnten, erreichte das zweite Fahrzeug TEDI Logistik erst in einer späten Projektphase (November 2014), so dass dafür kaum Fahrtinformationen erfasst werden konnten. Fahrzeug #2 zeigt sich in den Erfahrungen seit Jahresbeginn 2015 als technisch ausgereifter und deutlich zuverlässiger als Fahrzeug #1, was aber mangels systematischer Fahrtdatenerfassung für Fahrzeug #2 nicht quantitativ belegt werden kann.

In der täglichen Praxis von Disposition und Tourenplanung konnte ermittelt werden, dass die Fahrzeuge Straßenzüge mit bestimmten Steigungen nicht oder nur sehr langsam bewältigen konnten. So konnte bspw. die Bedienung von Filialen in Wuppertal nicht auf dem gewohnten Wege erfolgen, die Tourenplanung musste also alternative Fahrstrecken bereitstellen und die involvierten Fahrer jeweils informieren.

Seitens der Fahrer wurden Fahrdynamik und Laufruhe des Fahrzeugs positiv hervorgehoben. So gestattet die geringe Geräuschentwicklung in der Fahrerkabine eine effizientere Nutzung der Freisprechanlage für Telefonate, z. B. zur Ankündigung der Ankunft an einer Filiale. Ein Fahrer verglich das Fahrgefühl im E-LKW aufgrund der Vibrationsarmut mit einer Fahrt in der Straßenbahn. Zudem sahen die Fahrer keine besonderen Nutzungshemmnisse, da die Bedienung des Fahrzeugs kaum Umorientierung gegenüber Dieselmotorfahrzeugen bedarf. Lediglich ältere Kollegen wurden als „skeptisch gegenüber dem Antrieb“ charakterisiert. Als nachteilig wurde das Fehlen der Komfortausstattung „Klimaanlage“ genannt, die in vergleichbaren konventionell angetriebenen Fahrzeugen vorhanden ist.

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: UPS

UPS

Die sechs beschafften Fahrzeuge vom Typ P80-E wurden sukzessive zwischen Juli 2012 und Februar 2013 in den Zustellbetrieb übernommen. Die ersten drei Fahrzeuge (65000, 65001 und 65002) verfügen über eine Traktionsbatteriekapazität von 61 kWh. Versuchsweise stattete EFA-S die übrigen drei Fahrzeuge (65003, 65004 und 65005) mit zusätzlichen Batteriepacks aus (insgesamt 77 kWh), um mithilfe von UPS unter Praxisbedingungen zu ermitteln, ob diese Mehrkapazität von rd. 26 % auch eine deutlich vergrößerte Einsatzreichweite gestattete. Allen E-Fahrzeugen wurden im Paketzentrum feste Stellplätze zugewiesen, an denen Ladepunkte in Form von der Hallendecke herunterlassbare Kabel angebracht waren. Auf diese Weise musste keine klassische Ladesäule auf einer Fläche montiert werden, die für Park- und Rangiervorgänge vorbehalten ist.

Die Nutzung der Ladeinfrastruktur zeigte sich problemlos. Ausfälle oder Probleme im Ladevorgang waren höchst selten und konnten meist auf den Faktor Mensch zurückgeführt werden. Versehentlich wurde bspw. der „Not Aus“-Knopf am Fahrzeug bedient und so der Ladevorgang unterbrochen, ohne dass dies von außen erkennbar war. Ferner zeigte sich, dass die Zuständigkeit für das Aufladen der Fahrzeuge abgestimmt sein muss, da dies anderenfalls bei Verwendung mehrerer Fahrzeuge zu Komplikationen führen kann. Die Fahrzeugverbrauchsdaten wurden an den Ladepunkten automatisiert ausgelesen.

Seitens UPS wäre ein vollständiges automatisches Monitoring des Ladevorgangs ideal, um reibungslose Ladeabläufe sicherzustellen und erforderlichen Personalaufwand zu minimieren. Konkret wäre es wünschenswert, eine automatische Kommunikation der gesamten Infrastrukturkomponenten miteinander zu etablieren, in der die lokale Infrastruktur automatisch erkennt, dass eine konduktive Verbindung mit Fahrzeug besteht, dass Ladestrom bei Fahrzeug anliegt und dass Ladestrom auch tatsächlich den Batteriezustand positiv verändert. Ebenso müsste automatisch gemeldet werden, falls diese Kette unterbrochen oder gestört wird. Mit Hinblick auf den oben beschriebenen Fall („Not Aus“ gedrückt) sollte dies für Mitarbeiter in Fahrzeughöhe mit einem deutlichen Signal verbunden sein.

Ein typischer Fahrzeugeinsatz kann wie folgt beschrieben werden: Im Depot werden Pakete verschiedener Dringlichkeit (Standard, Express etc.) und Größe ins Fahrzeug eingeladen und zu Empfängern im jeweiligen Servicegebiet transportiert. Am Ende einer Tour befinden sich im Fahrzeug neben den nicht zustellbaren Paketen auch alle Pakete, die von Paketempfängern und weiteren Kunden bzw. Paketshops zum Versand übergeben wurden. Nach Rückkehr des Fahrzeugs zum Paketzentrum fährt es direkt ins Depot, die Pakete werden entladen und das Fahrzeug mit einem Ladepunkt verbunden, um die Traktionsbatterien über Nacht wieder zu laden. Jedem Fahrzeug steht 10 Stunden lang ein Ladeanschluss zur Verfügung.

Ein Kundenstopp kann darin bestehen, dass der Fahrer vor Ort

- den Kunden nicht antrifft (unproduktiver Stopp),
- nur Pakete zustellt,
- nur Pakete einsammelt oder
- Pakete zustellt und andere Versandpakete mitnimmt.

Auf einer Tour erfolgt zunächst die Abarbeitung der verschiedenen Expresspakete, bevor die Zustellung der Standardpakete und schließlich die reine Abholung erfolgt. Dynamische Umplanungen einer Tour kommen nicht selten vor, bspw. wenn ein Kunde dringliche Pakete versenden will oder wenn die Versandmenge ein anderes Paketfahrzeug kapazitätsmäßig überlastet. Es ist nicht vorgesehen, die Fahrzeuge außerhalb des Depots tagsüber nachzuladen. Tabelle 16 zeigt typische logistische Kennzahlen für den Fall von UPS bezogen auf ein stadtnahes Paketzentrum (Depot).

Kundenstopps	Tourlänge	Stoppdichte
130-200	70-100 km	0,5-1 km/Stopp

Tabelle 16: Typische Kennzahlen einer kombinierten Zustell- und Sammeltour für Pakete (UPS 2015)

Für die Indienststellung der sechs E-LKW waren (neben Aktivitäten für die nächtliche Vollladung der Traktionsbatterien) zunächst keine Prozessanpassungen erforderlich, da

UPS eine Substitution konventioneller Dieselfahrzeuge vornahm, d. h. Servicegebiete und Touren zunächst 1:1 an die E-Fahrzeuge übergab. Gleichwohl handelte es sich bei den Touren und Gebieten um jene, die für eine Elektrifizierung als am besten geeignet angesehen wurden. Maßgebliches Kriterium war hier die geschätzte Fahrzeugreichweite. Seitens des Managements im Paketzentrum wurde erwartet, dass die E-Fahrzeuge auf den elektrifizierten Touren laufende Ersparnisse von rund 50 % generieren würden.

Von Juli bis Dezember 2012 ermittelte UPS die folgenden Kennzahlen zum Fahrzeugeinsatz:

- Gesamtleistung: 24.000 km
- Durchschnittliche tägliche Stunden im Einsatz 9 Stunden
- Gesamt Einsatztage aller Fahrzeuge 300
- Durchschnittliche Restladung 21 %
- Durchschnittliche Km-Laufleistung pro Tag 63 km
- Durchschnittlicher Fahrstromverbrauch auf 1 km 0,75 kWh
- Durchschnittliches Fahrzeuggewicht 6.000 kg
- Zugestellte Pakete 127.000
- Niedrigste Restladung (Tourlänge) bei Tourende 3 % (92 km)
- Längste gefahrene Tour (Restladung in %) 99 km (20 %)

Nach dem Beginn der Feldtests im Sommer machte UPS im Winter 2013 erste Erfahrungen mit einer temperaturbedingten Reichweitenreduktion: Die effektiv nutzbaren Reichweiten der Fahrzeuge sanken um bis zu 25 % (30 %), sobald an einem vollständigen Arbeitstag durchgängig Temperaturen von unter 0 °C (-5 °C) herrschten. Vereinzelt blieben Fahrzeuge mit leeren Traktionsbatterien liegen, weil die Fahrer die Restreichweite falsch einschätzten.

Als Gründe für die reduzierte Reichweite identifizierte UPS neben der niedrigeren durchschnittlichen Batteriezellentemperatur den gestiegenen Strombedarf der Nebenverbraucher Fahrzeugbeleuchtung (außen), Innenbeleuchtung, die Scheibenwischer sowie Heizung. Die eingesetzten Fahrzeuge verfügten über eine Heizspirale mit einer Leistung von 2 kW. Bereits einfache Modellrechnungen legen nahe, dass die Kabinenheizung einen reichweitenkritischen Einflussfaktor darstellt: 2 kW Heizleistung über 8 Arbeitsstunden verteilt verbrauchen 16 kWh, was bei den eingesetzten Fahrzeugen zwischen 21 % und 26 % der Gesamtkapazität der Traktionsbatterie ausmacht. Kurzfristig wurden die folgenden Maßnahmen getroffen, um dem Reichweitenverlust entgegenzuwirken:

- Die Fahrer wurden angewiesen von der Heizspirale keinen Gebrauch zu machen, da die Effektivität einer Kabinenheizung bei einer dreistelligen Zahl an Stopps und damit doppelt so hohen Zahl an Ein- und Ausstiegsvorgängen ohnehin begrenzt ist, gleich ob Heizspirale oder Abwärmeheizung (Verbrennungsmotor).

- In Einzelfällen wurde die Tourenplanung an die reduzierten Reichweiten angepasst, da keine Nachlademöglichkeit gegeben war.
- Durchführung spezieller Fahrertrainings in Bezug auf eine energieeffiziente Fahrweise.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Langfristig wurde entschieden, künftige Generationen des Paketwagens P80-E mit Sitzheizungen (Leistung: 60 W) auszustatten und auf Heizspiralen zu verzichten. Auf den Einbau eines separaten Heizelements wurde hier aus Gewichtsgründen verzichtet. Fahrzeuge dieser Generation sind in ELMO nicht mehr zum Einsatz gekommen.

In Bezug auf die Einsatzzuverlässigkeit machte UPS die Erfahrung, dass die genutzten Elektrofahrzeuge in ihrer Zuverlässigkeit nicht vergleichbaren konventionellen Fahrzeugen entsprechen. Die Wiederinstandsetzung der Fahrzeuge führte bei der für den Umgang mit E-Antrieben geschulten betriebseigenen Werkstatt zu einem hohen Personalaufwand, da fehlendes Erfahrungswissen in Bezug auf Fehlerdiagnose und -behebung den Prozess zeitlich in die Länge zogen. Vereinzelt mussten Fahrzeuge per Tieflader zum rd. 470 km entfernten Standort von EFA-S (und nach der Reparatur wieder zurück) transportiert werden. Einzelne, durch das betriebseigene Personal nicht behebbare Defekte konnten damit schnell Fahrzeugausfälle von einer Woche und nicht unerheblichen logistischen Zusatzaufwand (Tiefladerfahrt) nach sich ziehen.

Für UPS ergab sich aus dem Feldtest im Hinblick auf einen langfristigen Einsatz die Herausforderung, dass die E-Fahrzeuge die Referenz „konventionelles Fahrzeug“ in puncto Einsatzzuverlässigkeit und Planungssicherheit (Reichweite) erreichen müssen, bevor die Paketfahrzeugflotten einzelner Standorte in größerem Umfang elektrifiziert werden können. Es war in der Projektlaufzeit festzustellen, dass es über das erwartete Maß hinaus zu Besonderheiten oder Störungen kam, was eine gewisse Unzufriedenheit bei den Mitarbeitern hervorrief. Diese, teilweise auf Anwendungsfehler beruhenden Störungen, wurden in der Projektlaufzeit jedoch behoben und nicht als wesentliche Hemmnisse der Elektromobilität betrachtet.

Nach weiteren Auswertungen von UPS konnte die Einsatzreichweite der Fahrzeuge durch den Einbau größerer Traktionsbatterien (77 kWh anstatt 61 kWh) nicht wie gewünscht gesteigert werden. Als mögliche Erklärung gab UPS an, dass das durch die Vergrößerung der Batteriepacks ebenfalls gestiegene Eigengewicht den kilometerbezogenen Fahrstromverbrauch in einem Maße steigerte, so dass der erwartbare Zugewinn an Fahrreichweite teils kompensiert wurde.

Die Beurteilung der E-Fahrzeuge durch die Paketzusteller (Fahrer) ist für UPS ein entscheidender Faktor für einen erfolgreichen Einsatz. Seitens der Fahrer wurden verschiedene Aspekte der E-Fahrzeuge positiv herausgestellt:

- Die Fahrdynamik, die vibrationsarme Fahrt und das schaltlose Fahren wurden als Erleichterung gegenüber den üblichen Dieselwagen mit Schaltgetriebe empfunden.
- Die schnellere Betriebsbereitschaft gegenüber einem erst anzulassenden Verbrennungsmotorfahrzeug.
- Die Zeitersparnis am Ende der Schicht, die sich ergibt, da keine Betriebstankstelle (mit Fahrzeugwarteschlange) angefahren werden muss und das Fahrzeug direkt am Ladeplatz abgestellt werden kann.
- Die geringe Geräuschbelastung in der Fahrerkabine während der Fahrt.

Negative Äußerungen der Fahrer betrafen ausschließlich den Umstand, dass es sich bei den eingesetzten Konversionsfahrzeugen um umgebaute Altfahrzeuge mit einer nicht mehr als zeitgemäß empfundenen Komfortausstattung handelt:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- Per Transponder steuerbare Zentralverriegelung moderner Dieselfahrzeuge war nicht vorhanden, vielmehr mussten die Fahrzeuge zeitaufwändig manuell geöffnet und verriegelt werden.
- Lenkunterstützung war weniger kräftig als bei modernen Dieselfahrzeugen, so dass Lenken, Kurvenfahrten und Rangieren mehr Kraft kostete.

Während der Feldtests waren die Fahrzeuge mit zahlreichen Kunden in Kontakt. Auffällig war, dass das deutliche Interesse Außenstehender für Kosten und Leistungsfähigkeit des Antriebs. Die Fahrer wurden zu Beginn häufig auf die leise rollenden Fahrzeuge angesprochen. Aufgrund der festen Servicegebiete und der nahezu täglichen Präsenz der Fahrzeuge etablierte sich eine gewisse Bekanntheit, so dass die Fahrer angaben, gegen Projektende deutlich seltener auf die E-Antriebe angesprochen worden zu sein.

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

Fraunhofer IML

Im Rahmen der Startphase der Feldversuche zeigte sich, dass das in AP 4 am Fraunhofer IML zur Fahraufzeichnung entwickelte Tracking-Gerät (Datenlogger) bei allen Partnern aufgrund datenschutzrechtlicher Hürden und vorhandener Betriebsvereinbarungen nicht für die Datensammlung eingesetzt werden konnte. Als Surrogat entwickelte das Fraunhofer IML daraufhin einen projektinternen Prozess zur manuellen Zusammenführung von Fahrtenbuchaufzeichnungen, um den Ansprüche des zentralen Datenmonitorings der Begleitforschung gerecht werden zu können.

Dieser Prozess wurde mit den Partnern abgestimmt, so dass in regelmäßigen Abständen Listen mit Fahrt-, Lade- und Ausfallinformationen beim Fraunhofer IML eintrafen, die manuell plausibilisiert, harmonisiert und zusammengeführt wurden.

Im Rahmen von Projekttreffen und Telefonkonferenzen sorgte das Fraunhofer IML für einen regelmäßigen Wissensaustausch unter den Partnern; zusätzlich führte das Fraunhofer IML Befragungen mit wesentlichen Akteuren auf Seiten der Praxispartner (Manager und Fahrzeugnutzer) durch, um die in Listenform gemeldeten Informationen mithilfe selbst aufgezeichneter quantitativer wie qualitativer Daten zu validieren.

Kurzzusammenfassung AP 5

- Ziel von AP 5 bestand im Wesentlichen darin, die Feldtests in Abstimmung mit dem Fraunhofer IML durchzuführen.
- Alle Partner setzten die Fahrzeuge wie geplant in Feldtests ein, mussten jedoch individuelle Anpassungen an den zum Antragszeitpunkt geplanten Einsatzszenarien vornehmen (z. B. jeweils reichweitenbedingter Wegfall des Zwischenwerksverkehrs zugunsten eines reinen Stadtverkehrs bei Busch-Jaeger Elektro oder winterliche Tourverkürzungen bei UPS).
- Alle Partner wurden durch das Fraunhofer IML in einen umfassenden Datensammelprozess eingebunden; Kern war die händische Aufnahme von Fahrt- und Ladedaten, um die Nicht-Einsatzbarkeit automatischer Datenlogger zu kompensieren. Diese Daten wurden durch das Fraunhofer IML bereinigt,

durch Befragungen der Partner plausibilisiert und über ein einheitliches Austauschformat an die Begleitforschung übermittelt.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- Mit Ausnahme von CWS-boco, deren Fahrzeuge technisch nicht mehr betriebsbereit sind, haben alle Praxispartner den Feldtest damit beendet, dass sie weiterhin E-Fahrzeuge nutzen. Aufgrund mangelnder effektiver Einsatzreichweite hat Busch-Jaeger Elektro den ursprünglich beschafften Citroën C-Zero durch einen VW E-Golf ersetzt, während TEDi Logistik und UPS ihre im Projekt angeschafften Nutzfahrzeuge in den Regelbetrieb überführt haben.
- AP 5 bildete damit die Basis für den Großteil Daten (quantitativ wie qualitativ), die für Auswertung und Begleitung durch das Fraunhofer IML benötigt wurden (AP 6.1)
- Busch-Jaeger Elektro: Überprüfung ergab, dass DC-Schnellladung für den durchgeführten kleinen Flottentest mit einem E-Fahrzeug weder technisch noch ökonomisch sinnvoll war. Daher wurde die beantragte DC-Schnellladeinfrastruktur nicht beschafft und stattdessen eine AC-Schonladeinfrastruktur aufgebaut. In der Testphase ergab sich für das Fahrzeug eine Effektivreichweite, die deutlich unter den für den geplanten Fahrzweck nötigen Mindestreichweiten lag, so dass der Feldtest entsprechend angepasst wurde. Das E-Fahrzeug wurde durch ein nicht gefördertes E-Fahrzeug gegen Projektende ersetzt. So konnten zusätzliche Benchmarkdaten gesammelt werden, die ursprünglich nicht vorgesehen waren. Die Ladeinfrastruktur zeigte sich im gesamten Projektverlauf als zuverlässig, eine durchgängige Nutzung war problemlos möglich. Zur Vermeidung versicherungstechnischer Probleme schränkte Busch-Jaeger Elektro den Nutzerkreis des E-Fahrzeugs im Gegensatz zum konventionellen Fuhrpark ein.
- CWS-boco: Der Einsatz der Fahrzeuge für kombinierte Zustell- und Sammeltouren von Textilien gelang vornehmlich am Standort Solingen. Das in Bochum stationierte Fahrzeug zeigte sich technisch stark anfällig und musste häufig aus dem operativen Geschäft abgezogen und gewartet werden. Die Nutzung der Ladeinfrastruktur war hingegen problemlos möglich. Ein technischer Mangel, der wiederholt dazu führte, dass das Fahrzeug spontan während der Fahrt den Antrieb abschaltete, veranlasste CWS-boco letztendlich, das Fahrzeug aus Sicherheitserwägungen stillzulegen, da der Defekt durch die eingesetzten Servicepartner während der Projektlaufzeit nicht behoben werden konnte. Nach dem Ausfall des zuverlässig operierenden Fahrzeugs in Solingen Anfang 2014 wurde dieses durch Smith Electric Vehicles ebenfalls nicht wieder instandgesetzt. Aufgrund der nach wie vor vorhandenen technischen Defekte wurden die Fahrzeuge nicht in den Regelbetrieb übernommen.
- TEDi Logistik: Trotz Beschaffungsverzug (bedingt durch Konstruktions- und Liquiditätsprobleme seitens EMOSS B.V.) gelang der Testbetrieb bei TEDi Logistik wie geplant (lediglich zeitlich nach hinten verschoben), so dass ein E-Fahrzeug über ein vollständiges Jahr Daten für Begleitforschung und Fraunhofer IML sammeln konnte. Die Möglichkeit zur Ferndiagnose durch den Umbauer EMOSS B.V. ermöglichte zahlreiche Detailverbesserungen, so dass technische Qualität und Einsatzverfügbarkeit des zweiten von TEDi Logistik angeschafften Fahrzeugs gegenüber dem ersten Fahrzeug deutlich höher sind. Der tägliche Fahrzeugeinsatz konnte wie geplant realisiert werden, d. h. es wurden pro Fahrzeug mitunter mehrere Touren zur Filialversorgung gefahren.

Die Nutzung der Ladeinfrastruktur war problemlos. Die E-LKW wurden über die Testphase hinaus in den Regelbetrieb am Standort Dortmund-Brackel übernommen, ein weiterer Ausbau der E-Flotte ist gegenwärtig im Gange.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- UPS: Mit minimalen zeitlichen Abweichungen zum beantragten Testzeitraum konnte UPS die sechs P80-E in Betrieb nehmen und damit vorhandene, bisher mit Dieselfahrzeugen bediente Touren elektrifizieren. Während die Ladeinfrastruktur einwandfrei und zuverlässig funktionierte, wichen die Fahrzeuge in puncto Zuverlässigkeit und Einsatztauglichkeit noch von Dieselfahrzeugen ab. UPS musste teilweise hohen personellen und zeitlichen Aufwand leisten, um Fahrzeugausfälle zu kompensieren; z. T. war es erforderlich, die Fahrzeug vom Paketzentrum Herne-Börnig bis nach Zell zu EFA-S zu transportieren, um Defekte zu beheben bzw. um proaktiv Verbesserungen vornehmen zu können, die durch die Behebung von Defekten an anderen Fahrzeugen erst offenbar wurden. Nach Auswertungen von UPS konnte die Einsatzreichweite der Fahrzeuge durch den Einbau größerer Traktionsbatterien (77 kWh anstatt 61 kWh) nicht wie gewünscht gesteigert werden. Neben dem zusätzlichen Eigengewicht machte UPS einen weiteren möglichen Grund für diesen Effekt aus, nämlich die zusätzlich erforderliche Verkabelung, die einen messbaren Leitungsverlust mit sich brachte. Darüber hinaus stellte sich die mit der erhöhten Kapazität einhergehende Verlängerung der Ladezeit auf 12 Stunden als problematisch heraus, so dass diese Fahrzeuge nicht immer bis zur nächsten Schicht hinreichend geladen werden konnten. Teilweise wurde der unvollständige Ladevorgang abgebrochen, was sich als Problem herausstellte, da in diesen Fällen manche Batteriezellen kaum geladen waren und so bereits nach kurzer Fahrstrecke die Gefahr einer Tiefenentladung drohte, so dass das betroffene Fahrzeug zur Sicherheit den Antrieb abschaltete. Als wesentlicher Faktor wurde seitens UPS das Batteriemangement identifiziert: Dieses begann erst ab einem Batteriezustand (State of Charge, SOC) von 80 % damit, so genanntes „Load Balancing“ bei der Batterieladung zu nutzen, d. h. eine gleichmäßige Ladung der Zellen anzustreben. Wurde der Ladevorgang unterbrochen, bevor das Load Balancing wirksam die Zellen gleichmäßig laden konnte, war es möglich, dass ein Fahrzeug eine akzeptable Gesamtladung aufweist, jedoch einzelne Zellen kurz vor der einsatzkritischen Tiefenentladung stehen. Diese Erfahrungen führten bei UPS und dem Fahrzeugumbauer EFA-S zu wesentlichem Erkenntnisgewinn im Hinblick auf die Optimierung des Verhaltens des Batteriemagements zur Vermeidung von schädlichen Tiefenentladungen.

2.5.2 AP 5.2: Aufbau einer Weiterbildung für das Servicepersonal der Partner

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Wirtschaftsförderung Dortmund	Alleinverantwortlich

Tabelle 17: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 5.2

Ziel dieses Arbeitspakets war es, die Effizienz des Fahrzeugeinsatzes bei den Praxispartnern zu steigern, und zwar durch:

- Verbesserung der Service-**Infrastruktur** für E-Fahrzeuge vor Ort, so dass bei Fahrzeugausfällen unnötige Wartezeiten aufgrund von Engpässen in den Fahrzeugwerkstätten auftreten,
- **Schulung** der Fahrer der E-Fahrzeuge im Hinblick auf die Besonderheiten des E-Antriebs und der Entwicklung einer sparsamen Fahrweise,

- **Vermessung** der Fahrzeuge durch Dritte im Hinblick auf die Energiebedarfe (externer Benchmark) als Messlatte für eventuelle Reichweitenverbesserungen durch technische Verbesserungen oder angepasste Fahrweisen.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Infrastruktur

Bereits im Beschaffungsprozess der Fahrzeuge zeigte sich bspw. im Falle von TEDi Logistik oder UPS, dass große räumliche Distanzen zwischen Einsatzort der Fahrzeuge und möglichen Wartungsbetrieben die tatsächliche Einsatzverfügbarkeit der Fahrzeuge negativ beeinflussen, da Fahrzeuge mit Antriebsdefekten per Tieflader über längere Distanzen hin- und wieder zurücktransportiert werden müssen. Sind Servicebetriebe vor Ort vorhanden, wird dadurch mindestens ein Tiefladereinsatz eingespart, da das wieder instand gesetzte Fahrzeug den Rückweg mit eigenem Antrieb bewältigen kann. Zudem sind persönliche Absprachen sowie der Austausch von Teilen oder Dokumenten zwischen Fahrzeugeigner und Reparatuer schneller abzuwickeln.

Sowohl der in Dortmund ansässige „Fachverband Elektro- und Informationstechnische Handwerke Nordrhein-Westfalen (FEH-NRW)“ als auch die Handwerkskammer wurden im ersten Halbjahr 2013 durch die Wirtschaftsförderung Dortmund als Multiplikator zur Aktivierung lokaler Handwerksbetriebe aus den Bereichen Elektrotechnik, Informationstechnik und Elektromaschinenbau kontaktiert, um Aufmerksamkeit für die Marktchancen im Bereich E-Mobilität zu schaffen. Ebenso wurden im zweiten Halbjahr 2013 verschiedene in Dortmund und Umgebung ansässige und im Nutzfahrzeugbereich tätige Fahrzeuganbieter (regionale Organisation) sowie herstellerunabhängige KFZ-Werkstätten gezielt angesprochen. Mit der in Dortmund ansässigen Firma Wilhelm Molitor GmbH & Co. KG wurde ein OEM-unabhängiger Nutzfahrzeug-Servicebetrieb als Servicepartner für E-LKWs gewonnen. „Wir blicken in die Zukunft“, so definierte der Inhaber sein Engagement. Das Unternehmen hat zwei Mitarbeiter als Hochvolttechniker schulen lassen, um diese zur Wartung batterieelektrischer Fahrzeuge einsetzen zu können. Zudem vertiefte das Unternehmen seine bereits bestehenden Geschäftsbeziehung mit der TEDi Logistik dadurch, dass Wilhelm Molitor Zugriff auf die vollständigen Baupläne, Blaupausen und Stücklisten der von TEDi Logistik beschafften CM 1216 erhielt. Für aufwändigere Wartungsaufgaben konnte Wilhelm Molitor über die Fernwartungsschnittstelle Daten und Instruktionen mit dem niederländischen Fahrzeugumbauer austauschen. Als Problem erwies sich im Laufe der Zeit die mangelnde Routine bei Fragen zu elektrischen, elektronischen und IT-Problemen am Fahrzeug.

Der FEH-NRW hat den Messen Elektrotechnik 2013 und 2015 (Dortmund) gemeinsam mit der Wirtschaftsförderung Dortmund in einer eigens für das Thema reservierte Halle zusammen mit Anbietern von Ladeinfrastruktur und Elektrofahrzeugen für das Thema Elektromobilität insbesondere für die Zielgruppe Handwerk und Unternehmen mit Fachvorträgen, Best Practise Beispielen und einem Fahrparcours geworben. Zudem wurde in der Aus- und Weiterbildung von Fachbetrieben das Thema Elektromobilität speziell mit dem Hintergrund Ladeinfrastruktur gelehrt. Auch gibt es für Mitglieder Leitfäden zur Ladeinfrastruktur.

Die Handwerkskammer Dortmund hat 2012 einen Antrag zur Beschaffung und zum Aufbau eines Hochvolt-Labors für Hybrid- und Elektrofahrzeuge gestellt, um zukünftige KFZ-Mechatroniker auf diesem Gebiet zu schulen. Der Antrag wurde von der Wirtschaftsförderung unterstützt. Da der Zuwendungsbescheid erst 2015 eingetroffen ist, wird das neue Ausbildungszentrum voraussichtlich im Januar 2016 eingeweiht werden. Damit konnte die beabsichtigte Weiterbildung für Kraftfahrzeugbetriebe nicht wie geplant durchgeführt werden. Diese Aufgabe hat die Hochschule Bochum übernommen.

Fahrer- und Multiplikatoren-schulung

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Bereits in den Arbeiten in AP 4 wurde deutlich, dass die Reichweitenbeschränkung der Fahrzeuge die schärfste Restriktion bei der Gestaltung der Fahrzeugeinsatzkonzepte und der Zuschnitte der Einsatzgebiete darstellt. Um den zukünftigen Nutzern den Einstieg in die Welt der Elektromobilität zu erleichtern und die Besonderheiten im Umgang mit Elektrofahrzeugen aufzuzeigen, wurde eine zweitägige Multiplikatoren-schulung („Train the Trainer“) als Fortbildungsworkshop erarbeitet, organisiert und durchgeführt. Vorab wurde eine Leistungsbeschreibung erstellt, in welcher die konkreten Anforderungen an die Schulung hinsichtlich Inhalte, Ziele, Anzahl der TeilnehmerInnen, Schulungskonzept, Ort und Zeitraum, Voraussetzungen, Durchführung, Schulungsunterlagen und Zertifizierung beschrieben wurden. Die E-Fahrzeuge (Renault Kangoo ZE) wurden von der Stadt Dortmund zur Verfügung gestellt. Nachfolgende Trainingsinhalte wurden u.a. geschult:

- Elektromobilität – Vergleiche der Antriebstechnologien
- Vergleich konventionelle Fahrzeuge zu E-Fahrzeugen
- Ladearten und –techniken
- Sicherheit und Risiken in Elektrofahrzeugen
- Wirtschaftliches Fahren und Reichweitenoptimierung
- Vorstellung verschiedener Fahrzeugtypen
- Praktische Schulung am E-Fahrzeug inkl. Testfahrt

Den Fahrern wurden insbesondere Möglichkeiten zum energieeffizienten Umgang mit den E-Antrieben aufgezeigt. Dabei wurde das Ziel verfolgt, über ein besseres Verständnis seitens des Personals für die Wirkungsweise des Antriebs und der Bremsenergie-rückgewinnungssysteme (Rekuperation) zu sparsamerer Fahrweise und damit erhöhter Fahrzeugreichweite anzureizen. Organisiert durch die Wirtschaftsförderung Dortmund fand dazu am 23. und 24.09.2013 ein spezielles Fahrertraining in Dortmund-Hörde (Phoenix West) statt.

2.6

AP 6: Auswertung und Begleitung der Feldtests

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

2.6.1 AP 6.1: Wissenschaftliche Begleitung der Fahrversuche und Feldtests

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Alleinverantwortlich für wissenschaftliche Begleitung ohne Ausschreibung und organisatorische Abwicklung der projektexternen Fahrzeugvermessung
Wirtschaftsförderung Dortmund	Ausschreibung und organisatorische Abwicklung der projektexternen Fahrzeugvermessung

Tabelle 18: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 6

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

In AP 5.1 setzten die Partner ihre Fahrzeuge in Feldtests ein und sammelten gemeinsam mit dem Fraunhofer IML zahlreiche Datensätze (vgl. Details weiter unten), um Phasen der Nutzung, Nicht-Nutzung und Batterieladung aufzunehmen. Zudem wurden seitens der Partner weitere Parameter abgefragt, die für die Anwendung des in AP 3 entwickelten Bewertungsmodells benötigt wurden. Diese Daten umfassten vorrangig Informationen über die jeweils vorhandene Flotte konventioneller Fahrzeuge sowie hinsichtlich des verwendeten Strommixes und der relevanten Strompreise. Als Quelle historischer Kraftstoffpreise verwendete das Fraunhofer IML den „Weekly Oil Bulletin“ der Europäischen Union¹, der seit 1994 pro Mitgliedsland der EU im Wochenrhythmus gemittelte Preise für verschiedene Kraftstoffsorten (darunter Diesel und Superbenzin) veröffentlicht.

Als ersten Schritt zur Anwendung des Bewertungsmodells wertete das Fraunhofer IML die Daten jedes Fahrzeugs des E-Fuhrparks der Praxispartner über den Einsatzzeitraum im Hinblick auf die folgenden Leistungskennzahlen aus:

- Nutzungsintensität des Fahrzeugs,
- Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite des Fahrzeugs,
- Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs für den vorliegenden Anwendungskontext,
- Relativer Fahrstromverbrauch in kWh/100 km,
- Geschätzte Einsparung an Treibhausgasemissionen,
- Ersparnisbeitrag des Fahrzeugs als Kostendifferenz gegenüber den Benchmarkdaten der Partner.

¹ Regelmäßig aktualisiert und frei abrufbar unter <https://ec.europa.eu/energy/en/statistics/weekly-oil-bulletin>

Im Folgenden werden die für die Auswertungen durchgeführten Rechenschritte konzeptionell kurz vorgestellt. Da die vorliegenden Daten auf ein abgestimmtes Format zurückgreifen, konnten die Berechnungen für alle Partner im Wesentlichen auf dieselbe Weise erfolgen, so dass eine Darstellung im Kontext jedes Partners nicht sinnvoll erscheint.

Nutzungsintensität des Fahrzeugs

Unter „Nutzungsintensität“ soll für ein bestimmtes Fahrzeug das Verhältnis zwischen tatsächlichen Nutzungstagen und maximal möglichen Nutzungstagen verstanden werden:

$$\text{Nutzungsintensität} = \frac{\text{Anzahl Tage tatsächlicher Fahrzeugnutzung}}{\text{Maximale Anzahl an möglichen Nutzungstagen}}$$

Dabei werden Tage, an denen ein Fahrzeug mehrere separate, ggf. durch Zwischenladungen getrennte, Fahrten gemacht hat, als ein Nutzungstag gezählt. In einem Monat entspricht die maximale Zahl der möglichen Nutzungstage der Anzahl Werktage (ohne Samstage), die gemäß Betriebskalender des Projektpartners auch regulär gearbeitet wurde. So zählen bspw. geplante Werksferien nicht zur Zahl der maximal möglichen Nutzungstage.

Die Größe ist dimensionslos bzw. in Prozent angegeben.

Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite des Fahrzeugs

Unter „Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite“ soll für ein bestimmtes Fahrzeug das Verhältnis von eingesetztem Fahrstrom pro Fahrt und maximaler Kapazität der Traktionsbatterie verstanden werden:

$$\text{Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite} = \frac{\text{Fahrstromverbrauch}}{\text{Maximalkapazität Traktionsbatterie}}$$

Eine Fahrt ist dabei definiert als eine Fahrzeugbewegung zwischen zwei Batterieladevorgängen.

Die Größe ist dimensionslos bzw. in Prozent angegeben.

Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs für den vorliegenden Anwendungskontext

Die „Rechnerische Maximalreichweite“ wird für eine Fahrt (wie zuvor definiert) wie folgt bestimmt:

- Für den Fall, dass die Fahrt die Traktionsbatterie soweit beansprucht hat, dass bei Fahrtende ein kritischer Ladezustand erreicht wurde, entspricht die tatsächliche Fahrtlänge der Maximalreichweite. Die Höhe dieses kritischen Ladezustands definierten die Projektpartner selbst als gewünschten Prozentsatz in Bezug auf den Ladestand der Batterie. Hintergrund war hier das Bestreben der Praxispartner, schädigende Tiefenentladungen der Batteriepacks zu verhindern.
- Für Fälle, in denen eine Fahrt die Traktionsbatterie nicht bis zur Erreichung des kritischen Bereichs entladen hat, berechnet sich die „rechnerische Maximalreichweite“ als Summe der tatsächlich gefahrenen Strecke und der Distanz, die sich bei gleichbleibendem Fahrstromverbrauch aus der Restladung

der Traktionsbatterie (abzüglich der nicht anzutastenden kritischen Reserve) ergibt:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

$$\begin{aligned} & \text{Rechnerische Maximalreichweite} \\ = & \text{Tatsächliche Fahrstrecke} \\ + & \frac{\text{Maximalkapazität Traktionsbatterie} \cdot (1 - \text{kritischer Ladezustand in \%})}{\text{Tatsächlicher Fahrstromverbrauch}} \end{aligned}$$

Die Größe ist in Kilometern angegeben.

Relativer Fahrstromverbrauch in kWh/100 km

Unter dem „relativen Fahrstromverbrauch“ wird für eine Fahrt (wie zuvor definiert) der auf eine Fahrstrecke von 100 km normierte Quotient von tatsächlich realisiertem Fahrstromverbrauch und realer Fahrstrecke verstanden:

$$\text{Relativer Fahrstromverbrauch} = \frac{\text{Tatsächlicher Fahrstromverbrauch}}{\text{Tatsächlicher Fahrstrecke}} \cdot 100 \text{ km}$$

Die Größe ist in kWh/100 km angegeben.

Geschätzte Einsparung an Treibhausgasemissionen

Für jedes Fahrzeug erfolgte eine Abschätzung der eingesparten Treibhausgasemissionen gemäß DIN EN 16258:2013. Dabei wurde eine reine Tank-to-Wheel-Betrachtung zugrunde gelegt, d. h. Bereitstellungsemissionen ausgeklammert. Die Berechnungen basierten auf den tatsächlich zurückgelegten Fahrstrecken der E-Fahrzeuge, für die der durchschnittliche Verbrauch eines typischerweise eingesetzten Verbrennungsmotorfahrzeugs, gemessen in Litern Kraftstoff pro 100 km, angesetzt und mit den jeweiligen Emissionsfaktoren der o.g. Norm verrechnet wurde:

$$\text{Geschätzte Ersparnis Treibhausgasemissionen} = \frac{\text{Tatsächliche Fahrstrecke}}{\text{Durchschnittsverbrauch konventionelles Fahrzeug}} \cdot \text{Emissionsfaktor}$$

Die Größe ist in kg CO₂-Äquivalenten (CO_{2e}) angegeben.

Ersparnisbeitrag des Fahrzeugs als Kostendifferenz gegenüber den Benchmarkdaten der Partner

Unter dem Ersparnisbeitrag eines Fahrzeugs werden die kalkulatorischen Mehrkosten des Einsatzes eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotors anstelle des tatsächlich genutzten Elektrofahrzeugs verstanden. Diese Kostendifferenz wurde pro Fahrt bestimmt und anschließend über die Zeit aggregiert. Die kalkulatorischen Kosten für konventionellen Kraftstoff wurden dabei für eine Fahrt (wie oben definiert) aus drei Angaben ermittelt:

- Der tatsächlichen Länge der Fahrt in Kilometern,
- dem durchschnittlichen Verbrauch eines typischerweise eingesetzten Verbrennungsmotorfahrzeugs, gemessen in Litern Kraftstoff pro 100 km,
- dem gemäß EU Oil Bulletin für den Zeitpunkt der Fahrt durchschnittlich gültigen Kraftstoffpreis pro Liter (netto).

Von diesen kalkulatorischen Kosten wurden die realen fahrtbezogenen Fahrstromkosten abgezogen, die sich aus den folgenden Größen berechneten:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- Dem tatsächlichen fahrtbezogenen Stromverbrauch des jeweilig eingesetzten Elektrofahrzeugs, gemessen in kWh,
- dem von dem Unternehmen ausgehandelten individuellen Strompreis pro kWh (netto).

Ersparnisbeitrag einer Fahrt

$$= \frac{\text{Tatsächliche Fahrstrecke}}{\text{Durchschnittsverbrauch konventionelles Fahrzeug}} \cdot \text{mittlerer Kraftstoffpreis} \\ - \frac{\text{Tatsächlicher Fahrstromverbrauch}}{\text{individueller Strompreis}}$$

Pro Fahrt wurde ein Geldbetrag in Euro ermittelt.

Diese aus dem tatsächlichen Fahrzeugeinsatz gewonnenen und in ersten Auswertungen verdichteten Primärdaten wurden abschließend anhand der wesentlichen Ergebnisse der durch die EMC Test NRW GmbH extern durchgeführten Fahrzeugvermessung validiert. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Messungen sind im folgenden Abschnitt dargestellt, die Prüfberichte dieser Ausarbeitung beigelegt.

Die in AP 6.1 gewonnenen Detailergebnisse und Erkenntnisse bilden gemeinsam mit den erhobenen qualitativen Informationen und den in AP 5.1 beschriebenen Praxiserfahrungen der Partner die Basis für die Erarbeitung eines optimierten Systemkonzepts für die Partner selbst (AP 7.1) und für die Ableitung allgemeiner Handlungsempfehlungen für Nutzer gewerblicher E-Mobilität (AP 7.3).

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Wirtschaftsförderung

2.6.1.1 Externe Benchmarktests zur Vermessung von Nutzfahrzeugen für den E-Wirtschaftsverkehr

Mit einer projektexternen Vermessung der Fahrzeuge wurde primär angestrebt, die während der Feldtests aufgenommenen Fahrstromverbräuche von dritter Seite zu validieren bzw. durch Benchmarks ggf. Optimierungspotenziale im Fahrzeugeinsatz aufzudecken. So sollte den Disponenten mehr Sicherheit bei der Festlegung der Routen gegeben und ein weiterer Anreiz zum Einsatz von elektromobilen Nutzfahrzeugen geschaffen werden. Zusätzlich sollte das technische Zusammenspiel von Fahrzeugen und Infrastruktur, die Einhaltung geltender Normen und Sicherheitsstandards sowie unerwünschte elektromagnetische Wechselwirkungen und eventuelle Grenzwertüberschreitungen von fachkundiger Seite untersucht werden. Die Ausschreibung dieser Leistungen sowie die organisatorische Abwicklung oblagen federführend der Wirtschaftsförderung Dortmund.

Die wesentlichen inhaltlichen Anforderungen für die Vergabe einer Vermessung von vier Fahrzeugen wurden bis Juni 2013 zusammengetragen und im zweiten Halbjahr 2013 schließlich bekanntgegeben. Es wurde zunächst nur ein Interessensbekundungsverfahren durchgeführt, da in der Region lediglich ein potenzieller Anbieter vermutet wurde. Mit TÜV Nord, TÜV Süd und der EMC Test NRW GmbH reagierten jedoch drei qualifizierte Anbieter auf die Veröffentlichung, so dass vergaberechtlich eine offizielle

Ausschreibung erforderlich war, die im 1. Quartal 2014 durchgeführt wurde. Auf diese (inhaltlich identische) Ausschreibung bewarb sich schließlich nur ein Konsortium aus EMC Test NRW GmbH und der ef.Ruhr GmbH / TU Dortmund. Die Auftragsvergabe erfolgte im März 2014, so dass die ersten der Fahrzeugvermessungen im Juni 2014 beginnen konnten. Diese Verzögerung bedingten dann weitere Verzögerungen seitens der Praxispartner, da die jeweiligen Fahrzeuge aus dem operativen Betrieb herausgelöst und adäquat ersetzt werden mussten. Der Partner CWS-boco konnte seine Fahrzeuge aufgrund technischer Probleme für Messungen nicht zur Verfügung stellen. Seitens der Konsortialführung wurde vorgeschlagen, die Prüfungsvorgänge als Mittel zur Fehlerfindung und Wiederinstandsetzung der Fahrzeuge und die Prüfprotokolle dafür als neutrales Gutachten einzusetzen. CWS-boco entschied, diese Möglichkeiten nicht zu nutzen. Über bestehende Kontakte zwischen Fraunhofer IML und der Nissan Center Europe GmbH wurde es möglich, den im Juni 2014 in Deutschland vorgestellten Lieferwagen e-NV200 von Nissan als kostenlosen Ersatz für den nicht mehr verfügbaren Smith Newton vermessen zu lassen und somit ein weiteres in den Wirtschaftsverkehren häufig verwendetes Fahrzeugsegment zu testen. Seitens der Konsortialführung wurde ebenfalls entschieden, anstelle des Citroën C-Zero von Busch-Jaeger Elektro einen batterieelektrischen Renault Kangoo ZE zu vermessen, da dieser insbesondere im Handwerk als auch bei Kurierfahrten oft eingesetzt wird. Dieses Fahrzeug wurde ebenfalls kostenlos von der Wirtschaftsförderung Dortmund bereitgestellt, von der es (als Teil des kommunalen Fuhrparks der Stadt Dortmund) regelmäßig genutzt wird. Der Ausfall des Smith Newton initiierte damit Umplanungen, die darin resultierten, dass die Benchmarktests nunmehr die gesamte Breite jener batterieelektrischer Nutzfahrzeuge abdecken, die im stadtnahen Verkehr typischerweise einsetzbar sind:

- ein 12 t schwerer Stückguttransporter: EMOSS CM 1216
- ein 7,5 t schwerer Transporter für Stückgut und Pakete: P80, umgebaut zum P80-E durch EFA-S (Anmerkung: auf Wunsch von UPS wurden hier keine Reichweitentests, sondern nur Tests der elektromagnetischen Verträglichkeit durchgeführt)
- ein 3,5 t schwerer Kleintransporter für Personen, kleinere Stückgüter oder Pakete: Nissan e-NV200
- ein 2,5 t schwerer Kastenwagen für kleinere Liefermengen oder Reparatur-/Dienstreisen: Renault Kangoo ZE

Die Prüfberichte sind dieser Ausarbeitung in digitaler Form beigelegt und werden im Folgenden auszugsweise wiedergegeben.

Analyseergebnisse des TEDI#1, Typ EMOSS CM 1216

gefahrte Kilometer [km]	195
geladene Energiemenge [kWh]	132,23
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	23
Verbrauch [kWh/km]	0,68
Batterietemperatur nach Fahrtende [°C]	-

Tabelle 19: EMOSS CM 1216: Messergebnisse des Reichweitentests der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	38
-------------------------	----

geladene Energiemenge [kWh]	25,72
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	85
Verbrauch [kWh/km]	0,68
Batterietemperatur nach Fahrtende [°C]	39

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Tabelle 20: EMOSS CM 1216: Messergebnisse einer Leerfahrt der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	38
geladene Energiemenge [kWh]	31,8
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	83
Verbrauch [kWh/km]	0,84
Batterietemperatur nach Fahrtende [°C]	50

Tabelle 21: EMOSS CM 1216: Messergebnisse einer simulierten Belieferungsfahrt (Leerfahrt nach Dortmund-Brackel und anschließende Auslieferungsfahrt) der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	37
geladene Energiemenge [kWh]	27,9
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	83
Verbrauch [kWh/km]	0,75
Batterietemperatur nach Fahrtende [°C]	32

Tabelle 22: EMOSS CM 1216: Messergebnisse einer simulierten Belieferungsfahrt (Auslieferungsfahrt und anschließende Leerfahrt nach Dortmund-Brackel) der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	35
geladene Energiemenge [kWh]	24,08
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	86
Verbrauch [kWh/km]	0,69
Batterietemperatur nach Fahrtende [°C]	38

Tabelle 23: EMOSS CM 1216: Messergebnisse einer Autobahnfahrt der EMC Test NRW GmbH

Der E-LKW der TEDI Logistik wird aufgrund der Messergebnisse für Lieferfahrten bis zu 200 km pro Batterieladung (inkl. einer Reserve) als geeignet eingestuft. Wie die Messungen zeigen, hängt der Fahrstromverbrauch vor allem von der Beladung (Nutzlast) ab. Die Messungen haben ferner gezeigt, dass der Unterschied im Fahrstromverbrauch pro 100 km zwischen der Stadtfahrt und der Autobahnfahrt gering ist.

Der Ladevorgang erfüllt die funktionalen Anforderungen, die Traktionsbatterien des Fahrzeugs mit der entsprechenden Ladeleistung zu laden. Allerdings kann durch die Umsetzung des Ladeprozesses nach DIN EN 61851 ein Komfortgewinn herbeigeführt werden. Hierzu sind die Ladepunkte entsprechend zu modifizieren.

Bei der dreiphasigen Ladung konnte hinsichtlich der Wirkleistungsaufnahme eine hinreichende Symmetrie der drei Phasen festgestellt werden, so dass hier keine Rückwirkungen auf den Netzanschlusspunkt zu erwarten sind. Bei voller Ladeleistung

zeigt der Ladegleichrichter ein fast optimales Verhalten hinsichtlich des Powerfaktors, allerdings kann seine Performance im Teillastbetrieb (insbesondere U-Ladekennlinie) optimiert werden. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass das Ladeverhalten bei den hier durchgeführten Messungen die Konformität des Netzanschlusspunktes nicht beeinträchtigt.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Analyseergebnisse des Nissan e-NV200

gefahrte Kilometer [km]	87,6
geladene Energiemenge [kWh]	26,47
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	0
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	58,4
Verbrauch [kWh/km]	0,30

Tabelle 24: Nissan e-NV200: Messergebnisse des Reichweitentests der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	38,4
geladene Energiemenge [kWh]	6,23
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	74 % / 109 km
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	22
Verbrauch [kWh/km]	0,16

Tabelle 25: Nissan e-NV200: Messergebnisse einer Stadtfahrt der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	36,2
geladene Energiemenge [kWh]	8,96
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	67 % / 75 km
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	49
Verbrauch [kWh/km]	0,25

Tabelle 26: Nissan e-NV200: Messergebnisse einer Autobahnfahrt der EMC Test NRW GmbH

Der Nissan ist bei realistischer Fahrweise für Fahrten bis ca. 100 km (inkl. Reserve) geeignet, wobei sich im Stadtverkehr durch entsprechende Fahrweise durchaus auch Reichweiten von bis zu 150 km (inkl. Reserve) erzielen lassen. Dies ist auf den Unterschied im Energieverbrauch zwischen Autobahn und Stadtfahrt zurückzuführen (0,16 kWh/km Stadtfahrt zu 0,25 kWh/km Autobahnfahrt). Folglich ist das Fahrzeug besonders effizient, wenn es im Stadtverkehr eingesetzt wird.

Der Ladevorgang erfüllt beim AC Laden an einer Ladestation nach DIN EN 61851, nach den gewonnenen Kenntnissen aus den durchgeführten Versuchen die Anforderungen. Aussagen zum Laden über Schuko-Steckdose und DC-Schnellladung können hieraus nicht abgeleitet werden.

Bei einer Ladeleistung von ca. 3,5 kW zeigt der Ladegleichrichter ein fast optimales Verhalten hinsichtlich des Powerfaktors, allerdings kann seine Performance im Teillastbetrieb (insbesondere U-Ladekennlinie) optimiert werden. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass das Ladeverhalten bei den hier durchgeführten Messungen die Konformität des Netzanschlusspunktes nicht beeinträchtigt.

Analyseergebnisse des Renault Kangoo ZE

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

gefahrte Kilometer [km]	106,00
geladene Energiemenge [kWh]	23,84
Restkapazität in % lt. Anzeige im Fahrzeug	0
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	34,08
Verbrauch [kWh/km]	0,22

Tabelle 27: Renault Kangoo ZE: Messergebnisse des Reichweitentests der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	27,8
geladene Energiemenge [kWh]	5,01
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	38,79
Verbrauch [kWh/km]	0,18

Tabelle 28: Renault Kangoo ZE: Messergebnisse einer Stadtfahrt der EMC Test NRW GmbH

gefahrte Kilometer [km]	58,10
geladene Energiemenge [kWh]	18,67
Durchschnittsgeschwindigkeit [km/h]	51,59
Verbrauch [kWh/km]	0,32

Tabelle 29: Renault Kangoo ZE: Messergebnisse einer Autobahnfahrt der EMC Test NRW GmbH

Der Renault ist bei realistischer Fahrweise für Fahrten bis ca. 100 km (inkl. Reserve) geeignet. Hierbei ist festzustellen, dass der Unterschied im Fahrstromverbrauch zwischen Autobahn und Stadtfahrt relativ hoch ist (0,18 kWh/km Stadtfahrt zu 0,32 kWh/km Autobahnfahrt). Folglich ist das Fahrzeug besonders effizient, wenn es im Stadtverkehr eingesetzt wird.

Der Ladevorgang erfüllt beim AC Laden an einer Ladestation nach DIN EN 61851, nach den gewonnenen Kenntnissen aus den durchgeführten Versuchen die Anforderungen. Aussagen zum Laden über Schuko-Steckdose können hieraus nicht abgeleitet werden.

Bei Ladeleistung von ca. 3,4 kW zeigt der Ladegleichrichter ein fast optimales Verhalten hinsichtlich des Powerfaktors, allerdings kann seine Performance im Teillastbetrieb (insbesondere Ladekennlinie) optimiert werden. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass das Ladeverhalten bei den hier durchgeführten Messungen die Konformität des Netzanschlusspunktes nicht beeinträchtigt. Unter besonderen Umständen (gleichzeitig viele ähnliche Ladevorgänge) kann jedoch das Ladeverhalten zu Problemen hinsichtlich der Leistungsaufnahme aus dem Netz führen und so gegebenenfalls zu Netzurückwirkungen führen (zum Beispiel Flicker).

2.6.1.2 Ergebnisse der Feldtestauswertungen für das Fahrzeug von Busch-Jaeger Elektro

Die folgenden Tabellen (Tabelle 30 bis Tabelle 33) geben einen Überblick über den Umfang der von Busch-Jaeger Elektro im Rahmen von AP 5.1 gelieferten Daten, die in das Bewertungsmodell einfließen.

Fahrzeugtyp	Beginn	Ende	Kapazität Traktionsbatterie
Citroen C-Zero	04/2013	Stillgelegt 04/2014	14,5 kWh
VW E-Golf	04/2014	(noch in Betrieb)	24,2 kWh

Tabelle 30: Von Busch-Jaeger Elektro eingesetzte Fahrzeuge

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Abgegebene Strommenge
06/2014	10/2015	478	1.845 kWh

Tabelle 31: Umfang der von Busch-Jaeger Elektro gelieferten Ladedaten

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Zurückgelegte Fahrstrecke
04/2013	10/2015	667	21.834 km

Tabelle 32: Umfang der von Busch-Jaeger Elektro gelieferten Fahrtdaten

Strommix	Anteil Eigenstrom	Strompreis
Deutschland Standard	0 %	VERTRAULICH

Tabelle 33: Basisdaten für den Stromeinsatz von Busch-Jaeger Elektro

Vorabbemerkungen zu den Ergebnissen von Busch-Jaeger Elektro:

- Der Projektpartner Busch-Jaeger Elektro hat das im Laufe von ELMO angeschaffte Leasingfahrzeug Citroën C-Zero im April 2015 dem Leasinggeber nach Ablauf des Leasinggeschäfts wieder zurückgegeben und auf eigene Kosten einen E-Golf von Volkswagen angeschafft. Aus diesem Grund existieren zu Beginn von ELMO nicht eingeplante Fahrt- und Ladedatensätze, die als Benchmark nutzbar waren, da die Nutzungszeiträume der Fahrzeuge nur minimal überlappen (April 2015).
- Als einziger Praxispartner verfügte Busch-Jaeger Elektro pro Fahrzeug über mehrere mögliche Ladepunkte für E-Fahrzeuge an den Betriebsstandorten. Während die übrigen Praxispartner aufgrund des Fahrzeugeinsatzes auf Roundtouren fest zugeordnete Stellplätze mit speziell dort installierten Ladepunkten aufwiesen und damit für jedes Fahrzeug täglich zur Fahrt die benötigten Energiemengen per Fahrtenbuch protokollieren konnten, war es bei Busch-Jaeger Elektro nötig, Fahrtdaten aus manuellen Fahrtenbuchaufzeichnungen sowie automatisiert aufgezeichnete Daten der Ladepunkte zu verknüpfen. Aufgrund fehlerhafter Datenaufzeichnungen auf Seiten der Ladepunkte existieren deutlich mehr Fahrtdatensätze als dazu passende Ladedatensätze. Auswertungen, die lediglich auf den reinen Fahrzeugeinsatz abzielen, konnten daher auf eine breitere Basis zurückgreifen als Auswertungen, die sowohl Fahrkilometer als auch verbrauchte Strommengen benötigten. Da die gesammelten Daten eine tagesgenaue

Verknüpfung von Fahrten und zugehörigen Ladevorgängen nicht immer möglich machen, beziehen sich die folgenden Auswertungen stets auf breitere Zeiträume wie bspw. einen Monat oder eine Folge zusammenhängender Monate.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Nutzungsintensität der Fahrzeuge

Abbildung 21 illustriert die Nutzungsintensität des E-PKW vom Typ „C-Zero“ durch Mitarbeiter der Busch-Jaeger Elektro. Der Verlauf zeigt für Poolfahrzeuge typische schwankende Nutzung, speziell ist zu den Jahreswechsell und in den Sommermonaten (Ferienzeiten) eine deutliche Abnahme der Nutzungsintensität festzustellen. Über den gesamten Projektzeitraum erreichte das Fahrzeug eine Nutzungsintensität von 73 %. Bemerkenswert ist, dass die Nutzerakzeptanz des Fahrzeugs seitens der Mitarbeiter nicht beeinträchtigt wurde, obwohl frühe Feldtests Busch-Jaeger Elektro zwingen, vom Zwischenwerksverkehr zugunsten eines reinen Kurzstreckenstadtverkehrs Abstand zu nehmen. Das Vergleichsfahrzeug vom Typ „E-Golf“ erreichte nach etwa einem halben Jahr eine mittlere Nutzungsintensität von 65 % und wird nach Aussagen von Busch-Jaeger Elektro regelmäßig für den Zwischenwerksverkehr genutzt (vgl. auch Abbildung 22).

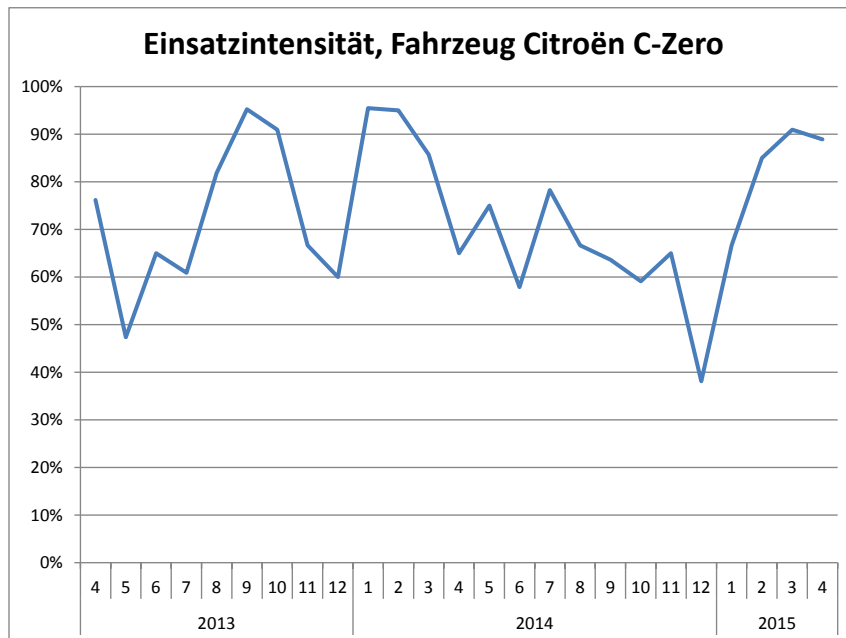
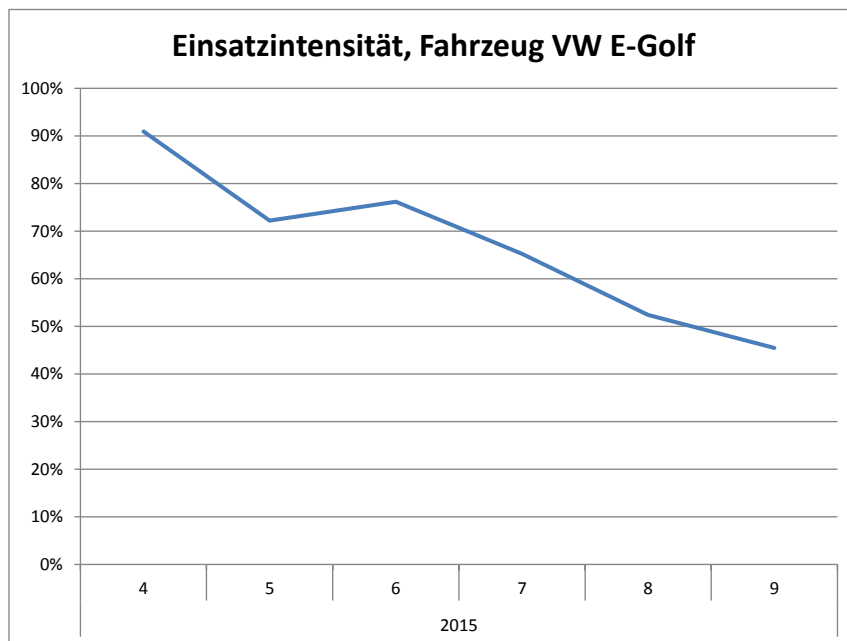


Abbildung 21: Einsatzintensität des Fahrzeugs MA-BB 1060 (Busch-Jaeger Elektro), PKW



Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Abbildung 22: Einsatzintensität des Fahrzeugs MA-BB 601 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Eine Fahrtenbuchauswertung konnte diese Aussagen bestätigen: Wie Tabelle 34 illustriert, beschränkte sich der Einsatz des C-Zero nahezu ausschließlich auf reine Kurzstreckenfahrten, während rund die Hälfte der E-Golf-Einsätze sowie der deutlich überwiegende Teil der Laufleistung auf Mittel- und Langstreckenfahrten entfielen.

Fahrzeug	Anteil Stadtfahrten	Kilometer Stadtfahrt	Kilometer sonst
C-Zero	96 %	13.655	855
E-Golf	54 %	1.076	6.218

Tabelle 34: Anteil der Stadtfahrten pro Fahrzeug bei Busch-Jaeger Elektro

Hinsichtlich der Einsatzintensität der Fahrzeuge von Busch-Jaeger Elektro ist abschließend festzuhalten, dass aufgrund des Einsatzzwecks keine kontinuierlich hohe Auslastung wie bspw. im täglichen Zustell- und Abholbetrieb der übrigen Partner zu erwarten war, da die PKW-Flotte (und damit auch die E-PKW) ein ad hoc nutzbares Mobilitätspotenzial für die Mitarbeiter der Busch-Jaeger Elektro darstellt, das bei Bedarf, aber nicht zwingend täglich, abgerufen wird. Zudem ist festzustellen, dass keines der Fahrzeuge einen ungeplanten Werkstattaufenthalt während der Datenerfassungsphase zu verzeichnen hatte.

Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite des Fahrzeugs

Die Beschränkung auf vergleichsweise kurze Fahrstrecken spiegelt sich auch in der Analyse der Ausnutzung des Leistungsvermögens der Fahrzeuge wider. Im Durchschnitt nutzten die Fahrten des C-Zero dessen Traktionsbatterie nur zu 34 % aus. Wie Abbildung 23 zeigt, ergaben sich über den Auswertungszeitraum auch keine bemerkenswerten Abweichungen von diesem Wert. Eine naheliegende Erklärung für den Anstieg dieses Kennwerts rund um den Jahreswechsel 2014 ist die physikalisch stärkere Beanspruchung der Batterie unter Winterbedingungen. Es kann hier resümiert werden, dass das Fahrzeug zwar (wie zuvor festgestellt) an vielen Tagen genutzt, aber hinsichtlich seines Leistungsvermögens bei Weitem nicht ausgelastet wurde.

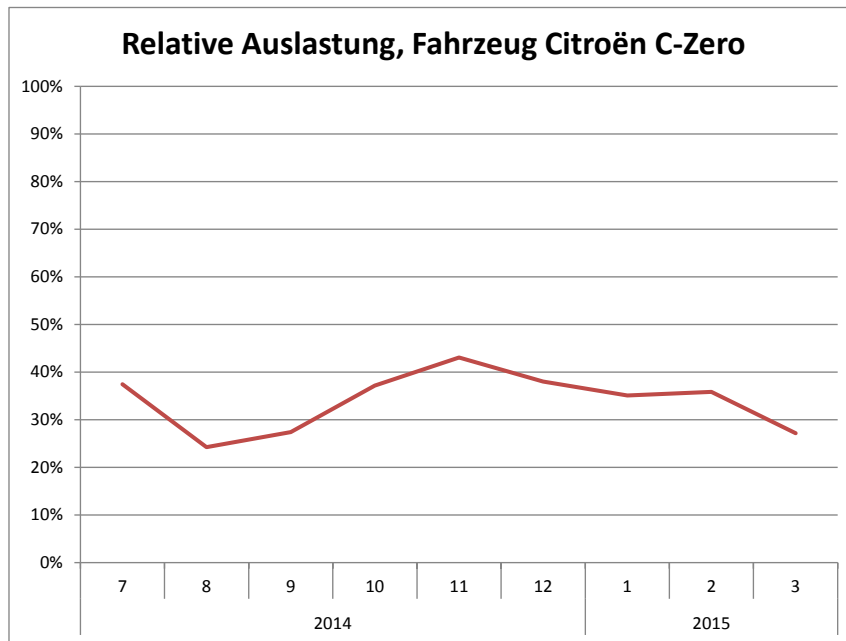


Abbildung 23: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug MA-BB 1060 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Demgegenüber illustriert Abbildung 24 die bereits durch Tabelle 34 sichtbare Entwicklung, dass die Substitution des C-Zero durch den E-Golf erstmals längere Strecken wie den ursprünglich geplanten Zwischenwerksverkehr tatsächlich ermöglichte.

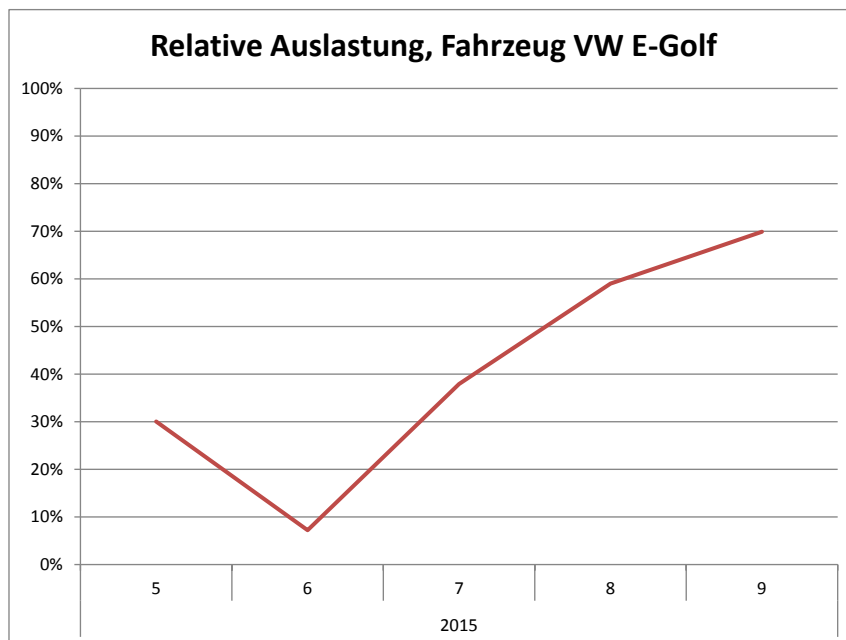


Abbildung 24: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug MA-BB 601 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Die Fahrtenbücher zeigten hier, dass die Nutzer bis Juni 2015 den E-Golf schwerpunktmäßig (mehr als 70 % der Fahrten) nur für die Kurzstrecke nutzten (ähnlich C-Zero), dann im Laufe des Juli und August dazu übergingen, vermehrt längere Strecken zu fahren. Im letzten ausgewerteten Monat (September 2015)

wurden ausschließlich Mittel- und Langstrecken gefahren. Das zunehmende Vertrauen der Nutzer passt zu dem in Abbildung 24 feststellbaren Anstieg des Reichweitenausnutzungsgrads.

Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs für den vorliegenden Anwendungskontext

Der in Abbildung 25 dargestellte Verlauf der rechnerischen Maximalreichweite des C-Zero belegt die Praxiserfahrungen von Busch-Jaeger Elektro in der Testphase: Zu keinem Zeitpunkt im Projekt konnte mit Sicherheit die für die Überbrückung der Distanz zwischen den beiden Standorte von Busch-Jaeger Elektro notwendige Reichweite von rund 90 km erzielt werden, obwohl sich wenige Fahrten finden, in denen das Fahrzeug tatsächlich über 100 km bewegt wurde (vgl. auch Abbildung 27). Im Durchschnitt erreichte das Fahrzeug eine rechnerische Maximalreichweite von 63 km, die wie die Abbildung zeigt, in den Monaten Dezember bis Februar bisweilen deutlich unterschritten wurde.

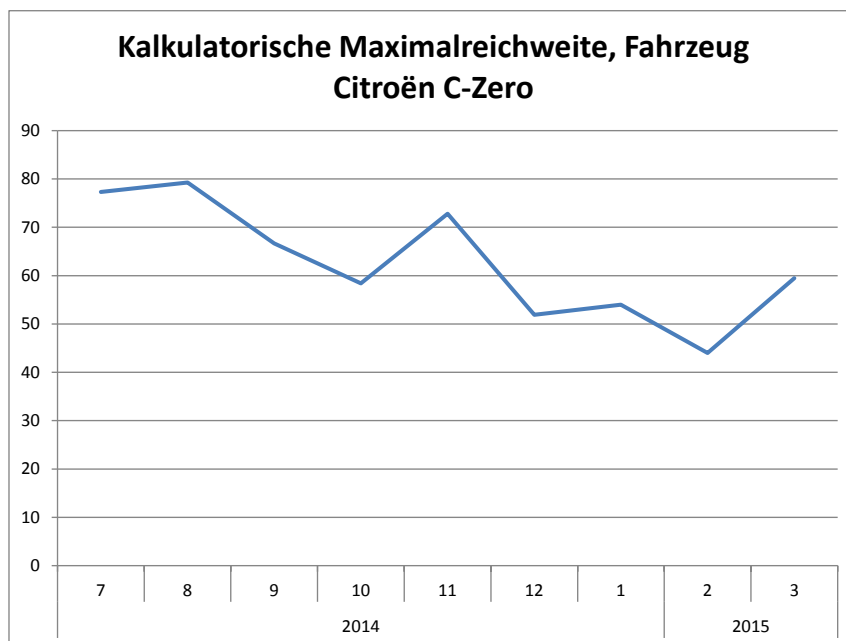


Abbildung 25: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs MA-BB 1060 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Vergleicht man dieser Ergebnisse mit den Werten des Benchmarkfahrzeugs E-Golf (Abbildung 26), erkennt man, dass dieses für den Zweck des Zwischenwerkverkehrs unter günstigen Bedingungen sogar auf eine Zwischenladung hätte verzichten können, da Maximalreichweiten von über 200 km theoretisch möglich waren. Diese mehr als ausreichende Leistungsreserve kann auch als Erklärung dienen, warum die Nutzer (wie oben dargestellt) das Fahrzeug in zunehmendem Maße gezielt für längere Strecken einsetzen.

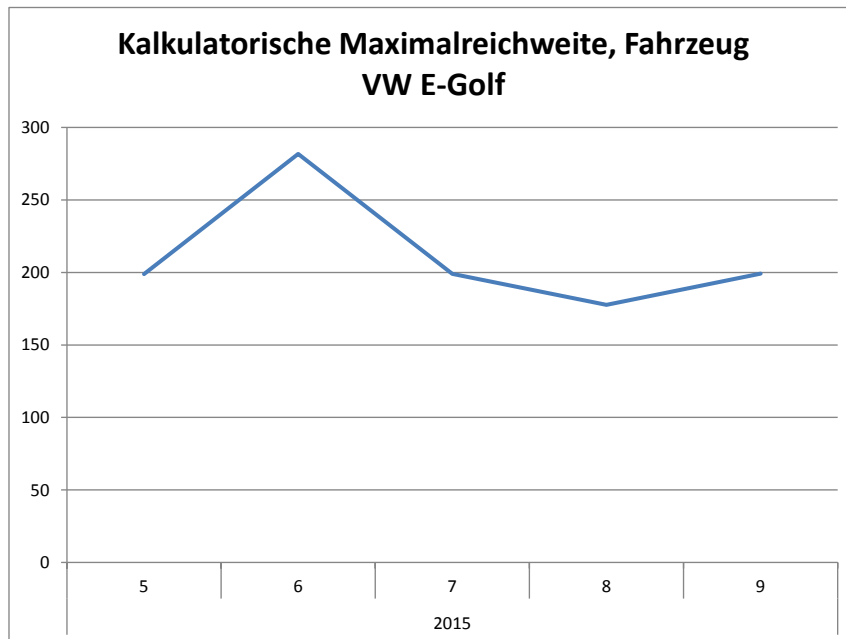


Abbildung 26: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs MA-BB 601 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Das Abbildung 27 dargestellte Histogramm zeigt eine Häufigkeitsverteilung der Fahrstrecken für beide E-Fahrzeuge. Die Konzentration von etwa 30 % der Fahrten des E-Golf am rechten Rand des Histogramms bestätigt die bisherigen Ergebnisse: dieses Fahrzeug wurde regelmäßig für die Überbrückung längerer Distanzen im Zwischenwerksverkehr eingesetzt. Demgegenüber konzentriert sich die Nutzung des C-Zero erwartungsgemäß im Bereich von 15-25 km pro Fahrt, was den Fahrzweck „Stadtfahrt“ belegt: Die Niederlassung von Busch-Jaeger Elektro ist vom Stadtzentrum Lüdenscheid etwa 6-7 km entfernt, so dass Hin- und Rückfahrt zum Zentrum bereits eine Fahrstrecke von rd. 15 km bedeuten.

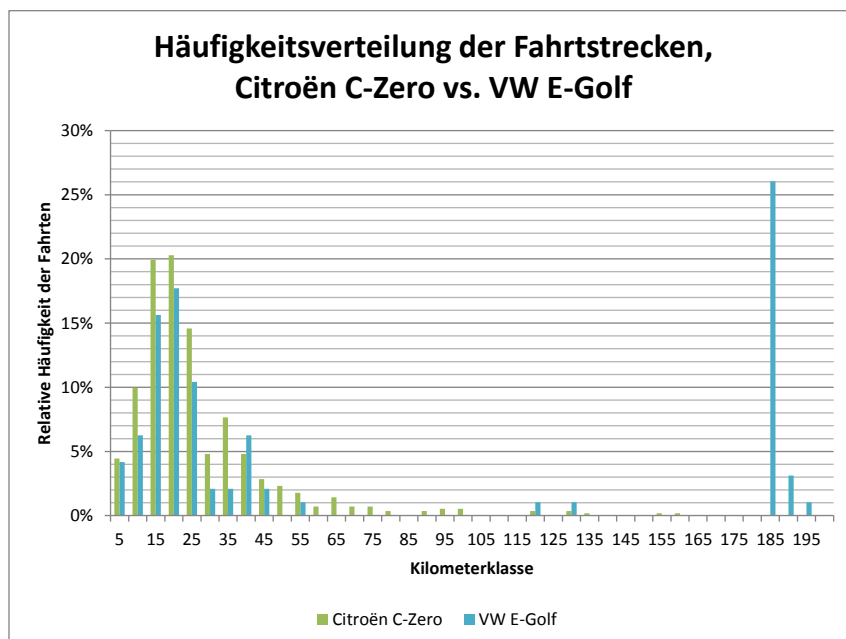


Abbildung 27: Histogramm zur Fahrzeugnutzung, Fahrzeuge MA-BB 1060 und MA-BB 601 (Busch-Jaeger Elektro), beides PKW

Relativer Fahrstromverbrauch in kWh/100 km

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Über den gesamten Erfassungszeitraum betrug der durchschnittliche Fahrstrombedarf des Fahrzeugs C-Zero 24 kWh/100 km und lag damit deutlich über dem vom Hersteller ausgewiesenen Wert von rund 9,7 kWh/100 km.¹ Aus dem in Abbildung 28 dargestellten Verlauf sollte nicht zwingend der Trend eines zunehmenden relativen Fahrstromverbrauchs abgeleitet werden, da der Graph im Juli 2014 beginnt und im ersten Quartal 2015 endet. Ein Erklärungsansatz könnte daher vielmehr die höhere physikalische Beanspruchung der Batterien im Winter sein: in der Zeitskala liegen die Wintermonate im rechten Drittel der Abbildung. Mit Sicherheit lässt sich aus den Messdaten jedoch ableiten, dass zwischen den unter Idealbedingungen (Fahrzyklen) durch Hersteller ermittelten relativen Fahrstromverbräuchen ebenso deutliche Abweichungen zu unter Realbedingungen ermittelten Verbräuchen ergeben, wie es bei Verbrennungsmotorfahrzeugen bereits bekannt ist. Der Vergleich mit den Ergebnissen der Benchmarktests (vgl. Anlagen) gibt Anlass zur Vermutung, dass das Verhalten der jeweiligen Nutzer eine wesentliche Rolle gespielt hat. Das Fahrzeug C-Zero wurde durch die Benchmarktests zwar nicht erfasst (Leasingzeitraum endete vorher), jedoch wiesen die getesteten Fahrzeuge vom Typ Nissan e-NV200 und Renault Kangoo ZE im reinen Stadtverkehr relative Fahrstromverbräuche von 16 kWh/100 km bzw. 18 kWh/100 km auf, obwohl beide Modelle über ein rund 30 % höheres Leergewicht verfügen.

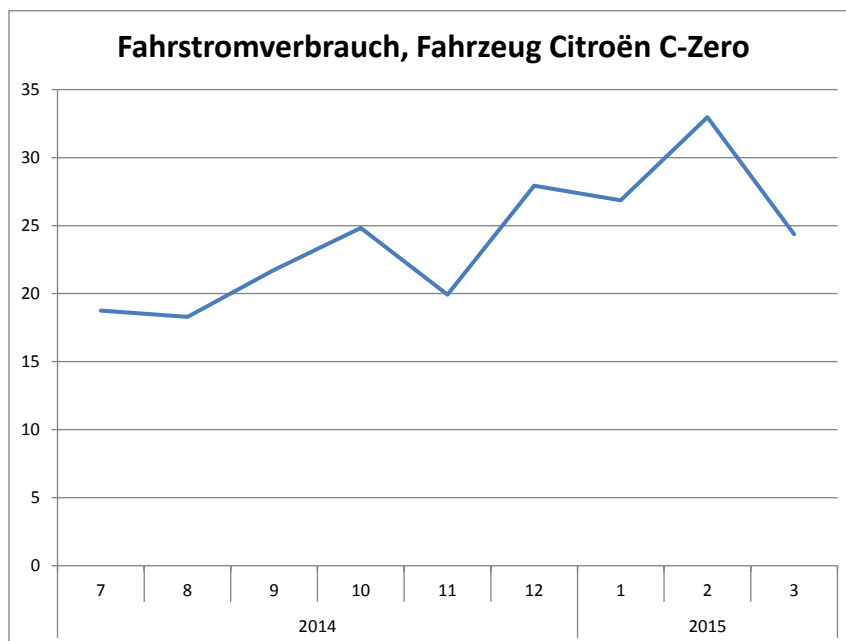


Abbildung 28: Graph des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug MA-BB 1060 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Die Vermutung, dass es sich bei einem möglichen Trendverlauf in Abbildung 28 nur um einen scheinbaren Effekt handelt, stützt der eher stationäre Verlauf des relativen Fahrstromverbrauchs, der sich für den E-Golf ergibt (vgl. Abbildung 29). Im Mittel erreichte das Fahrzeug einen relativen Fahrstromverbrauch von 11,7 kWh/100 km und

¹ Abrufbar unter <http://www.citroen.de/modelle/citroen/citroen-c-zero.html>, letzter Zugriff 08.12.2015, 15:00 Uhr MEZ

unterbot damit die Herstellerangabe von 12,7 kWh/100 km sogar¹. Daher erklärt sich auch, warum die rechnerische Maximalreichweite (Abbildung 26) teils über der Herstellerangabe von 190 km lag. Im Vergleich zu den Benchmarkfahrzeugen Nissan e-NV200 und Renault Kangoo ZE, die Fahrstromverbräuche von jeweils 25 kWh/100 km bzw. 32 kWh/100 km im Autobahnbetrieb bei in etwa gleichem Leergewicht aufwiesen, erscheint der gemessene Verbrauch relativ niedrig.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

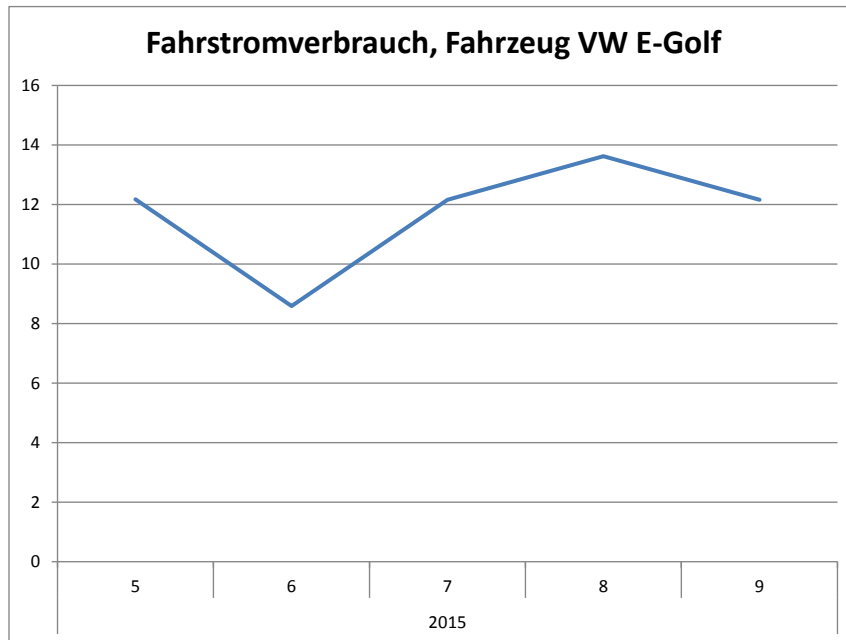


Abbildung 29: Graph des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug MA-BB 601 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen

Mithilfe der in DIN EN 16258:2013 enthaltenen Emissionsfaktoren und den nach Angaben von Busch-Jaeger Elektro anzusetzenden konventionellen Benchmarkfahrzeugen (vgl. Tabelle 35) konnte nun abgeschätzt werden, welche Menge an Treibhausgasemissionen durch den Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge bei Busch-Jaeger Elektro eingespart wurde.

Fahrzeug	Benchmarkfahrzeug	Kraftstoffart	Relativer Verbrauch
Citroën C-Zero	Citroën C1	Superbenzin	6,0 Liter/100 km
VW E-Golf	VW Golf	Diesel	6,2 Liter/100 km

Tabelle 35: Benchmarkparameter für die ökonomische Bewertung der Fahrzeuge von Busch-Jaeger Elektro

Die Berechnung erfolgte DIN EN 16258:2013 folgend Tank-to-Wheel, d. h. der Einsatz eines batterieelektrischen Fahrzeugs sowie die Bereitstellung des Kraftstoffs für den Benchmarkfall wurden als emissionsfrei betrachtet. Die Ergebnisse dieser Berechnung zeigt Tabelle 36.

¹ Abrufbar unter <http://emobility.volkswagen.de/de/de/private/Autos/eGolf.html>, letzter Zugriff 08.12.2015, 15:00 Uhr MEZ

Fahrzeug	Eingesparte Treibhausgasemissionen gegenüber Benchmarkfahrzeug in kg CO _{2e}
Citroën C-Zero	2.008 kg
VW E-Golf	1.137 kg
Gesamt	3.145 kg

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Tabelle 36: Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen pro Fahrzeug und gesamt bei Busch-Jaeger Elektro (Tank-to-Wheel nach DIN EN 16258:2013)

Der Einsatz eines batterieelektrischen Dienstwagens hat also (Tank-to-Wheel) über den Erfassungszeitraum zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen von rd. 3,1 t beigetragen.

Ersparnisbeitrag des Fahrzeugs als Kostendifferenz gegenüber den Benchmarkdaten der Partner

Als Benchmarkfahrzeuge für die beiden E-Fahrzeuge von Busch-Jaeger Elektro konnten die jeweiligen Schwestermodelle Citroën C1 sowie VW Golf herangezogen werden. Für die ökonomische Bewertung wurden die in Tabelle 35 aufgeführten Parameterwerte verwendet. Diese Plandaten wurden von Busch-Jaeger Elektro Kalkulationsbasis beigesteuert.

Wie zuvor ist in Abbildung 30 ein scheinbarer Trend zu mit der Zeit sinkenden Ersparnissen zu erkennen. Wieder ist zu beachten, dass im linken Teil der Abbildung Monate dargestellt sind, die tendenziell höhere Umgebungstemperaturen mit sich bringen, damit weniger belastend für die Batterie sind und infolgedessen geringere relative Fahrstromverbräuche und Stromkosten mit sich bringen. Analog sollte aus Abbildung 31 kein Trend zeitlich zunehmender Ersparnisse herausgelesen werden.

ANMERKUNG: Die Ergebnisse der Detailauswertung zur Wirtschaftlichkeit enthalten sensible Daten und sind in der öffentlichen Fassung dieses Berichts nicht enthalten.

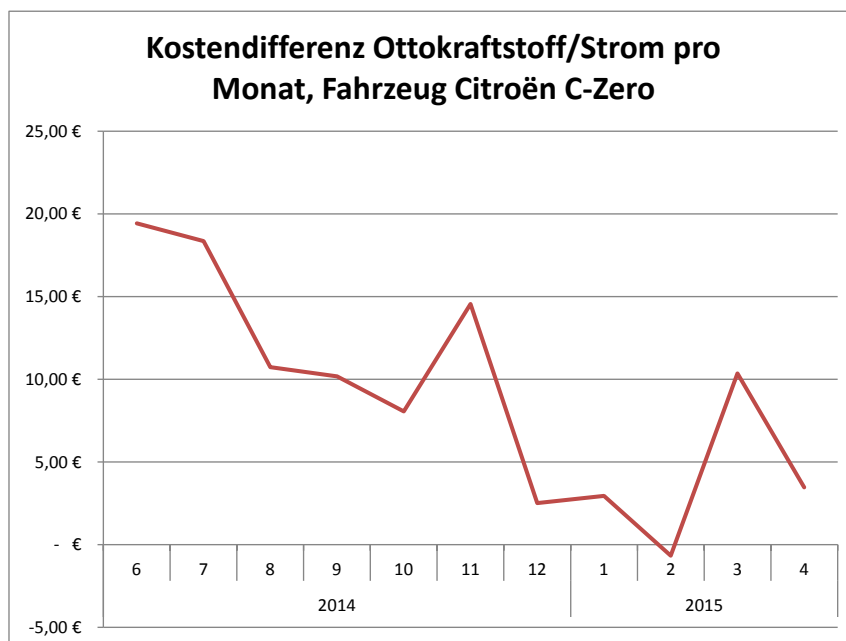


Abbildung 30: Monetärer Ersparnisbeitrag, Fahrzeug MA-BB 1060 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

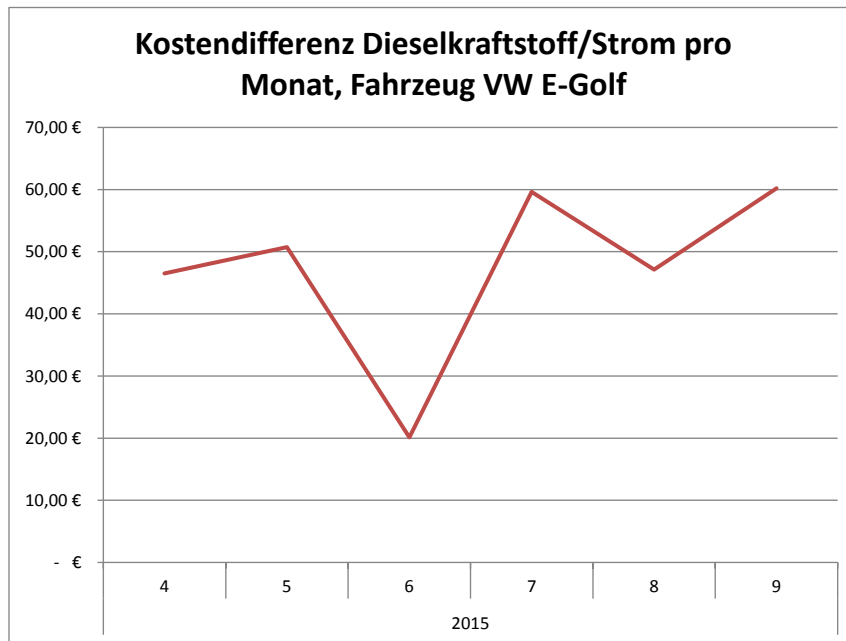


Abbildung 31: Monetärer Ersparnisbeitrag, Fahrzeug MA-BB 601 (Busch-Jaeger Elektro), PKW

Tabelle 37 bis Tabelle 40 zeigen überblicksartig wesentliche Fuhrparkkennzahlen der beiden E-Fahrzeuge von Busch-Jaeger Elektro im direkten Vergleich.

Fahrkilometer (km)	MA-BB 1060	MA-BB 601
Minimum	1,0	3,0
Mittelwert	24,3	82,8
Median	19,0	28,0
Maximum	135,0	191,0
Streuung	19,7	79,7

Tabelle 37: Fuhrparkkennzahlen zur Fahrtlänge für Busch-Jaeger Elektro

Maximalreichweite (km)	MA-BB 1060	MA-BB 601
Minimum	44,0	177,7
Mittelwert	62,6	211,3
Median	59,5	199,0
Maximum	135,0	281,7
Streuung	11,4	36,2

Tabelle 38: Fuhrparkkennzahlen zur theoretischen Maximalreichweite für Busch-Jaeger Elektro

Kapazitätsnutzung (%)	MA-BB 1060	MA-BB 601
Minimum	24,3 %	7,2 %
Mittelwert	34,0 %	40,8 %
Median	35,9 %	37,9 %
Maximum	43,1 %	69,9 %
Streuung	5,9 %	22,0 %

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Tabelle 39: Fuhrparkkennzahlen zur Ausnutzung der Batteriekapazität für Busch-Jaeger Elektro

Stromverbrauch (kWh/100 km)	MA-BB 1060	MA-BB 601
Minimum	18,3	8,6
Mittelwert	24,0	11,7
Median	24,4	12,2
Maximum	33,0	13,6
Streuung	4,5	1,7

Tabelle 40: Fuhrparkkennzahlen zum relativen Fahrstromverbrauch für Busch-Jaeger Elektro

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

2.6.1.3 Ergebnisse der Feldtestauswertungen für die Flotte von CWS-boco

Die folgenden Tabellen (Tabelle 41 bis Tabelle 44) geben einen Überblick über den Umfang der von CWS-boco im Rahmen von AP 5.1 gelieferten Daten, die in das Bewertungsmodell einfließen.

Fahrzeugtyp	Beginn	Ende	Kapazität Traktionsbatterie
Smith Newton	07/2012	Stillgelegt 10/2013	80 kWh
Smith Newton	07/2012	Stillgelegt 05/2014	80 kWh

Tabelle 41: Von CWS-boco eingesetzte Fahrzeuge

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Abgegebene Strommenge
09/2012	03/2014	393	15.485 kWh

Tabelle 42: Umfang der von CWS-boco gelieferten Ladedaten

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Zurückgelegte Fahrstrecke
09/2012	03/2014	393	17.754 km

Tabelle 43: Umfang der von CWS-boco gelieferten Fahrtdaten

Strommix	Anteil Eigenstrom	Strompreis
Ökostrom, regenerativ	0 %	VERTRAULICH

Tabelle 44: Basisdaten für den Stromeinsatz von CWS-boco

Vorabbemerkungen zu den Ergebnissen von CWS-boco:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Bei CWS-boco wurden zwei E-Fahrzeuge eingesetzt, und zwar jeweils eines in Bochum (CW-S 1594) und eines in Solingen (CW-S 1595). Der Fahrtzweck war über den Erfassungszeitraum jeweils derselbe, so dass sich der tägliche Einsatz prinzipiell nur durch das lokal unterschiedliche Tagesgeschäft sowie durch die örtliche Infrastruktur und Lage der Kunden unterscheidet. Daher wurden die eingangs definierten Kennzahlen für beide Fahrzeuge jeweils im Vergleich ermittelt und dargestellt.

Nutzungsintensität der Fahrzeuge

Abbildung 32 zeigt die Nutzungsintensität der E-Fahrzeuge vom Typ „Smith Newton“ an ihren jeweiligen Standorten. Insbesondere der Verlauf für das Fahrzeug CW-S 1595 zeigt das Bestreben seitens CWS-boco, die Fahrzeuge gleichberechtigt neben vorhandenen konventionell getriebenen Fahrzeugen in den vorhandenen Fuhrpark integrieren zu wollen, da die Fahrzeugauslastung in der Spitze den von CWS-boco angestrebten Bereich von 95 %-100 % erreicht.

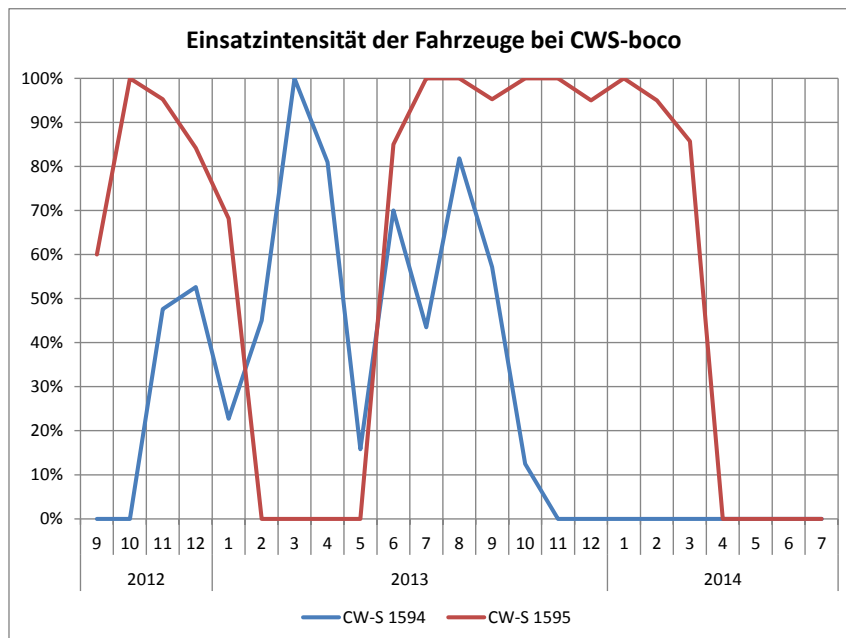


Abbildung 32: Einsatzintensität der Fahrzeuge von CWS-boco (CW-S 1594: Bochum, CW-S 1595: Solingen), LKW 7,5 t

Dies entspricht einem üblichen flottengebundenem Einsatz. Aufgrund diverser technischer Probleme (vgl. AP 5.1) erreicht das Fahrzeug im Schnitt nur eine mittlere Auslastung von 91 %. Der Abfall der Kurve zwischen Februar 2013 und Mai 2013 ist nur ein Scheineffekt, da es hier zu einem technischen Datenverlust kam. Des Weiteren kann aus Abbildung 32 abgelesen werden, wie die im Flottentest am Standort Bochum regelmäßig aufgetretenen technischen Probleme die effektive Einsatzbereitschaft des Fahrzeugs beeinflusst haben. Über den Nutzungszeitraum wurde nur eine mittlere Auslastung von 34 % erreicht, wobei es kurzfristig (Halbjahr 1, 2013) zu gelingen schien, auch dieses Fahrzeug dauerhaft wie gewünscht einsetzen zu können. Die erkennbare Volatilität der Einsatzintensität des Fahrzeugs CW-S 1594 war ein maßgeblicher Grund dafür, das Fahrzeug gegen Ende der Nutzungsphase als Reservefahrzeug zu deklarieren und schlussendlich im Oktober 2013 stillzulegen, so dass die Einsatzintensität ab November auf 0 % sinkt. Das zwischen Juni 2013 und Februar 2014 vergleichsweise zuverlässig arbeitende Fahrzeug CW-S 1595 erfuhr Ende des ersten Quartals 2014 einen Defekt, dessen Reparatur nicht erfolgreich

abgeschlossen werden konnte, so dass dieses Fahrzeug im April 2014 ebenfalls stillgelegt wurde. Dies zeigt sich im Abfallen der Nutzungsintensitätskurve auf 0 % ab April 2014. Im Ergebnis zeigt die Bestimmung dieser Kennzahl, dass die Elektrifizierung des Sammel- und Verteilbetriebs bei CWS-boco nur an einem von zwei Standorten und darüber hinaus nur für rund ein Dreivierteljahr wie geplant funktioniert hat. Als Hauptgrund sorgten technische Mängel und Friktionen bei der Instandhaltung dafür, dass die Fahrzeuge nicht in den Regelbetrieb übernommen werden konnten.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite des Fahrzeugs

Betrachtet man die Phasen, in denen die Fahrzeuge die gewünschten Nutzungsintensitäten erreichten (z. B. Juni 2013 bis März 2014 für das Fahrzeug CW-S 1595), darf mit Blick auf Abbildung 33 resümiert werden, dass die fahrzeugeitig vorhandene Maximalkapazität nur selten zu deutlich mehr als 50 % ausgenutzt wurde. Im Schnitt erreichte das Fahrzeug in Bochum eine Reichweitennutzung von 41 %, das Fahrzeug in Solingen von 58 %. Dies bedeutet im Umkehrschluss, dass eine Vergrößerung der Servicegebiete und/oder eine zusätzliche Tagestour in vielen Fällen problemlos möglich gewesen wären, die technisch Einsatzbereitschaft des Fahrzeugs vorausgesetzt.

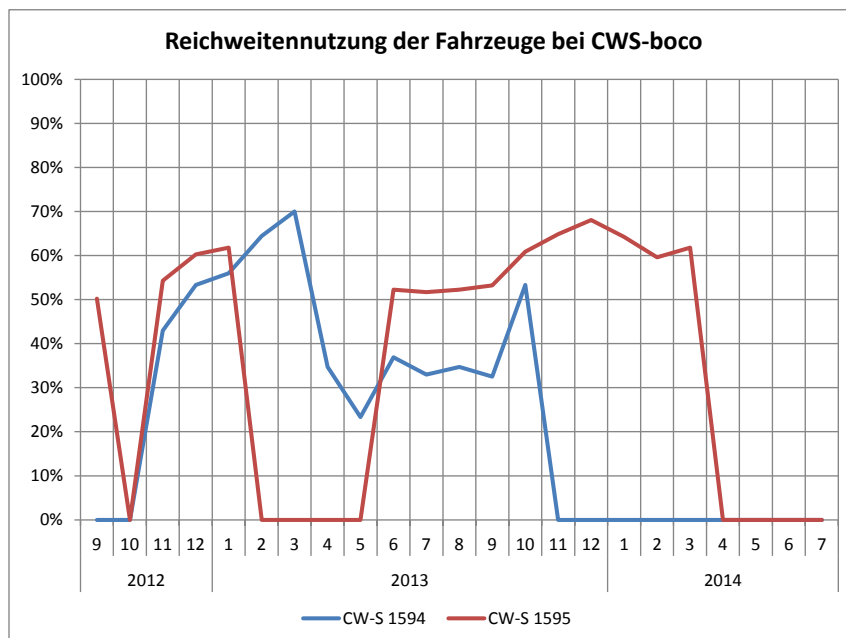


Abbildung 33: Ausnutzung der Maximalreichweite der Fahrzeuge von CWS-boco (CW-S 1594: Bochum, CW-S 1595: Solingen), LKW 7,5 t

Tabelle 45 gibt einen aggregierten Überblick über die Gründe der schwankenden Auslastung der beiden E-LKW von CWS-boco. Zwei Aspekte fallen unmittelbar ins Auge: Erstens wurde an den beteiligten Standorten ein Großteil der Ausfalltage nicht klassifiziert, und zweitens entfiel nur ein kleiner Teil (6 % bzw. 11 %) der Ausfälle eindeutig auf Reparaturen, die nicht direkt mit dem Antriebsstrang zu tun hatten. Die wiederholt beobachteten antriebstechnischen Probleme des Bochumer Fahrzeugs zeigen sich hier deutlich: 45 % der Nicht-Nutzungstage waren auf allgemeine technische Unzuverlässigkeit zurückzuführen. Das Fahrzeug am Standort Solingen war davon nicht betroffen, wie auch Tabelle 45 deutlich zeigt.

Nicht-Einsatz-Grund	CW-S 1594	CW-S 1595	Alle
Nicht klassifiziert	32 %	86 %	38 %
Fahrzeug unzuverlässig	45 %	0 %	40 %
E-Antrieb in Reparatur	17 %	4 %	15 %
Fahrgestell in Reparatur	6 %	11 %	7 %

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Tabelle 45: Gründe für ungeplanten Nicht-Einsatz der Fahrzeuge von CWS-boco

Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs für den vorliegenden Anwendungskontext

Abbildung 34 zeigt in Form eines Histogramms die Häufigkeitsverteilung der von beiden Fahrzeugen tatsächlich gefahrenen Touren. Hinsichtlich der gefahrenen Touren ähneln sich die Verteilungen beider Fahrzeuge erkennbar, wobei das Fahrzeug in Solingen (CW-S 1595) gegenüber seinem Pendant in Bochum (CW-S 1594) im Mittel stets längere Touren fuhr. Berechnet man die mittlere Tourlänge, fällt dieser Unterschied nicht besonders deutlich aus, da in Solingen im Mittel 50 km Touren, in Bochum 48 km lange Touren gefahren wurden. Die Standardabweichung ist mit 14 km bzw. 13 km ähnlich hoch. Diese Zahlen illustrieren überdies, dass es CWS-boco gelungen ist, für den Feldtest beider Fahrzeuge in ihren logistischen Anforderungen sehr ähnliche Tourgebiete an verschiedenen Standorten zu finden.

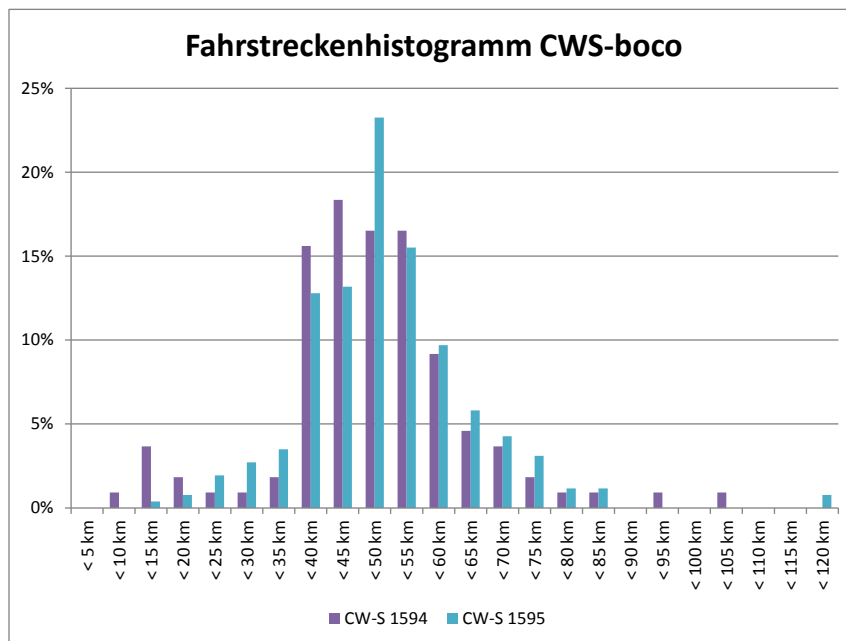


Abbildung 34: Histogramm zur Fahrzeugnutzung, Fahrzeuge CW-S 1594 und CW-S 1595 (CWS-boco), beides LKW 7,5 t

In Abbildung 35 und Abbildung 36 sind Kastengrafiken (Box-Whisker-Plots) zu sehen, die auf Basis der erfassten Fahrten die im Verlauf der Datenerfassung schwankende Verteilung der rechnerischen Maximalreichweiten darstellen. Über den Erfassungszeitraum erreichte das Fahrzeug CW-S 1594 eine mittlere rechnerische Maximalreichweite von 111 km, während Fahrzeug CW-S 1595 80 km erzielte. Da das zweite Fahrzeug über das Projekt hinweg deutlich stärker und kontinuierlich beansprucht wurde, können die Maximalreichweiten dieses Fahrzeugs als belastbarer angesehen werden. Gleichwohl deuten die Auswertungen beider Fahrzeuge auf eine im Jahresverlauf zyklisch schwankende maximale Einsatzreichweite der Fahrzeuge hin.

Diese Saisonalität lässt – wie auch bei Busch-Jaeger Elektro – vermuten, dass die physikalischen Vorgänge innerhalb der Traktionsbatterie saisonal beeinflusst wurden, so dass die mittleren Maximalreichweiten zwischen Juni und September bei rd. 95 km lagen, während derselbe Wert für November bis Januar bei etwa 62 km lag.

 Eingehende Darstellung des
 Forschungsprojekts „ELMO“

Da im Mittel jedoch nur Strecken knapp unter 50 km gefahren wurden, bedeutet dies, dass die Fahrzeuge in Bezug auf den Einsatzzweck als übermotorisiert angesehen werden dürfen. Dieses Ergebnis muss im Kontext der Beschaffungsentscheidung von CWS-boco (AP 2.1) gesehen werden: ursprünglich war seitens CWS-boco geplant, ein Fahrzeug der 5 t-Klasse zu erwerben. Das Modell „Edison“ von Smith Electric Vehicles gehört zwar dieser Klasse an, bot für den Einsatzzweck von CWS-boco zu wenig Raum und Nutzlast, so dass stattdessen das nächst größere Modell „Newton“ beschafft wurde. Hätte zum Zeitpunkt der Beschaffungsentscheidung am Markt ein Modell der 5 t-Klasse existiert, das den Anforderungen an Turlänge, Laderaum und Nutzlast entsprochen hätte, wäre es nicht zu einem Einsatz übermotorisierter Fahrzeuge gekommen. Die mangelnde Marktvielfalt batterieelektrischer Nutzfahrzeuge führte also bei CWS-boco zum Erwerb überdimensionierter und übermotorisierter Fahrzeuge, deren Maximalreichweiten kaum im operativen Betrieb erforderlich waren.

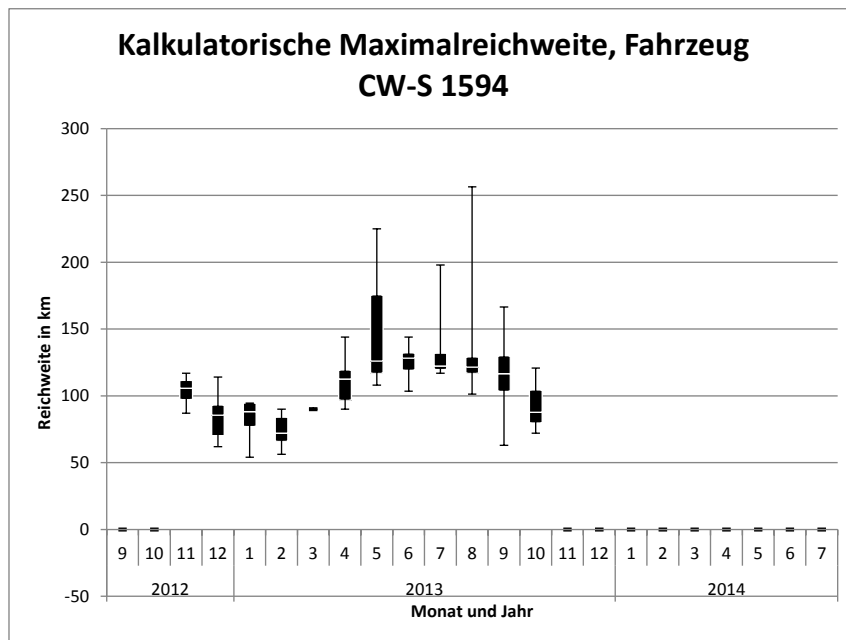


Abbildung 35: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs CW-S 1594 (CWS-boco), LKW 7,5 t

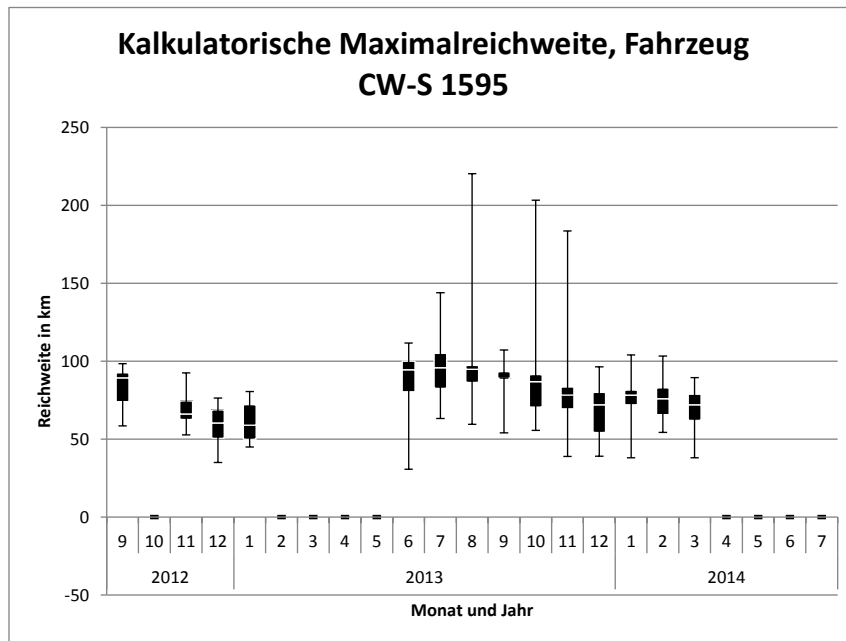


Abbildung 36: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs CW-S 1595 (CWS-boco), LKW 7,5 t

Die Feststellung des Einsatzes übermotorisierter Fahrzeuge zeigt sich auch in einer Histogrammdarstellung der Reichweitenausnutzung (Abbildung 37 und Abbildung 38). Die Ordinate des Diagramms zeigt die Prozentklasse der Reichweitennutzung, die Abszisse die zugehörige relative Häufigkeit. Fahrzeug CW-S 1594 erreicht im Mittel eine Reichweitenausnutzung von 41 % bei einer Standardabweichung von 16 %-Punkten. Nur in weniger als 10 % der Fälle wurde dem Fahrzeug 60 % oder mehr seines Leistungsvermögens abverlangt. Eine Besonderheit ist zu Abbildung 37 zu notieren: An diesem Standort wurde der Fahrstromverbrauch über eine im Fahrzeug verbaute diskrete Skala abgelesen, die den Fahrstromverbrauch in Form von 10 %-Schritten darstellt, so dass das Histogramm demensprechende Lücken aufweist.

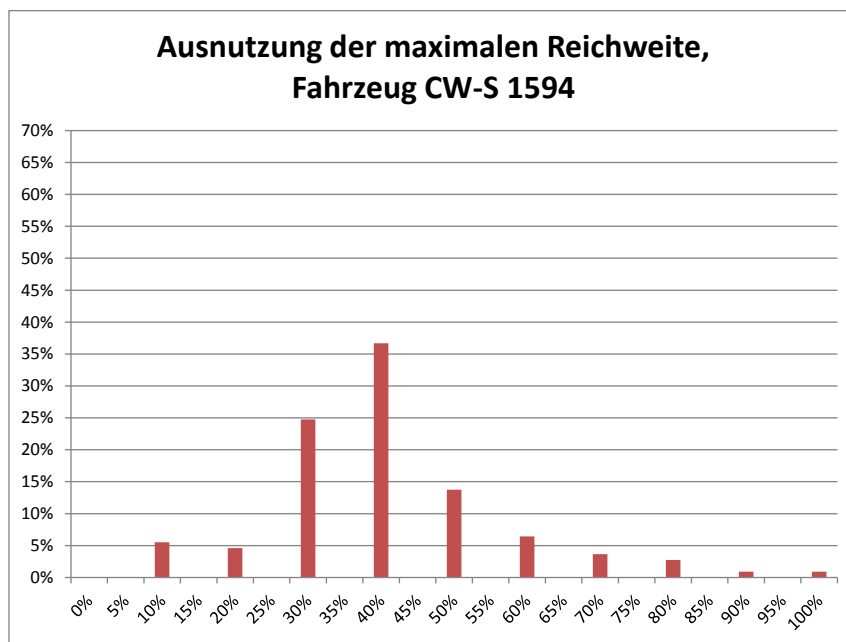


Abbildung 37: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug CW-S 1594 (CWS-boco), LKW 7,5 t

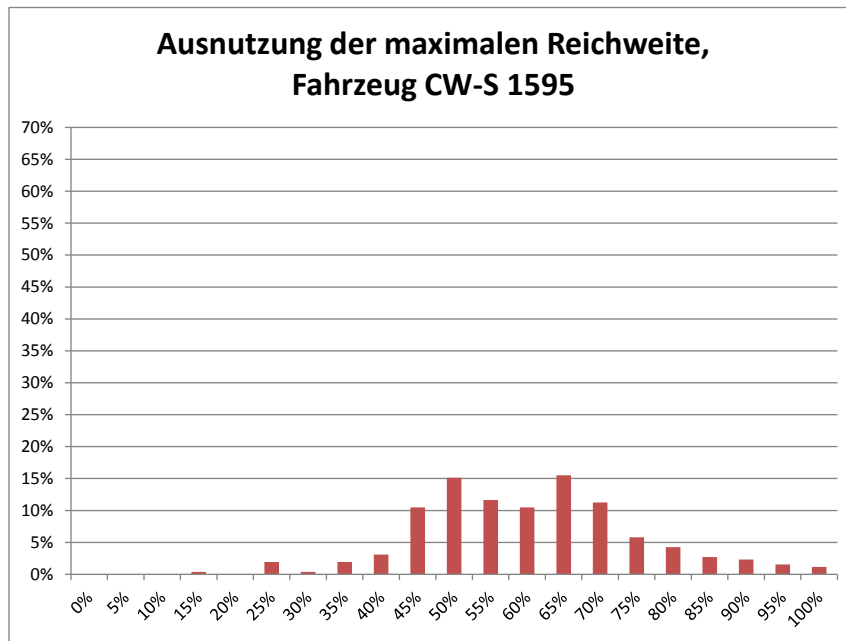


Abbildung 38: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug CW-S 1595 (CWS-boco), LKW 7,5 t

Mit Blick auf Abbildung 38 kann festgehalten werden, dass bei dem technisch zuverlässigeren Fahrzeug am Standort in Solingen eine deutlich höhere Auslastung des technischen Leistungsvermögens erreicht wurde. Im Mittel wurden 58 % der Maximalreichweite ausgereizt, mit einer Standardabweichung von 15 %-Punkten. Augenfällig ist, dass die Ausnutzung der Maximalreichweite hier nachzeichnet, dass die Fahrten vorrangig zu einer Auslastung zwischen 45 % und 70 % führten, was jedoch auf die saisonal schwankende Leistungsfähigkeit der Batterie zurückzuführen war (vgl. oben).

Relativer Fahrstromverbrauch in kWh/100 km

In Abbildung 39 und Abbildung 40 ist jeweils der auf 100 km normierte Fahrstromverbrauch der beiden Fahrzeuge vom Typ „Newton“ von CWS-boco über den Erfassungszeitraum als Kastendiagramm dargestellt.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

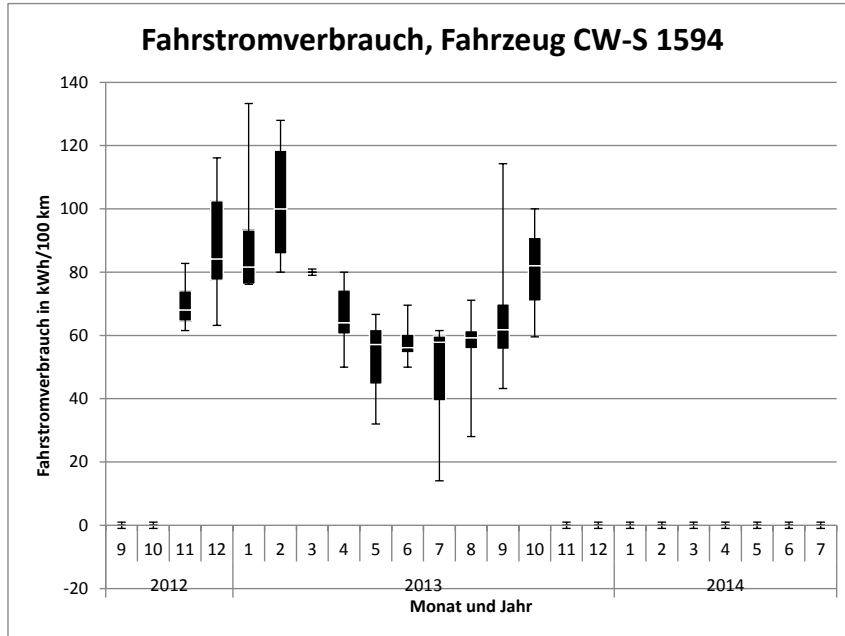


Abbildung 39: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug CW-S 1594 (CWS-boco), LKW 7,5 t

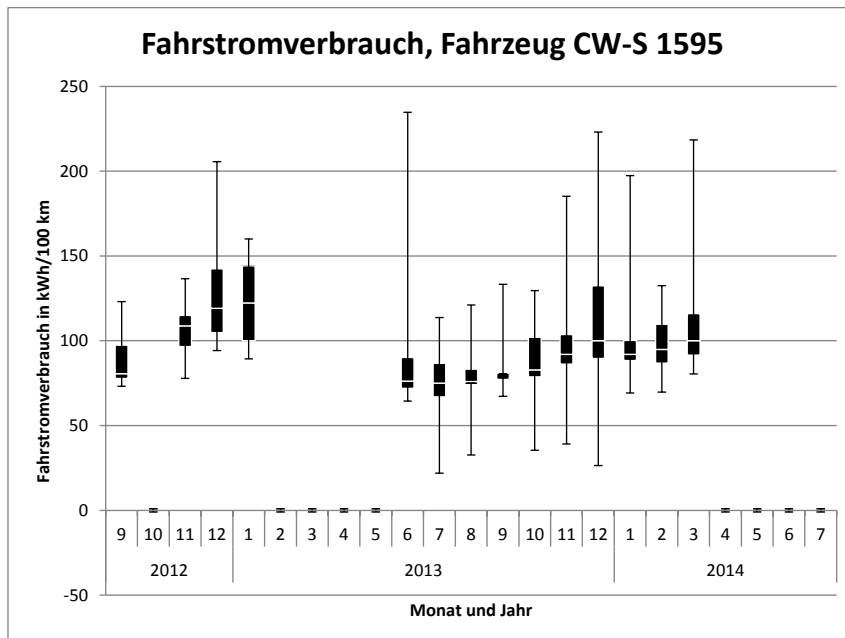


Abbildung 40: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug CW-S 1595 (CWS-boco), LKW 7,5 t

Es fallen im Vergleich der beiden Fahrzeuge zwei Dinge auf:

- Beide Verläufe weisen eine gewisse Saisonalität auf, bei der die Verbräuche ab Juli bis Februar ansteigen und anschließend wieder zurückgehen.
- Der mittlere Fahrstromverbrauch schien bei Fahrzeug CW-S 1594 im Mittel geringer zu sein als bei Fahrzeug CW-S 1595, wobei er auch eine geringere Volatilität aufwies (Hinweis: Skalenteilung der Ordinate jeweils unterschiedlich).

Die erste Beobachtung ist konsistent zu den bisherigen Beobachtungen und lässt wieder die Erklärung zu, dass Umgebungstemperaturen in Herbst und Winter dazu führen, dass die Fahrzeugbatterien höher beansprucht wurden. Da die Traktionsbatterien des Smith Newton ebenfalls eine Heizspirale (2 kW Leistung) speisen, bestand auch hier die Möglichkeit, dass die Fahrer mit sinkenden Temperaturen über die Kabinenheizung einen Sekundärverbraucher mit hoher kontinuierlicher Leistungsaufnahme zugeschaltet und damit die Batterielast zusätzlich erhöht haben.

Zur weiten Beobachtung lässt sich feststellen: Berechnet man den mittleren Verbrauch und dessen Standardabweichung über den Erfassungszeitraum, so erhält man für Fahrzeug CW-S 1594 70 kWh/100 km bei einer Streuung von 19 kWh, während Fahrzeug CW-S 1595 im Mittel 99 kWh/100 km verbrauchte und eine Standardabweichung von 31 kWh/100 km aufwies. Zwischen den Tiefst- und Höchstwerten im mittleren Verbrauch bestand ein Unterschied von 60% bei Fahrzeug CW-S 1595, während Fahrzeug CW-S 1594 sogar eine Spannweite von 78 % aufwies. Der Hersteller Smith Electric Vehicles gibt für das Modell eine Reichweite zwischen 50 km und 160 km an, was relativen Fahrstromverbräuchen von 50 kWh/100 km und 160 kWh/100 km entspricht. Die in ELMO für dieses Modell erfassten Fahrstromverbräuche fielen überwiegend in dieses Intervall (jeweils elf der 393 Messwerte lagen über der Ober- bzw. unter der Untergrenze), eine theoretische Reichweite von 160 km konnte nur für 2 % der Fahrten bestimmt werden, so dass der herstellereitig angegebenen Untergrenze in der Praxis keine Bedeutung zukommen dürfte. Da beide Fahrzeuge zum Zeitpunkt der Benchmarktests bereits stillgelegt waren, konnte kein Smith Newton durch die EMC Test NRW GmbH vermessen werden. Es darf jedoch festgestellt werden, dass die ermittelten Fahrstromverbräuche vergleichsweise hoch erscheinen, wenn man sie den durch EMC Test NRW GmbH für den 12 t-LKW der TEDi Logistik ermittelten Werte gegenüberstellt. Dieses Fahrzeug erreichte im Belieferungsverkehr (jeweils hälftig mit Nutzlast und leer) einen Verbrauch von im Mittel 84 kWh/100 km, vollständig leer sogar nur 68 kWh/100 km.

Die Abweichungen in der Höhe der relativen Verbräuche zwischen den Fahrzeugen in Bochum und Solingen konnten nicht abschließend geklärt werden. Mögliche Erklärungsansätze sind:

- Die Geostruktur des Servicegebiets in Solingen, das über eine im Vergleich zu Bochum eher hügelige Topologie verfügt.
- Mögliche Unterschiede in der Bochumer Kundenstruktur, die Touren mit einer durchweg geringeren Nutzlast als in Solingen gestattet.
- Verhaltensunterschiede der Fahrer in Solingen und in Bochum mit einer höheren Nutzungsfrequenz der elektrischen Kabinenheizung in Solingen. Auf Grundlage von Fahrerbefragungen durch das Fraunhofer IML ist diese Erklärung jedoch als unwahrscheinlich einzustufen.

Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Als Benchmarkfahrzeuge für die beiden E-Fahrzeuge von CWS-boco wurde seitens CWS-boco das Modell „Sprinter 513 CDI“ von Mercedes benannt, das im Flottendurchschnitt 12 Liter Dieselkraftstoff auf 100 km verbraucht. Mithilfe der in DIN EN 16258:2013 enthaltenen Emissionsfaktoren konnte nun abgeschätzt werden, welche Menge an Treibhausgasemissionen durch den Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge bei CWS-boco eingespart wurde. Die Berechnung erfolgte DIN EN 16258:2013 folgend Tank-to-Wheel, d. h. der Einsatz eines batterieelektrischen Fahrzeugs sowie die Bereitstellung des Kraftstoffs für den Benchmarkfall wurden als emissionsfrei betrachtet. Die Ergebnisse dieser Berechnung zeigt Tabelle 46.

Fahrzeug	Eingesparte Treibhausgasemissionen gegenüber Benchmarkfahrzeug in kg CO _{2e}
CW-S 1594	1.614 kg
CW-S 1594	4.074 kg
Gesamt	5.688 kg

Tabelle 46: Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen pro Fahrzeug und gesamt bei CWS-boco (Tank-to-Wheel nach DIN EN 16258:2013)

Der Einsatz zweier batterieelektrischer LKW im Belieferungsverkehr hat also (Tank-to-Wheel) über den Erfassungszeitraum zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen von rd. 5,7 t beigetragen.

Ersparnisbeitrag des Fahrzeugs als Kostendifferenz gegenüber den Benchmarkdaten der Partner

Über den gesamten Erfassungszeitraum generierten die Fahrzeuge eine kalkulatorische Ersparnis von 346 €, wobei Tabelle 47 diesen Wert den Fahrzeugen und ihren jeweiligen Berechnungsgrundlagen zuordnet.

Fahrzeug	Zeitraum	Fahrdistanz	Kostendifferenz	Relative Ersparnis
CW-S 1594	17 Monate	5.039 km	VERTRAULICH	VERTRAULICH
CW-S 1595	15 Monate	12.715 km	VERTRAULICH	VERTRAULICH

Tabelle 47: Ökonomische Bewertung der Fahrzeuge von CWS-boco

Abbildung 41 stellt dar, wie sich die durch den Fahrzeugeinsatz eingesparten Kraftstoffmehrkosten im Jahr darstellen. Hier erscheinen die Monate von April bis September besonders lukrativ, die Monate zwischen Oktober und März ökonomisch nicht sinnvoll zu sein. Da das Benchmarkfahrzeug jedoch über das gesamte Jahr mit konstantem kilometerbezogenem Verbrauch von 12 Litern/100 km angesetzt wurde, ist auch dieser Effekt auf die zuvor festgestellten Schwankungen im tatsächlichen kilometerbezogenen Fahrstromverbrauch zurückzuführen: Ein geringerer realer Verbrauch in den Monaten von April bis September im Vergleich zum Rest des Jahres führte rechnerisch in diesen Monaten zu besonders großen Differenzen zwischen Stromkosten und (über das Jahr fixierten) kalkulatorischen Dieselposten pro Fahrtkilometer. Eine zweckmäßigere Kalkulation erfordert an dieser Stelle eine weniger grobe Erfassung des Benchmarkfahrzeugs. Die Berechnungen wiesen jedoch noch auf einen anderen Umstand hin: trotz höherer Laufleistung konnte das Solinger Fahrzeug nur deutlich geringere operative Ersparnisse generieren. Es wurde bereits oben auf die merklichen Differenzen im mittleren Stromverbrauch zwischen den Standorten Bochum und Solingen verwiesen. Sollten diese auf lokale, weder von Fahrzeug noch vom Fahrer

abhängige Faktoren zurückgehen, also bspw. durch die Topologie bedingt sein, darf erwartet werden, dass dieselben Einflüsse auch auf potenzielle Benchmarkfahrzeuge wirken und in Solingen zu einem höheren mittleren Verbrauch von Dieselkraftstoff führen. In einem solchen Fall muss für ein realistisches Benchmark und aus Gründen sinnvoller ökonomischer Fahrzeugeinsatzentscheidungen ein standortbezogener, möglichst zeitlich differenzierter Kraftstoffbedarf ermittelt werden.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

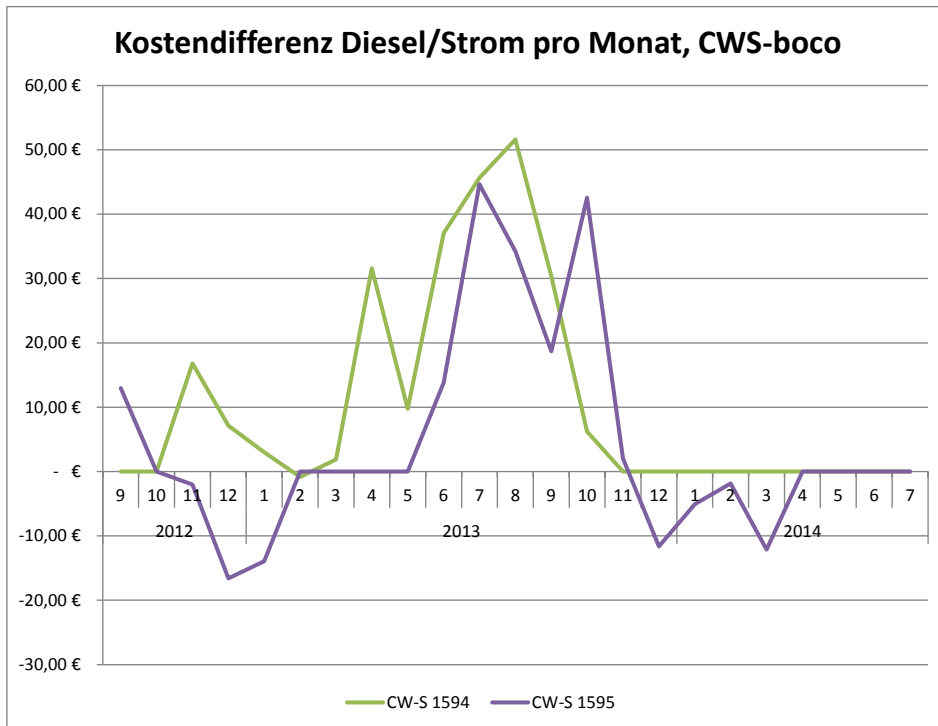


Abbildung 41: Monetärer Ersparnisbeitrag der Fahrzeuge CW-S 1594 und CW-S 1595 (CWS-boco), beides LKW 7,5 t

ANMERKUNG: Die Ergebnisse der Detailauswertung zur Wirtschaftlichkeit enthalten sensible Daten und sind in der öffentlichen Fassung dieses Berichts nicht enthalten.

Tabelle 48 bis Tabelle 51 zeigen überblicksartig wesentliche Fuhrparkkennzahlen der E-Fahrzeugflotte von CWS-boco:

Fahrkilometer (km)	Ergebnis
Minimum	7,0
Mittelwert	49,0
Median	49,0
Maximum	118,0
Streuung	13,4

Tabelle 48: Fuhrparkkennzahlen zur Fahrlänge für CWS-boco

Maximalreichweite (km)	Ergebnis
-------------------------------	-----------------

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Minimum	30,7
Mittelwert	88,7
Median	87,7
Maximum	256,5
Streuung	29,9

Tabelle 49: Fuhrparkkennzahlen zur theoretischen Maximalreichweite für CWS-boco

Kapazitätsnutzung (%)	Ergebnis
------------------------------	-----------------

Minimum	10%
Mittelwert	53%
Median	51%
Maximum	100%
Streuung	17%

Tabelle 50: Fuhrparkkennzahlen zur Ausnutzung der Batteriekapazität für CWS-boco

Stromverbrauch (kWh/100km)	Ergebnis
-----------------------------------	-----------------

Minimum	28,1
Mittelwert	90,3
Median	82,1
Maximum	234,7
Streuung	31,2

Tabelle 51: Fuhrparkkennzahlen zum relativen Fahrstromverbrauch für CWS-boco

2.6.1.4 Ergebnisse der Feldtestauswertungen für ein Fahrzeug von TEDi Logistik

Die folgenden Tabellen (Tabelle 52 bis Tabelle 55) geben einen Überblick über den Umfang der von TEDi Logistik im Rahmen von AP 5.1 gelieferten Daten, die in das Bewertungsmodell einfließen.

Fahrzeugtyp	Beginn	Ende	Kapazität Traktionsbatterie
CM 1216 (#1)	09/2013	(weiterhin in Betrieb)	160 kWh
CM 1216 (#2)	11/2014	(weiterhin in Betrieb)	160 kWh

Tabelle 52: Von TEDi Logistik eingesetzte Fahrzeuge

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Abgegebene Strommenge
12/2013	01/2015	334	21.400 kWh
11/2014	01/2015	31	2.211 kWh

Tabelle 53: Umfang der von TEDi Logistik gelieferten Ladedaten

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Zurückgelegte Fahrstrecke
12/2013	01/2015	334	29.831 km
11/2014	01/2015	31	2.978 km

Tabelle 54: Umfang der von TEDi Logistik gelieferten Fahrtdaten

Strommix	Anteil Eigenstrom	Strompreis
Ökostrom, regenerativ	29 % (2014, Photovoltaik)	VERTRAULICH

Tabelle 55: Basisdaten für den Stromeinsatz von TEDi Logistik

Vorabmerkungen zu den Ergebnissen von TEDi Logistik:

Die Flotte von TEDi Logistik umfasste zwar zwei E-LKW vom selben Typ. Aufgrund der späten Bereitstellung des zweiten Fahrzeugs existierten für dieses nur 31 Fahrt- und Ladedatensätze, die zudem die jeweiligen Monate nur unvollständig abdeckten. Diese Daten wurden daher in den folgenden Analysen nicht mit einbezogen.

Nutzungsintensität des Fahrzeugs

Abbildung 42 zeigt die Nutzungsintensität des Fahrzeugs von TEDi Logistik über den gesamten Zeitraum der Fahrt- und Ladedatenerfassung. Der Verlauf zeigt eine insgesamt zurückhaltende Nutzung des Fahrzeugs, die keine besondere Saisonalität aufweist und deutlich um den Mittelwert von 58 % schwankt. Die geringe Fahrzeugnutzung zwischen Februar und April 2014 lässt sich auf wiederholte Werkstattaufenthalte und teilweise durch Instandhaltungsmaßnahmen an Standorten der EMOSS B.V. in den Niederlanden erklären. Es ist zudem auffällig, dass es TEDi Logistik gelungen ist, das Fahrzeug in einzelnen Monaten an mehr als 90 % der Arbeitstage produktiv einzusetzen.

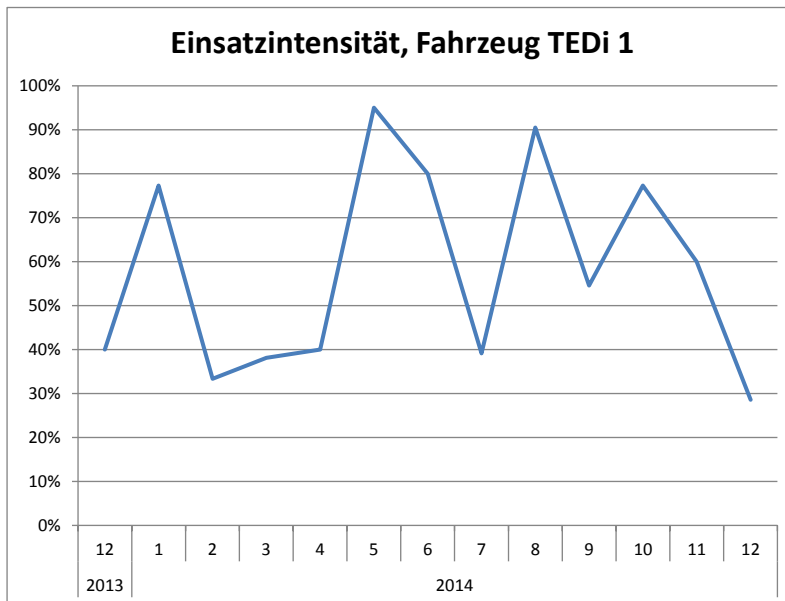


Abbildung 42: Einsatzintensität des Fahrzeugs TEDi 1 (TEDi Logistik), LKW 12 t

Wie Tabelle 56 zeigt, gingen die Nicht-Nutzungstage des E-LKW bei der TEDi Logistik praktisch ausschließlich auf Antriebsreparaturen zurück. Etwa die Hälfte der Reparaturtage (15 % der Ausfalltage) gingen auf einen Ausfall im März 2014 zurück, der einen Transport des Fahrzeugs zum Sitz der EMOSS B.V. in den Niederlanden erforderte. Die übrigen Ausfälle dauerten typischerweise nur einen bis zwei Tage und wurden durch die Dortmunder Vertragswerkstatt der TEDi Logistik (Wilhelm Molitor) abgedeckt.

Nicht-Einsatz-Grund	TEDi #1
Unklar	72 %
E-Antrieb in Reparatur	28 %

Tabelle 56: Gründe für ungeplanten Nicht-Einsatz des Fahrzeugs von TEDi Logistik

Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite des Fahrzeugs

Während die Anzahl der Einsatztage pro Monat wie zuvor dargestellt über den Zeitraum der Datenerfassung deutlich fluktuierte, muss mit Blick auf Abbildung 43 festgehalten werden, dass es TEDi Logistik gelungen ist, das Fahrzeug über den Erfassungszeitraum hinweg in Bezug auf dessen Leistungsvermögen konstant auszulasten. Zwar fallen Anstiege dieser Kennzahl im Dezember auf, jedoch liegt nahe, dass in diesem Fall fallende Temperaturen und dadurch bedingt eine erhöhte physikalische Batteriebeanspruchung vorlag; selbst bei einer vom Rest des Jahres nicht wesentlich veränderten Laufleistung würde in so einem Fall ein Anstieg dieser Kennzahl folgen. Obwohl TEDi Logistik in den übrigen Monaten im Mittel eine kontinuierliche Ausnutzung der Reichweite pro Fahrt gelang, muss festgestellt werden, dass das volle Leistungsvermögen des Fahrzeugs nicht ausgeschöpft wurde, sondern im Mittel lediglich 42 % davon.

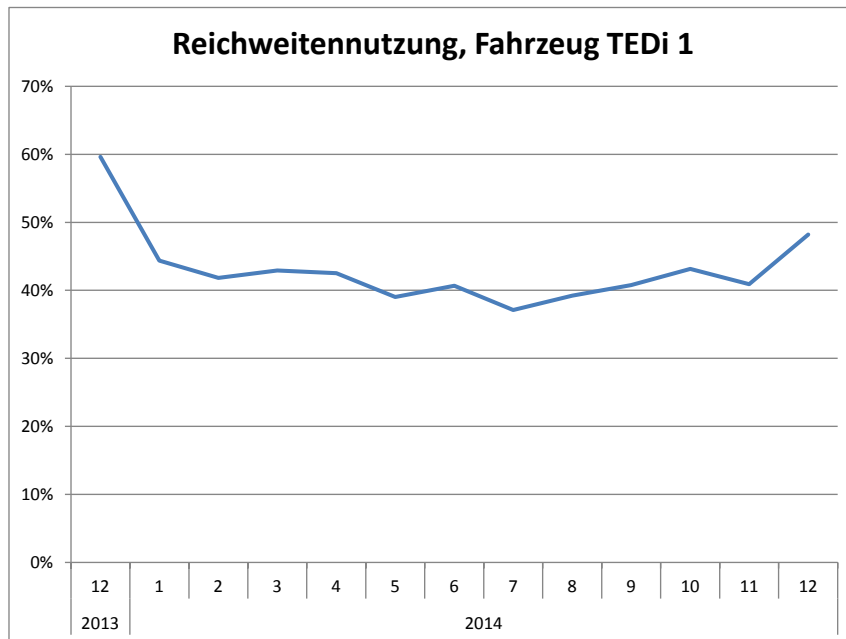


Abbildung 43: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug TEDi 1 (TEDi Logistik), LKW 12 t

Betrachtet man ein Histogramm über alle Fahrten des Erfassungszeitraums, so lässt sich dies bestätigen: 90 % aller Fahrten kamen mit 60 % oder deutlich weniger der Maximalreichweite des Fahrzeugs aus, während Fahrten zwischen 40 % und 50 % typisch waren (vgl. Abbildung 44). Im Erfassungszeitraum wurde nur eine Fahrt notiert, die zwischen 75 % und 80 % des Reichweitenpotenzials ausschöpfte. Aus den bisherigen Auswertungen kann gefolgert werden, dass trotz der immer wieder auftretenden technischen Probleme, die eine Vollausslastung besonders im ersten Halbjahr 2014 verhinderten, seitens TEDi Logistik ein konservativer Ansatz in der Einsatzplanung benutzt wurde, um sicherzustellen, dass das Fahrzeug die Aufgaben der Feldtestphase in jedem Fall erfüllen konnte.

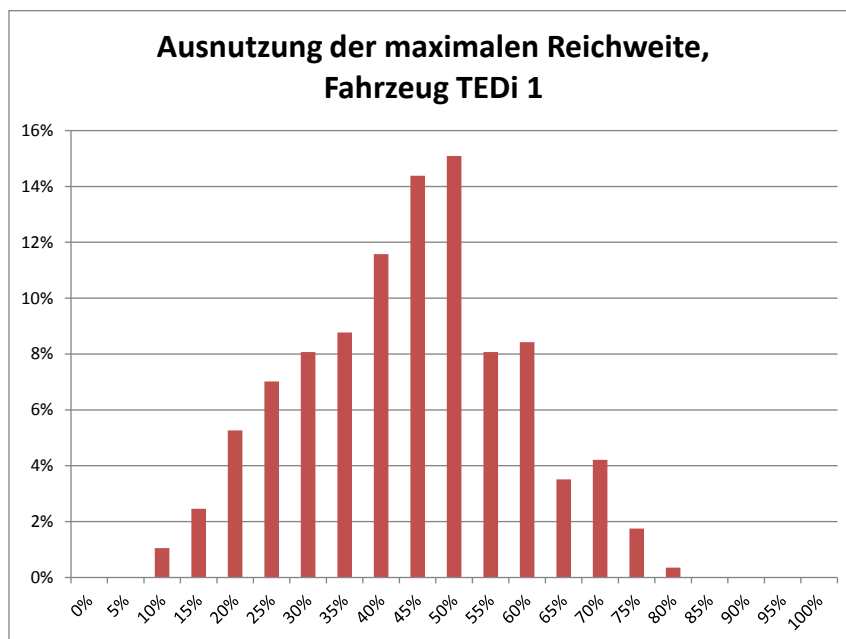


Abbildung 44: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug TEDi 1 (TEDi Logistik), LKW 12 t

Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs für den vorliegenden Anwendungskontext

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Bestimmt man auf Basis der erfassten Fahrten die rechnerische Maximalreichweite bei vollständig geladener Traktionsbatterie, erhält man im Mittel 188,0 km bei einer Standardabweichung von 28,3 km. Unter Zuhilfenahme von Abbildung 45 lässt sich erkennen, dass insbesondere zwischen März und November typische kalkulatorische Maximalreichweiten über 180 km und unter 200 km lagen. Während der Mittelwert in den Wintermonaten Dezember bis Februar mit auf 183 km sank, lag er im übrigen Jahresdurchschnitt bei 190 km. Die Reichweitenanforderungen der TEDi Logistik aus AP 2.1 wurden damit zwar im Durchschnitt nicht erreicht, interpretiert man diesen Wert jedoch als Gesamtfahrstrecke, die unter Einbezug einer Nachladung der Traktionsbatterien pro Tag zu leisten war, erscheint das betrachtete Fahrzeug absolut ausreichend.

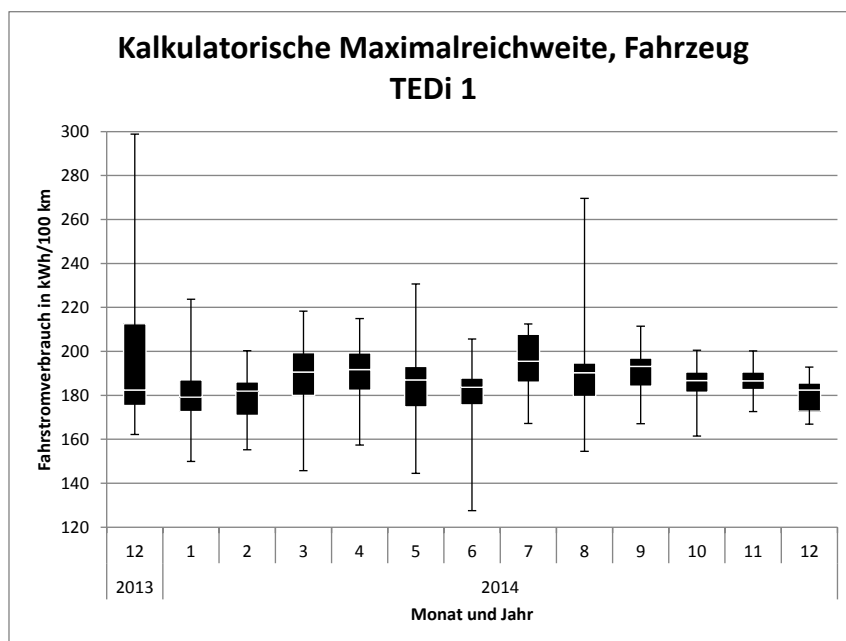


Abbildung 45: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs TEDi 1 (TEDi Logistik), LKW 12 t

Relativer Fahrstromverbrauch in kWh/100 km

Abbildung 46 illustriert in Form eines Kastendiagramms den Verlauf des relativen Fahrstromverbrauchs des Fahrzeugs. Rechnerisch ergab sich ein Mittelwert von 73,3 kWh/100 km bei einer Standardabweichung von 7,4 kWh/100 km. Diese Werte konnten durch separate Prüfungen durch die EMC Test NRW GmbH bestätigt werden: Hier wurden Verbrauchsdaten von 68 kWh/100 km (Leerfahrt) und 84 kWh/100 km (Belieferungstour) ermittelt (vgl. Anlagen).

Stellt man diese Verläufe bspw. den Auswertungen von CWS-boco gegenüber (insb. Abbildung 35, S. 82), fällt auf, dass bei dem betrachteten E-LKW der TEDi Logistik keine vergleichbar starke Saisonalität im Verbrauch zu existieren schien. Allein die Werte aus Dezember 2013 und Dezember 2014 lagen mit ihren 96 kWh/100 km bzw. 77 kWh/100 km deutlich über den übrigen Monatsmittelwerten (67,7 kWh/100 km) und wiesen überdies mit eine geringere Streuung auf. Abgesehen von den genannten Dezemberwerten müssen für den Fall der TEDi Logistik andere Faktoren als maßgebliche Einflussgröße auf dem relativen Fahrstromverbrauch gesehen werden. Zu den erhöhten Werten im Dezember sei erwähnt, dass das Fahrzeug über eine separat über Dieselkraftstoff befeuerte Standheizung verfügte, so dass die Kabinenheizung im

Vergleich zu Busch-Jaeger Elektro und CWS-boco als Erklärungsansatz für den merklichen Sprung im Stromverbrauch ausscheidet.

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

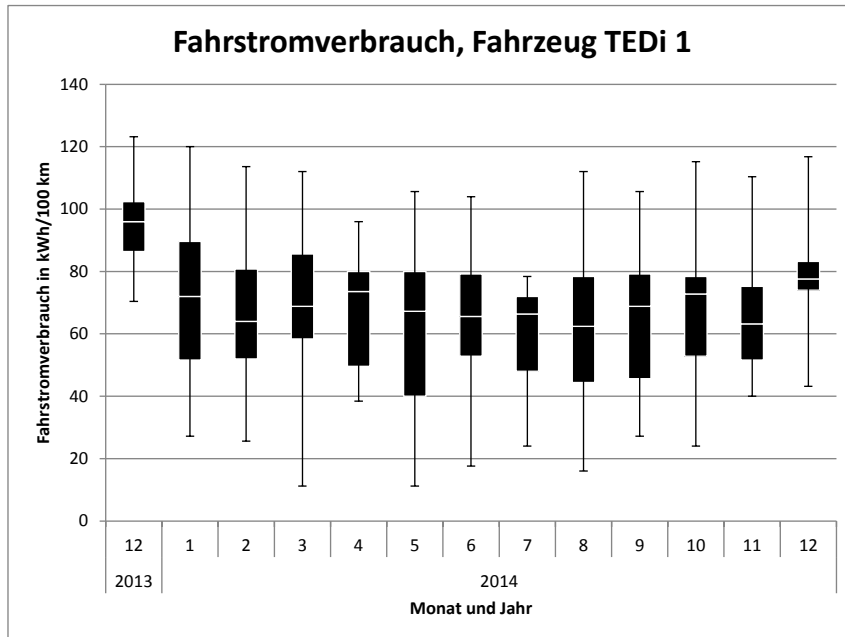


Abbildung 46: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug TEDi 1 (TEDi Logistik), LKW 12 t

Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen

Als Benchmarkfahrzeuge für das E-Fahrzeug von TEDi Logistik konnte der MAN TGL 12.250 in seiner Ursprungsform verwendet werden, da das betrachtete Fahrzeug auf Basis von diesem Modell erbaut wurde. Dieses Fahrzeug verbraucht nach Angabe der TEDi Logistik im Schnitt 20 Liter Dieselkraftstoff auf 100 km. Mithilfe der in DIN EN 16258:2013 enthaltenen Emissionsfaktoren konnte nun abgeschätzt werden, welche Menge an Treibhausgasemissionen durch den Einsatz des batterieelektrischen Fahrzeugs bei TEDi Logistik eingespart wurde. Die Berechnung erfolgt DIN EN 16258:2013 folgend Tank-to-Wheel, d. h. der Einsatz eines batterieelektrischen Fahrzeugs sowie die Bereitstellung des Kraftstoffs für den Benchmarkfall wurden als emissionsfrei betrachtet. Die Ergebnisse dieser Berechnung zeigt Tabelle 57.

Fahrzeug	Eingesparte Treibhausgasemissionen gegenüber Benchmarkfahrzeug in kg CO _{2e}
TEDI #1	19.819 kg

Tabelle 57: Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen pro Fahrzeug und gesamt bei der TEDi Logistik (Tank-to-Wheel nach DIN EN 16258:2013)

Der Einsatz des batterieelektrischen LKW im Belieferungsverkehr hat also (Tank-to-Wheel) über den Erfassungszeitraum zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen von rd. 19,8 t beigetragen.

Ersparnisbeitrag des Fahrzeugs als Kostendifferenz gegenüber den Benchmarkdaten der Partner

Gegenüber dem konstanten Durchschnittswert von 20 Litern/100 km wurden nun unter Nutzung historischer Dieselpreise und tatsächlicher Fahrstromkosten die

kalkulatorischen Ersparnisse gebildet und über die Datenerfassungszeit dargestellt (vgl. Abbildung 47).

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

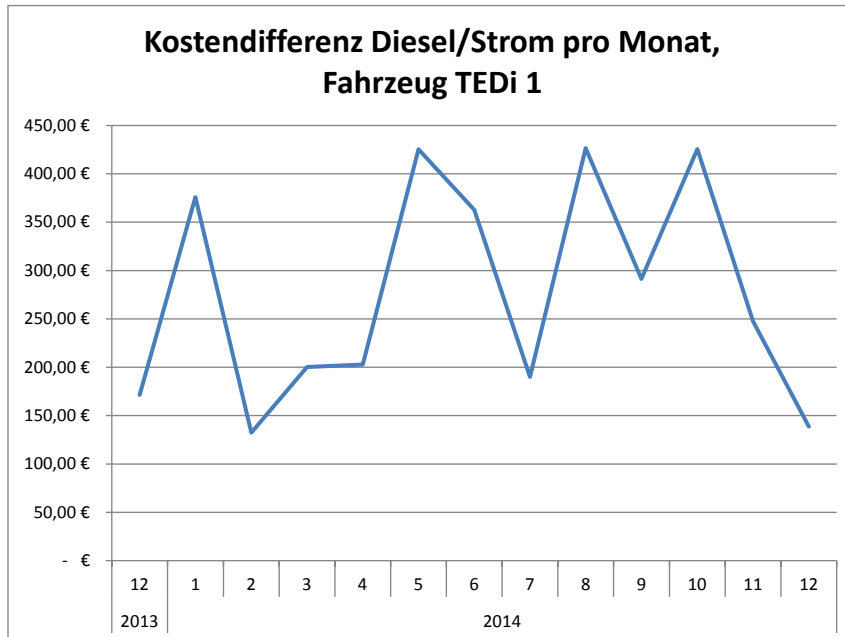


Abbildung 47: Monetärer Ersparnisbeitrag, Fahrzeug TEDi 1 (TEDi Logistik), LKW 12 t

ANMERKUNG: Die Ergebnisse der Detailauswertung zur Wirtschaftlichkeit enthalten sensible Daten und sind in der öffentlichen Fassung dieses Berichts nicht enthalten.

Tabelle 58 bis Tabelle 61 zeigen überblicksartig wesentliche Kennzahlen des E-Fahrzeugs von TEDi Logistik:

Fahrkilometer (km)	EMOSS CM 1216
Minimum	12
Mittelwert	92,9
Median	96
Maximum	287
Streuung	37

Tabelle 58: Fuhrparkkennzahlen zur Fahrlänge für TEDi Logistik

Maximalreichweite (km)	EMOSS CM 1216
Minimum	127,5
Mittelwert	188,0
Median	186,6
Maximum	298,9
Streuung	28,3

Tabelle 59: Fuhrparkkennzahlen zur theoretischen Maximalreichweite für TEDi Logistik

Kapazitätsnutzung (%) EMOSS CM 1216

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Minimum	7,0 %
Mittelwert	41,8 %
Median	43,0 %
Maximum	77,0 %
Streuung	14,6 %

Tabelle 60: Fuhrparkkennzahlen zur Ausnutzung der Batteriekapazität für TEDI Logistik

Stromverbrauch (kWh/100km) EMOSS CM 1216

Minimum	26,2
Mittelwert	73,3
Median	72,9
Maximum	106,7
Streuung	7,4

Tabelle 61: Fuhrparkkennzahlen zum relativen Fahrstromverbrauch für TEDI Logistik

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

2.6.1.5 Ergebnisse der Feldtestauswertungen für die Flotte von UPS

Die folgenden Tabellen (Tabelle 62 bis Tabelle 65) geben einen Überblick über den Umfang der von UPS im Rahmen von AP 5.1 gelieferten Daten, die in das Bewertungsmodell einfließen.

Fahrzeugtyp	Beginn	Ende	Kapazität Traktionsbatterie
P80-E	07/2012	(weiterhin in Betrieb)	61 kWh
P80-E	07/2012	(weiterhin in Betrieb)	61 kWh
P80-E	08/2012	(weiterhin in Betrieb)	61 kWh
P80-E	12/2012	(weiterhin in Betrieb)	77 kWh
P80-E	12/2012	(weiterhin in Betrieb)	77 kWh
P80-E	01/2013	(weiterhin in Betrieb)	77 kWh

Tabelle 62: Von UPS eingesetzte Fahrzeuge

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Abgegebene Strommenge
04/2013	07/2014	1.558	69.813 kWh

Tabelle 63: Umfang der von UPS gelieferten Ladedaten

Beginn	Ende	Anzahl Datensätze	Zurückgelegte Fahrstrecke
04/2013	07/2014	1.558	88.790 km

Tabelle 64: Umfang der von UPS gelieferten Fahrtdaten

Strommix	Anteil Eigenstrom	Strompreis
Ökostrom, regenerativ	0 %	VERTRAULICH

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Tabelle 65: Basisdaten für den Stromeinsatz von UPS

Vorabmerkungen zu den Ergebnissen von UPS:

Bei UPS wurden sechs E-Fahrzeuge vom Typ P80-E eingesetzt, die in Bezug auf ihre Traktionsbatterie in zwei Gruppen zerfielen (Fahrzeuge 65000-65002: 61 kWh, Fahrzeuge 65003-65005: 77 kWh). Alle Fahrzeuge wurden über den Erfassungszeitraum für denselben Fahrzweck eingesetzt, so dass (neben der Traktionsbatterie) im Wesentlichen örtliche Infrastruktur und Lage der Kunden sowie das zugehörige Paketaufkommen die Unterschiede in der Fahrzeugbeanspruchung ausmachten. Daher wurden die eingangs definierten Kennzahlen für alle Fahrzeuge jeweils im Vergleich ermittelt und dargestellt, wobei die Fahrzeuge in die genannten Gruppen aufgeteilt wurden, falls dies zweckmäßig erschien.

Nutzungsintensität der Fahrzeuge

Über alle Fahrzeuge ergab sich eine mittlere Nutzungsintensität von 79 % (61 kWh-Gruppe: 82 %, 77 kWh-Gruppe: 75 %), die im Jahresverlauf erheblich schwanken konnte, wie Abbildung 48 bis Abbildung 53 belegen. Zudem muss beachtet werden, dass es die Integration in eine Gesamtflotte (hier: rund 150 Fahrzeuge) in Kombination mit einer Saisonalität im Tagesgeschäft mit sich bringt, dass nie alle vorhandenen Fahrzeuge jeden Tag im Zustellbetrieb sind, d. h. geplante Nicht-Einsatztage können vorkommen. Diese wurden in den Diagrammen nicht zu Lasten der Einsatzintensität gezählt (vgl. Definition dieser Kennzahl). So können einzelne mit 100 % Einsatzintensität ausgewiesene Phasen durchaus dadurch charakterisiert sein, dass ein Fahrzeug an einigen der rund 20 Arbeitstagen des Monats dennoch nicht bewegt wurde, weil es geschäftlich nicht benötigt wurde. Durch die manuelle Datenerfassung seitens UPS war es jedoch nicht immer nachvollziehbar, ob eine geplante Nicht-Nutzung tatsächlich so begründet war oder ob sich dahinter ein mangelndes Vertrauen der lokalen Entscheider in die Reichweite der Fahrzeuge verbarg.

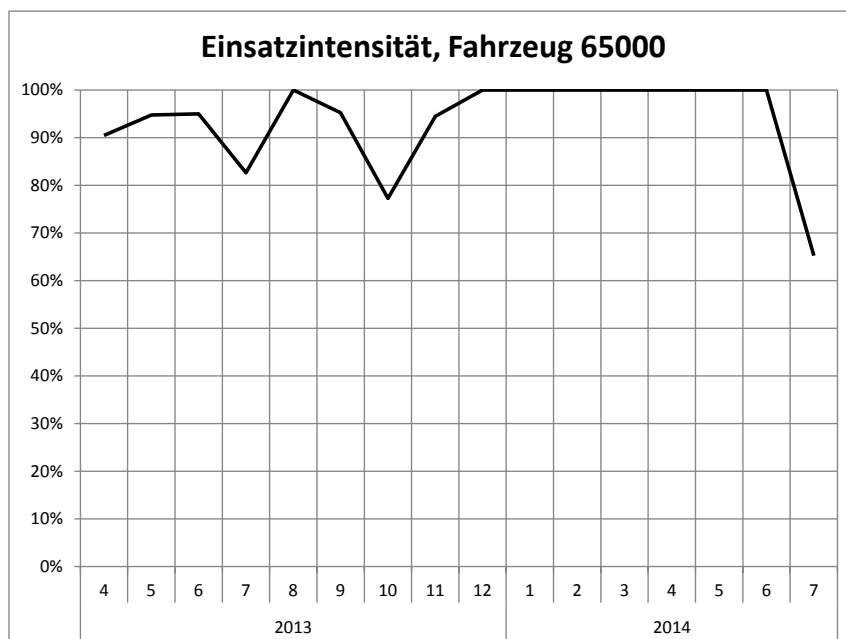


Abbildung 48: Einsatzintensität des Fahrzeugs 65000 (UPS), LKW 7,5 t

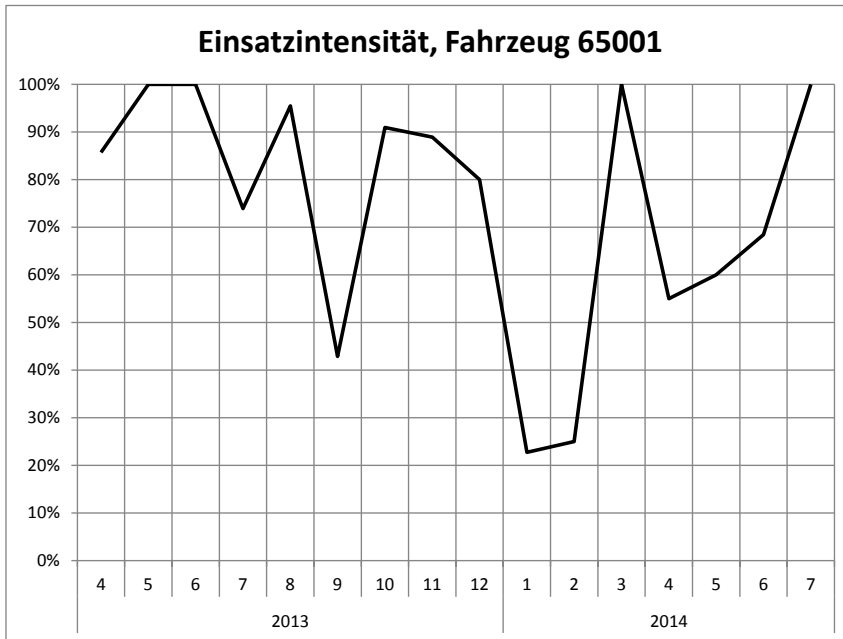


Abbildung 49: Einsatzintensität des Fahrzeugs 65001 (UPS), LKW 7,5 t

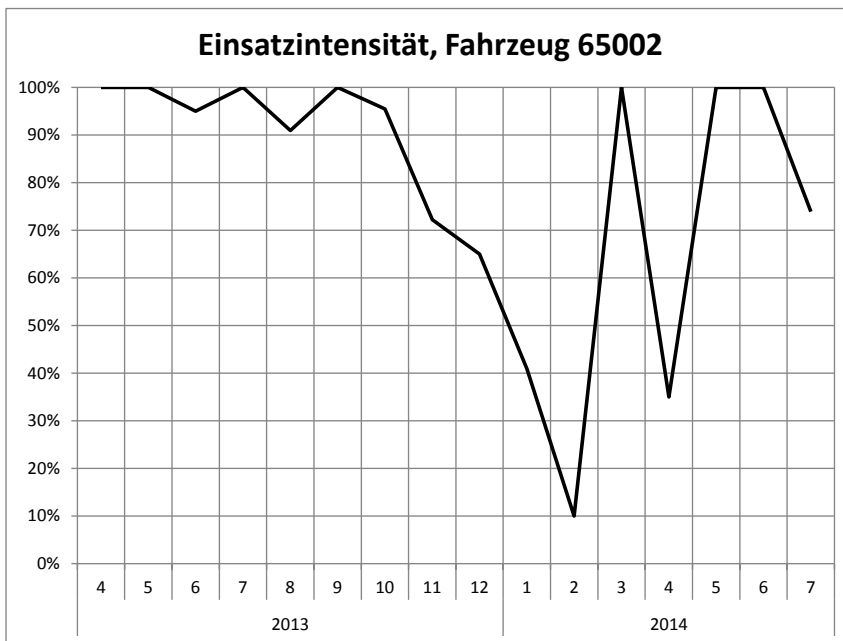


Abbildung 50: Einsatzintensität des Fahrzeugs 65002 (UPS), LKW 7,5 t

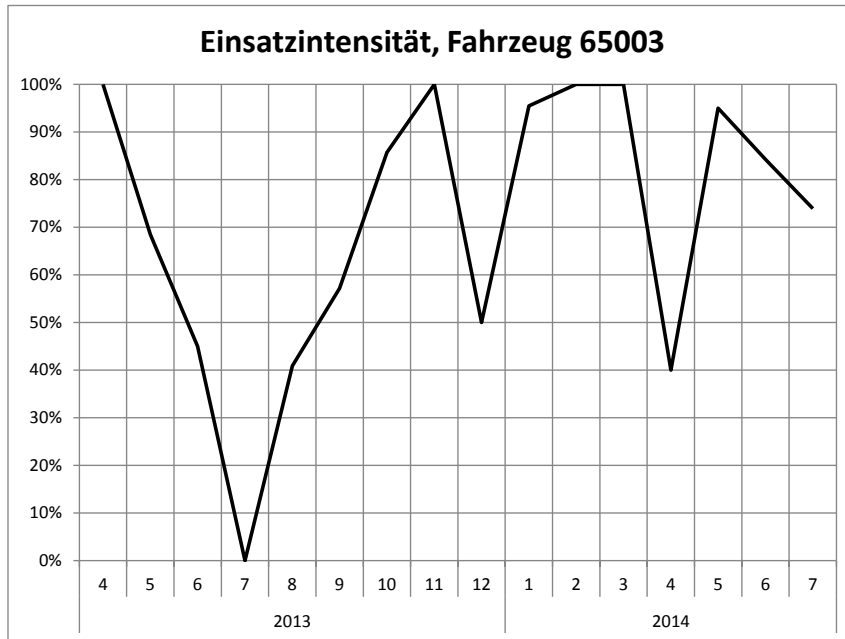


Abbildung 51: Einsatzintensität des Fahrzeugs 65003 (UPS), LKW 7,5 t

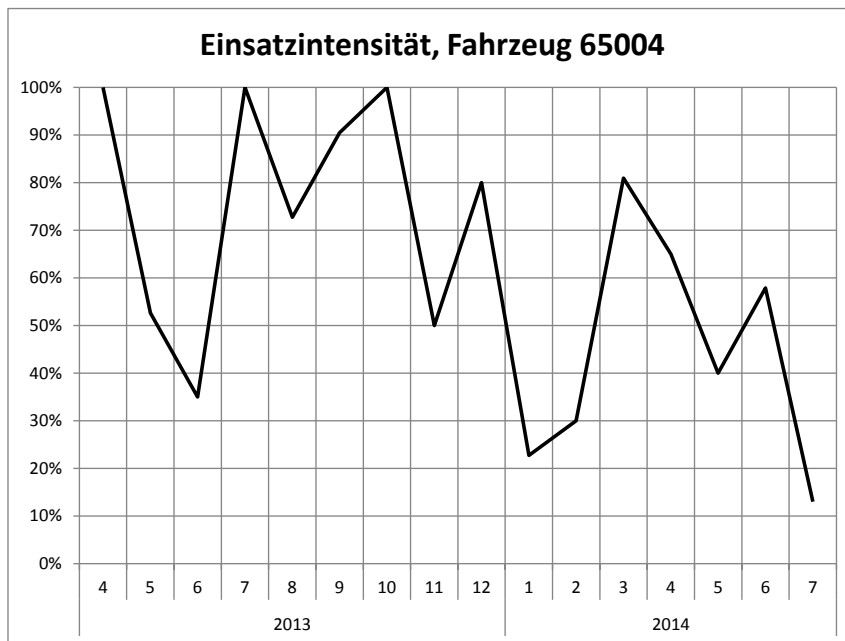


Abbildung 52: Einsatzintensität des Fahrzeugs 65004 (UPS), LKW 7,5 t

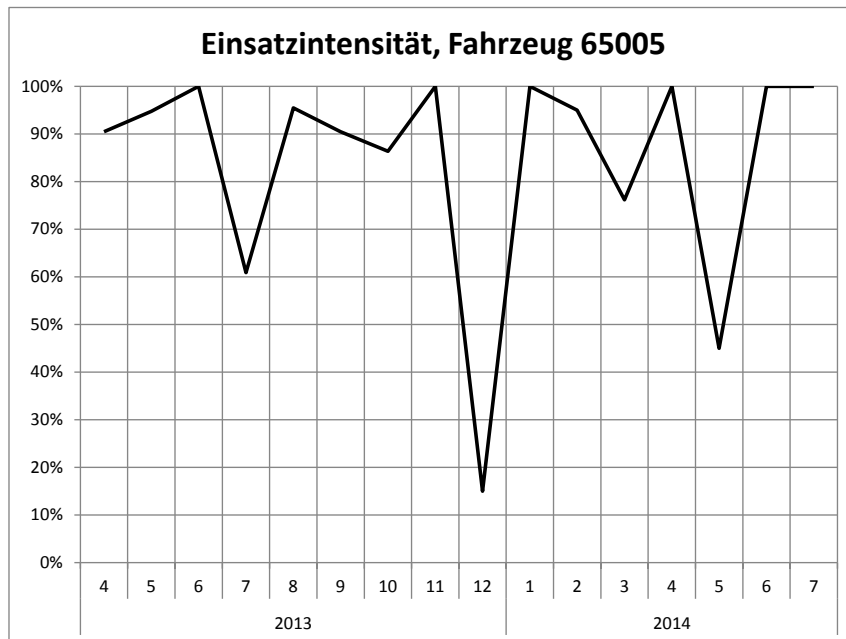


Abbildung 53: Einsatzintensität des Fahrzeugs 65005 (UPS), LKW 7,5 t

Über alle Diagramme darf ferner festgehalten werden, dass die Natur des Konversionsfahrzeugs in vielfältiger und regelmäßiger Weise die Einsatzintensität herabsetzte. So ist bspw. in Abbildung 49 zu erkennen, dass Fahrzeug 65001 im September 2013 einen Einbruch der Einsatzintensität erlitt, der auf einen Bremsdefekt an der Hinterachse zurückging, während der Rückgang im Juli 2013 Bezug zum Antrieb aufwies (defekter DC-Wandler). Über alle Fahrzeuge hinweg ist auffällig, dass sinkende Einsatzintensitäten an den Jahresrändern vorrangig auf den Einbruch der effektiv abrufbaren Einsatzreichweiten zurückzuführen waren. Tabelle 66 klassifiziert die Fahrzeugausfälle hinsichtlich verschiedener Kategorien.

Nicht-Einsatz-Grund	65000	65001	65002	65003	65004	65005	Alle
Unklar	22 %	9 %	12 %	8 %	18 %	14 %	13 %
Batterieladung unzureichend	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	16 %	2 %
Reichweite unzureichend	0 %	46 %	67 %	29 %	24 %	10 %	33 %
E-Antrieb in Reparatur	48 %	29 %	15 %	57 %	51 %	10 %	38 %
Fahrgestell in Reparatur	30 %	15 %	6 %	19 %	6 %	39 %	16 %
Unfallreparaturen	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	12 %	1 %

Tabelle 66: Gründe für ungeplanten Nicht-Einsatz der Fahrzeuge von UPS

Es zeigt sich in Tabelle 66, dass Reparaturen des Antriebssystems vornehmlich für Fahrzeugausfälle gesorgt haben (38 % der Ausfalltage), jedoch nur knapp häufiger als Zweifel an der Reichweite den Einsatz auf organisatorischer Ebene verhindert haben (33 % der Ausfalltage). Es kann vermutet werden, dass in der Kategorie „Unklar“ sowie in den (hier nicht aufgenommenen) Tagen, in denen ein Fahrzeug als „nicht benötigt“ klassifiziert wurde, noch weitere Fälle verborgen sind, die auf Zweifel an der Leistungsfähigkeit („Reichweitenangst“) hindeuten. Rund jeder sechste Ausfall (16 %) war durch Besonderheiten eines Konversionsfahrzeugs auf Basis von Altfahrzeugen zurückzuführen (Beseitigung von Verschleißerscheinungen).

Ausnutzungsgrad der Maximalreichweite des Fahrzeugs

 Eingehende Darstellung des
 Forschungsprojekts „ELMO“

Trotz deutlicher Fluktuationen in Bezug auf den täglichen Einsatz zeigen Abbildung 54 bis Abbildung 59 vergleichsweise geringe Abweichungen. Die gesamte Flotte erreichte einen Ausnutzungsgrad von im Mittel 87 % der jeweils möglichen Reichweiten, wobei kaum messbare Unterschiede zwischen 61 kWh- und 77 kWh-Fahrzeugen bestanden; allein die Streuung (Standardabweichung) lag bei den 77 kWh-Fahrzeugen mit 6 % leicht höher als im 61 kWh-Fall (durchweg 4 %), was durch eine höhere Einsatzflexibilität bei der Fahrstreckenlänge bedingt sein könnte.

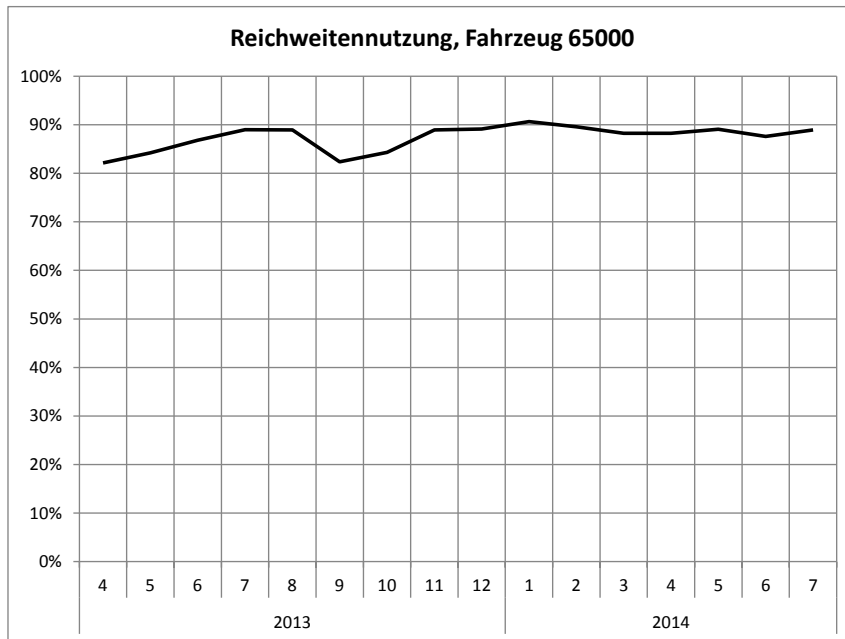


Abbildung 54: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65000 (UPS), LKW 7,5 t

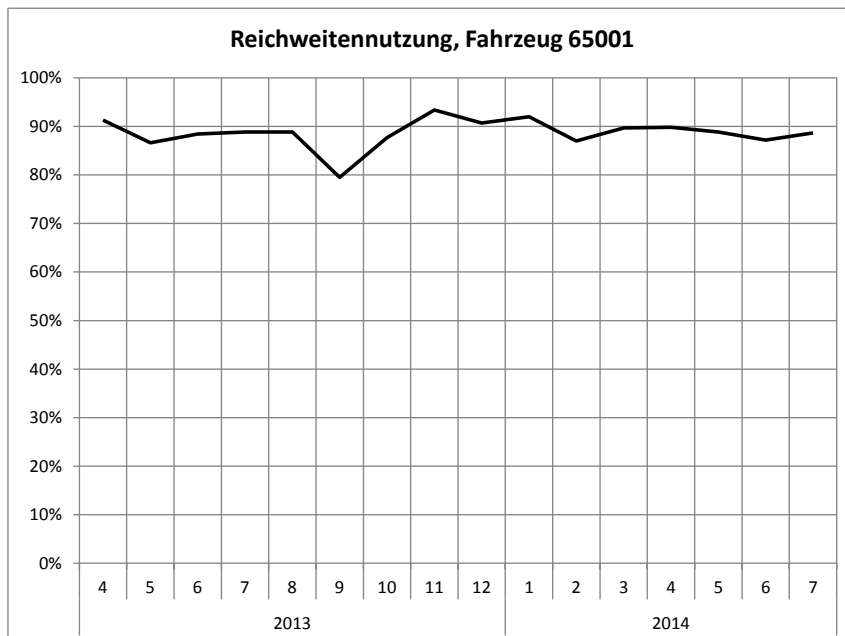


Abbildung 55: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65001 (UPS), LKW 7,5 t

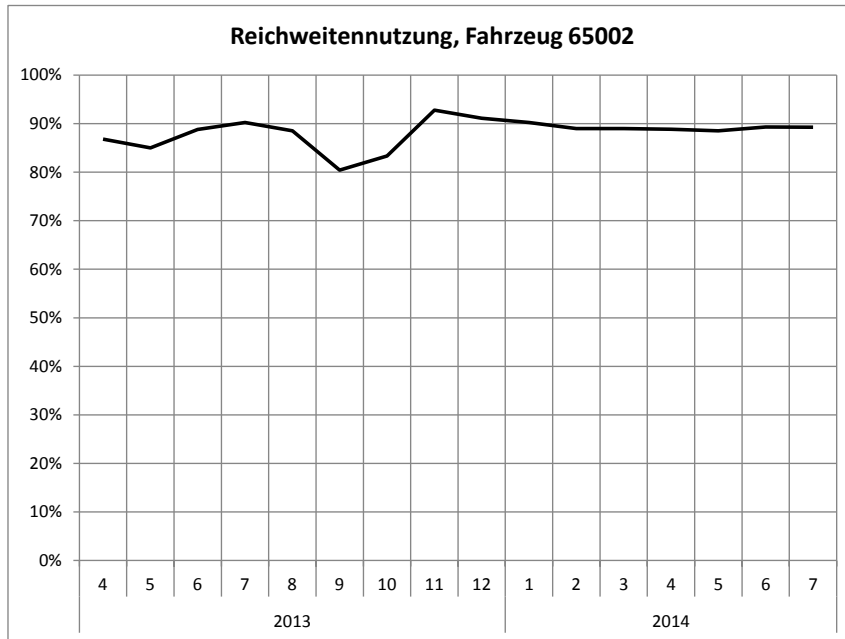


Abbildung 56: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65002 (UPS), LKW 7,5 t

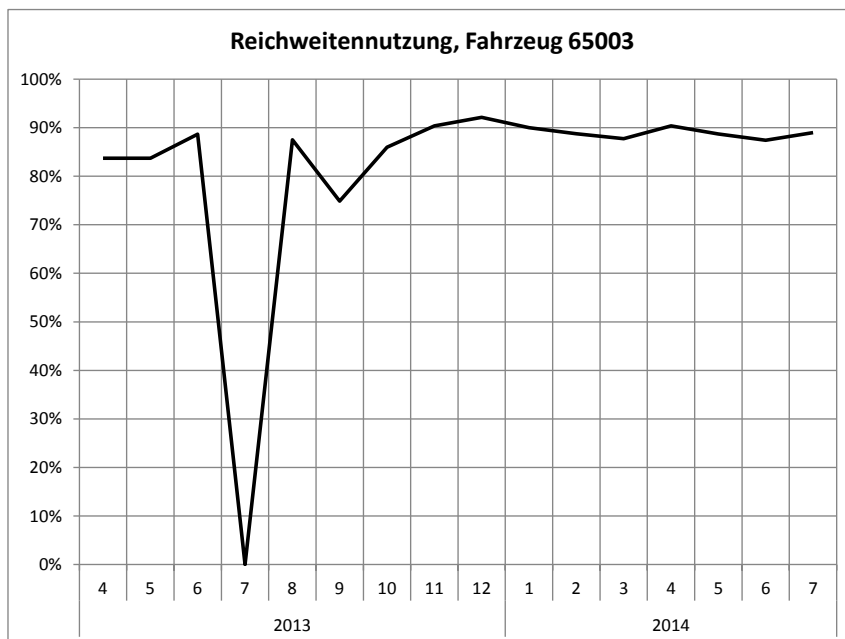


Abbildung 57: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65003 (UPS), LKW 7,5 t

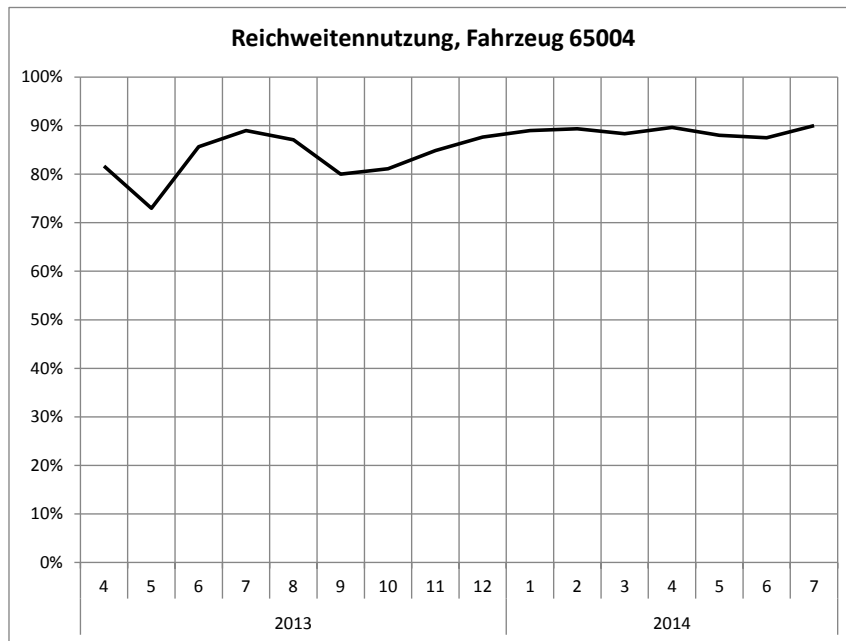


Abbildung 58: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65004 (UPS), LKW 7,5 t

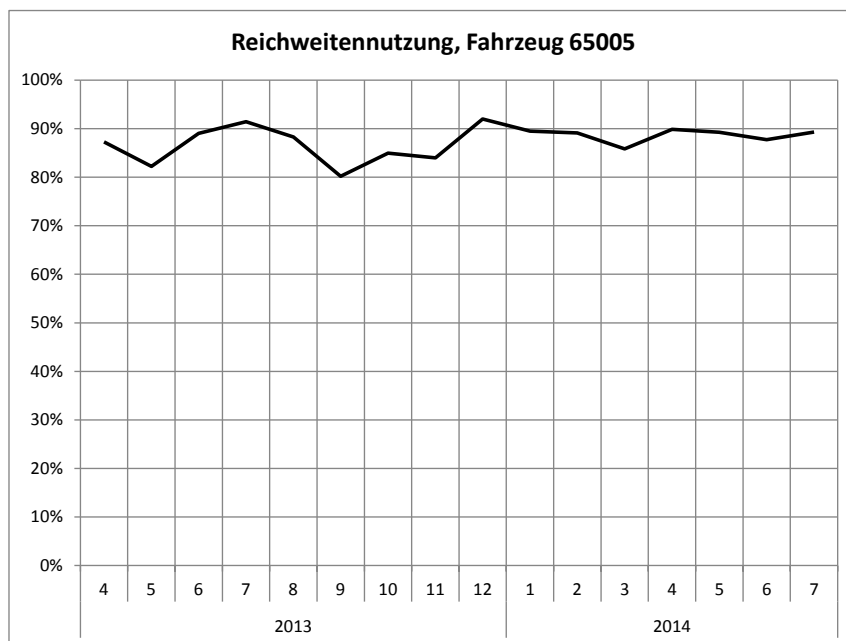


Abbildung 59: Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65005 (UPS), LKW 7,5 t

Der Abfall der Reichweitennutzung des Fahrzeugs 65003 auf 0 % ist dadurch zu erklären, dass das Fahrzeug defektbedingt den kompletten Juli 2013 nicht einsatzfähig war. Dieser Monat wird in den nachfolgenden Auswertungen daher ebenfalls eine Lücke im jeweiligen Diagramm aufweisen.

Auf Basis der Reichweitennutzung lässt sich die These aufstellen, dass die Entscheider bei UPS bereits über ein hohes Maß an Erfahrungswissen verfügen, was das Leistungsvermögen der Fahrzeuge angeht und dementsprechend Erfolg hatten, diese Fahrzeuge einen hohen Teil ihres Reichweitenpotenzials ausschöpfen zu lassen. Dazu ist ein Blick auf eine Histogrammdarstellung der relativen Reichweitennutzung hilfreich (vgl. Abbildung 60 bis Abbildung 65).

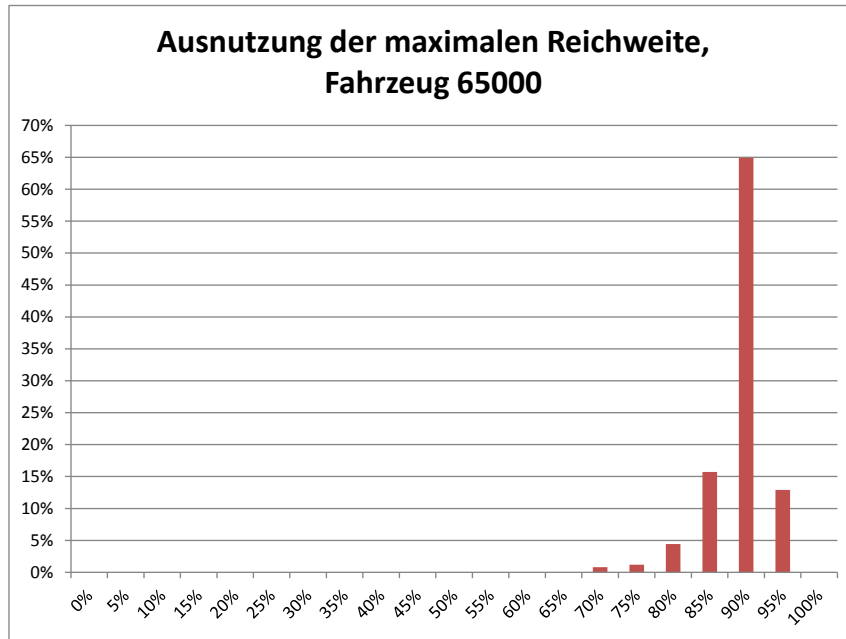


Abbildung 60: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65000 (UPS), LKW 7,5 t

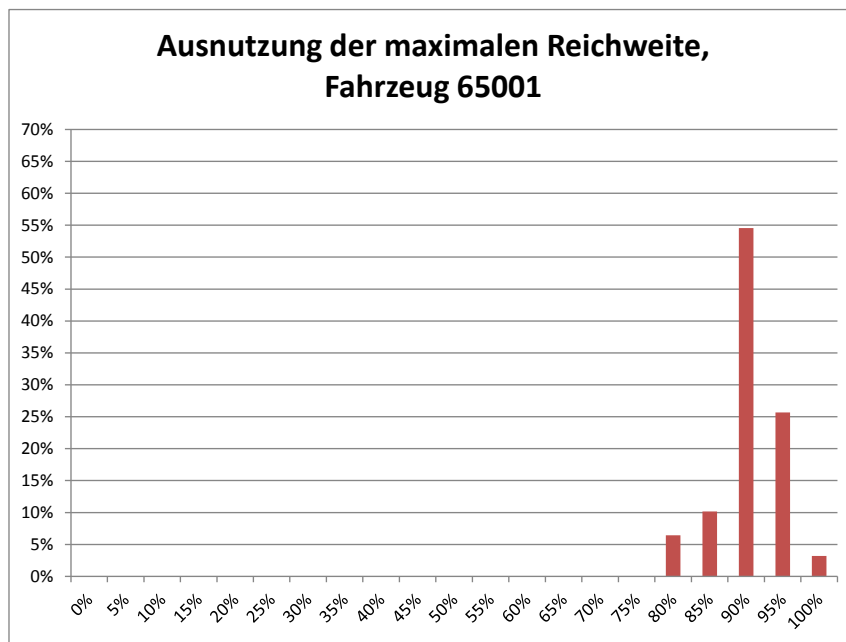


Abbildung 61: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65001 (UPS), LKW 7,5 t

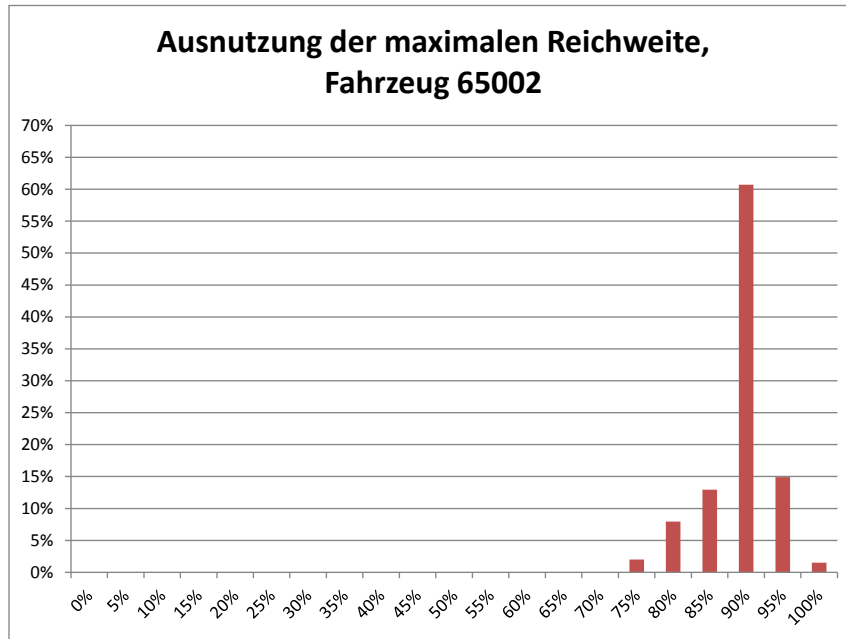


Abbildung 62: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65002 (UPS), LKW 7,5 t

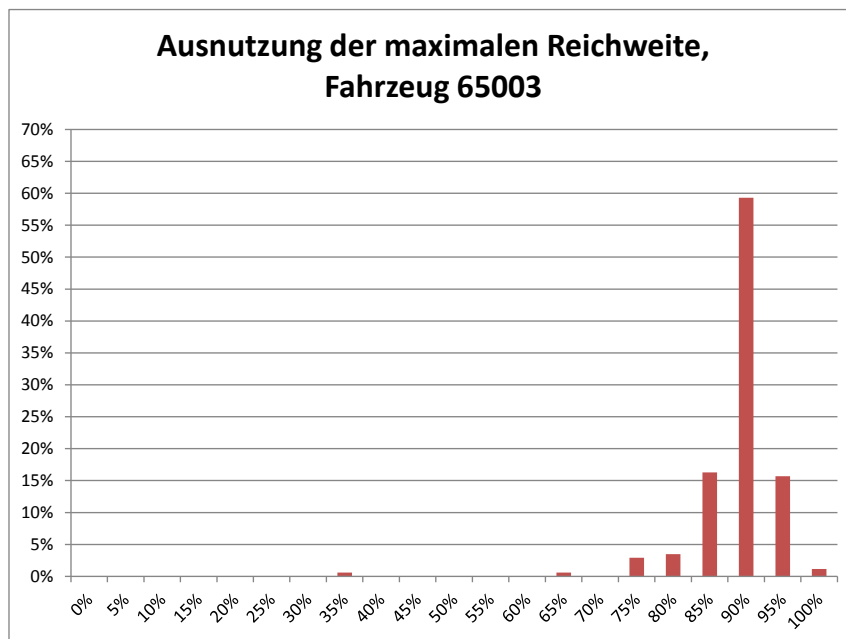


Abbildung 63: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65003 (UPS), LKW 7,5 t

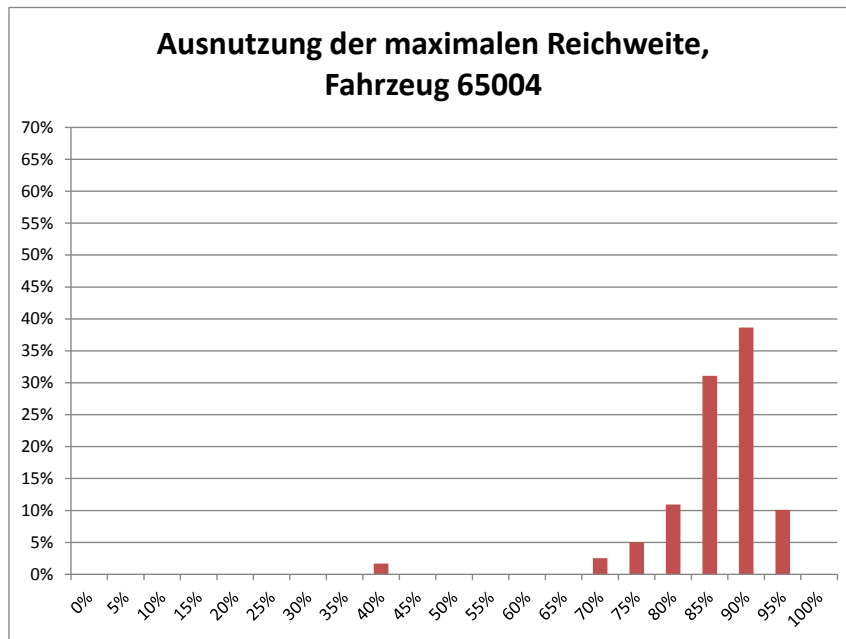


Abbildung 64: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65004 (UPS), LKW 7,5 t

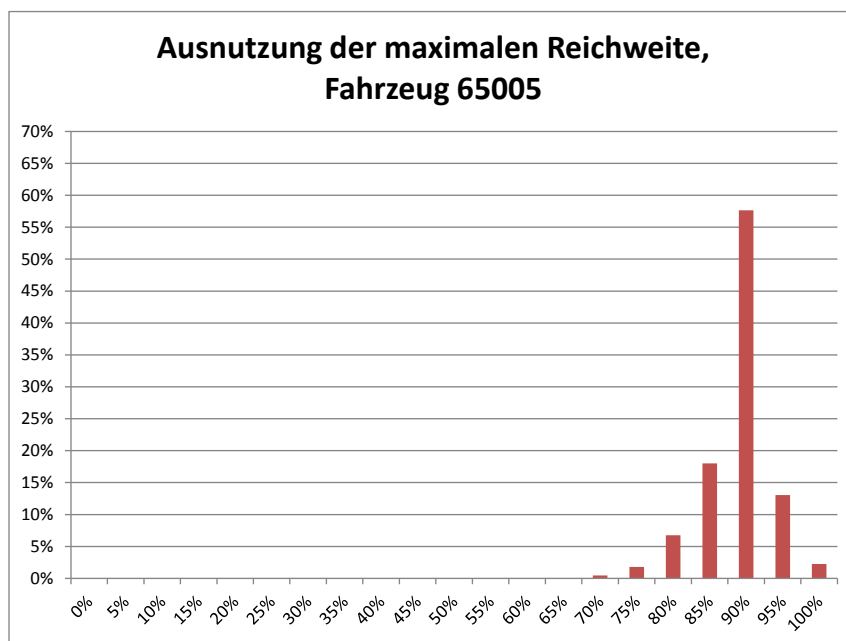


Abbildung 65: Histogramm zur Ausnutzung der Maximalreichweite, Fahrzeug 65005 (UPS), LKW 7,5 t

Es zeigt sich, dass die Fahrten aller Fahrzeuge am häufigsten im Schnitt zwischen 85 % und 90 % des Reichweitenpotenzials ausschöpften. Ebenso zeigen sich in den Histogrammen kaum Fahrten unterhalb von 70 %, so dass die These aufrechterhalten werden kann, nach der die lokale Einsatzplanung im Paketzentrum das Leistungsvermögen der Fahrzeuge vergleichsweise genau einschätzen konnte. Dies ist jedoch auch vor dem Hintergrund zu sehen, dass die Fahrzeugreichweiten gemeinsam mit EFA-S so angelegt wurden, dass die Fahrzeuge kürzere Touren im Einzugsgebiet des Paketzentrums Herne-Börnig erledigen zu können. Dafür war die Fahrzeugreichweite offenbar gerade ausreichend. In AP 2 wurde die Zielgröße von 75 km definiert, welche im Mittel von allen sechs Fahrzeugen erreicht wurde (75,2 km

im Durchschnitt). Fahrzeug 65000 schien jedoch ein im Vergleich zu allen übrigen E-Fahrzeugen stärker verdichtetes Einsatzgebiet bedient zu haben, da im Mittel nur 70,4 km erreicht wurden. Erneut zeigen sich kaum Unterschiede zwischen Fahrzeugen mit 61 kWh-Batterie und 77 kWh-Batterie. Auf die absoluten Tourlängen bezogen bedeutet dies, dass der Einbau weiterer Batteriepacks, d. h. eine Aufrüstung von 61 auf 77 kWh keine in der Praxis nachgewiesene Steigerung der effektiv nutzbaren Reichweite mit sich gebracht hat.

Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs für den vorliegenden Anwendungskontext

Aufgrund der hohen Ausnutzungsgrade (vorherige Auswertung) durfte erwartet werden, dass die rechnerischen Maximalreichweiten relativ nah an den tatsächlich erzielten Maximalreichweiten liegen. Im Schnitt erreichten alle Fahrzeuge 78,6 km, die Gruppe der 61 kWh-Fahrzeuge 76,3 km, die übrigen 81,4 km. Die Kastendiagramme, die in Abbildung 66 bis Abbildung 71 dargestellt sind, zeigen die rechnerischen Maximalreichweiten der Fahrzeuge für den Zeitraum der Fahrtdatenerfassung. Betrachtet man die als dunkler Kasten dargestellten zweiten und dritten Quartile, fällt bei allen Fahrzeugen ein saisonaler, wellenartiger Verlauf der Maximalreichweiten auf, wobei bei allen sechs Fahrzeugen ein Wellental entweder im Dezember oder Januar lag, was auf jahreszeitliche Einflüsse hindeutet. Über alle Fahrzeuge betrachtet übertraf die rechnerische Maximalreichweite in 2 von 3 Fällen das von UPS ausgegebene Ziel einer Reichweite von 75 km pro Tour, wobei die Ergebnisse nach Fahrzeugen deutlich unterschiedlich ausfielen. Die 77 kWh-Fahrzeuge konnten dieses Ziel in 12 von 16 Monaten erreichen, die 61 kWh-Fahrzeuge nur in 9 von 16 Monaten. In der Hinsicht, das ausgegebene Reichweitenziel gegen saisonal bedingte Verlusteffekte abzusichern, war der Einbau vergrößerter Batteriepacks demnach eine sinnvolle Entscheidung.

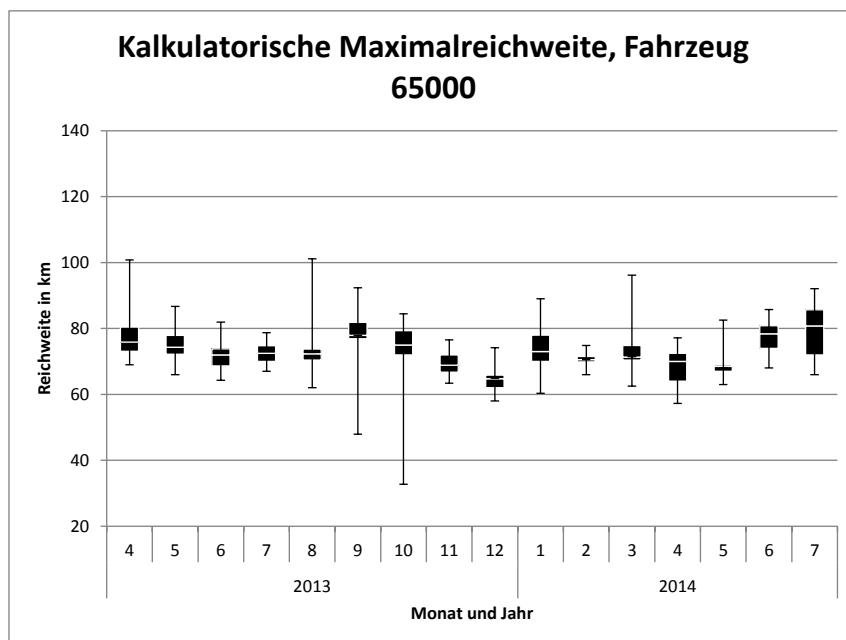


Abbildung 66: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs 65000 (UPS), LKW 7,5 t

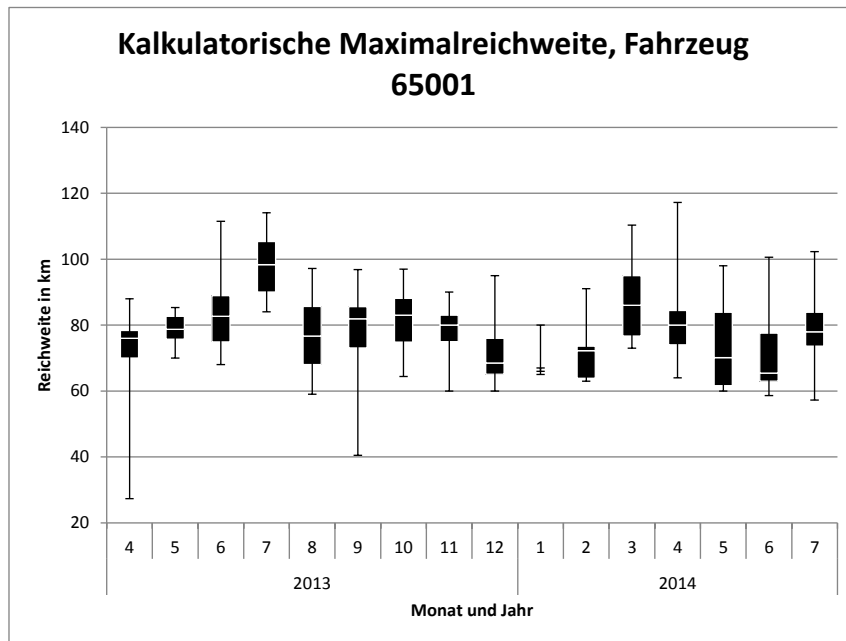


Abbildung 67: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs 65001 (UPS), LKW 7,5 t

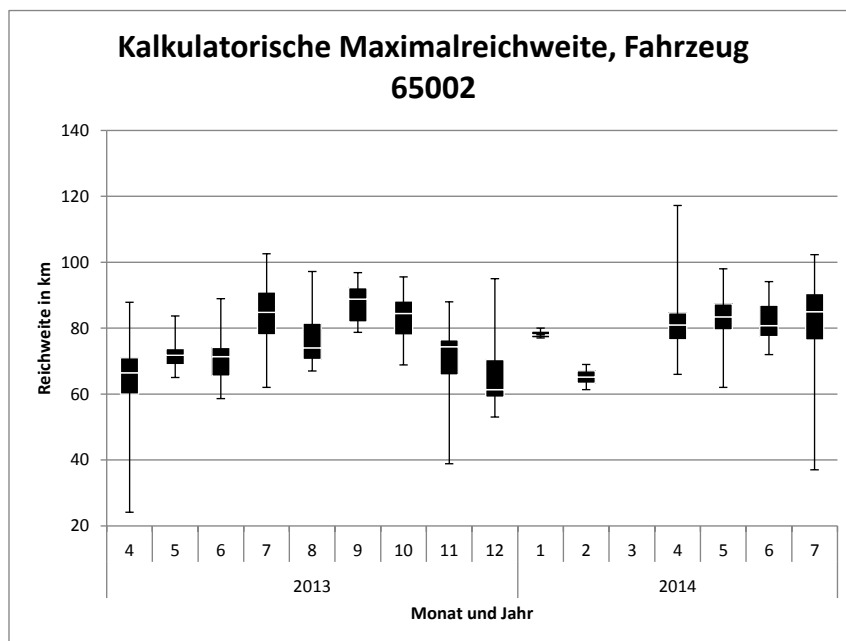


Abbildung 68: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs 65002(UPS), LKW 7,5 t

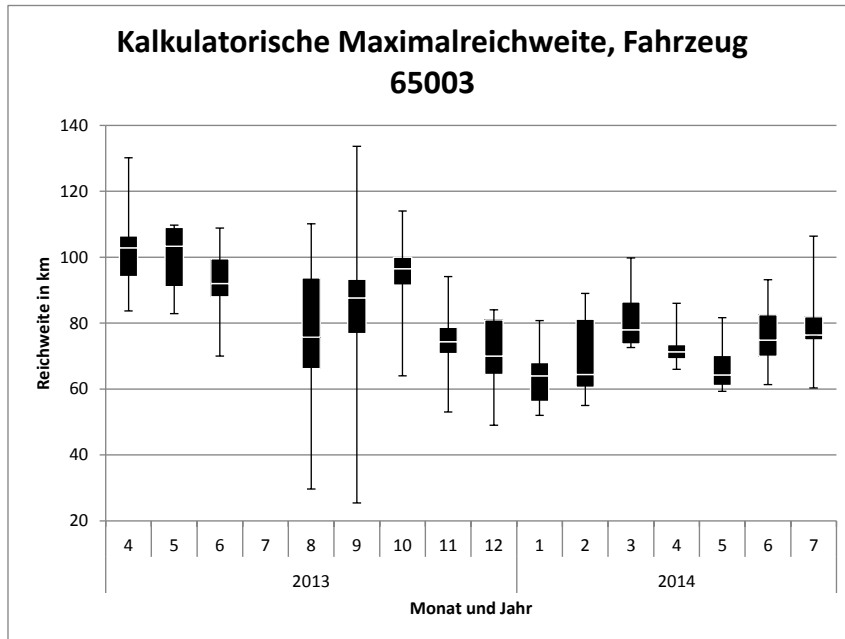


Abbildung 69: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs 65003 (UPS), LKW 7,5 t

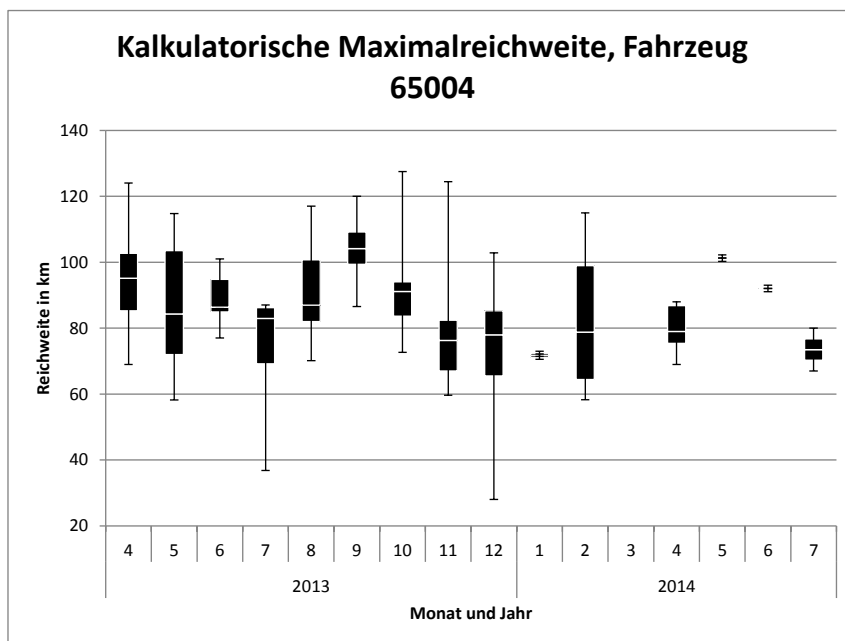


Abbildung 70: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs 65004 (UPS), LKW 7,5 t

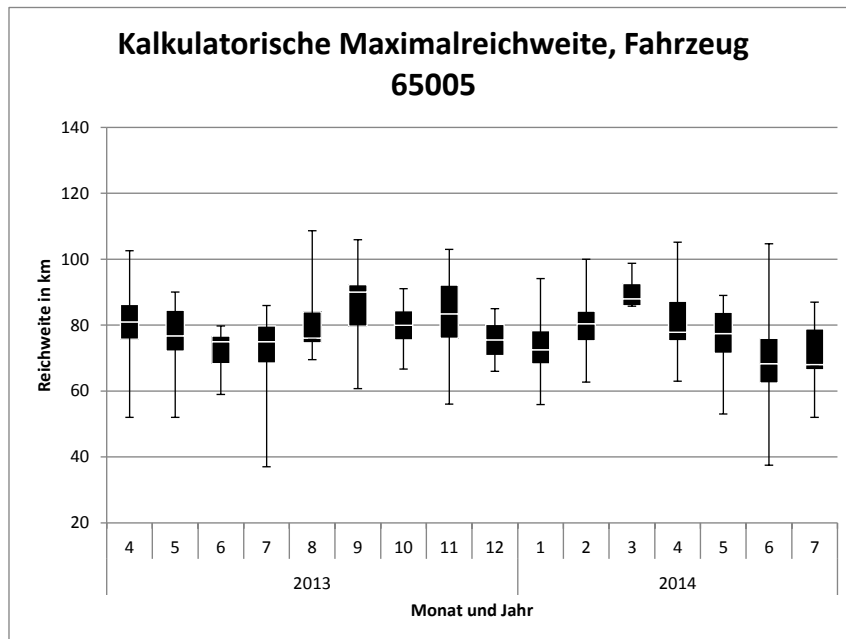


Abbildung 71: Rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs 65005 (UPS), LKW 7,5 t

Eine Ausnahme stellt das Fahrzeug 65005 dar, das trotz größer dimensionierter Traktionsbatterie Leistungen erbrachte, die der entsprachen, die durch die Gruppe der 61 kWh-Fahrzeuge erbracht wurden. Demnach war das Verbauen größerer Energiespeicher per se nicht zielführend. Hier müsste im Detail untersucht werden, inwiefern Fahrzeug 65005 von Fahrzeug 65003 und 65004 im Hinblick auf Arbeitslast und Servicegebiet abwich. Es darf abschließend festgehalten werden, dass bei der Dimensionierung von Traktionsbatterien ein Sättigungseffekt beobachtbar ist: Größere Batteriespeicher bringen zwar per se ein höheres Fahrstrompotenzial mit sich, müssen aber selbst durch das Fahrzeug mitbewegt werden. Da Batterien eine maßgebliche Komponente des Fahrzeugeigengewichts darstellen, das wiederum physikalisch bedingt ein Haupttreiber der benötigten Fahrenergie ist, kann davon ausgegangen werden, dass die theoretisch erwartbare Mehrreichweite durch einen relativen Mehrbedarf an Fahrstrom zur Bewegung des gestiegenen Eigengewichts kompensiert wird. Im Fall von Fahrzeug 65005 könnte daher das Fahrprofil zu einem so hohen relativen Verbrauch führen, dass die nominellen Vorteile des größeren Energiespeichers dadurch vollständig absorbiert wurden. Daher werden im Folgenden die relativen Fahrstromverbräuche analysiert.

Relativer Fahrstromverbrauch in kWh/100 km

Von Abbildung 72 bis Abbildung 77 sind Kastendiagramme der sechs Fahrzeuge abgebildet, die den relativen Fahrstromverbrauch darstellen. Berechnet man über den Datenerfassungszeitraum den mittleren relativen Fahrstromverbrauch, erreichte man für die Fahrzeuge der 61 kWh-Klasse Werte zwischen 72 und 77 kWh/100 km, während die Fahrzeuge der 77 kWh-Klasse zwischen 80 und 90 kWh/100 km lagen. Im ungünstigsten Fall trat damit der beschriebene Sättigungseffekt auf: Ein Fahrzeug, das eine im Schnitt 26 % höhere Kapazität der Traktionsbatterie aufwies, hatte damit im Durchschnitt potenziell 10-25 % höhere relative Stromverbräuche, so dass sich die technische Erweiterung als Nullsummenspiel erweisen konnte. Ähnlich wie bei der Betrachtung der relativen Kapazitätsauslastung zeigte sich bei den relativen Stromverbräuchen der 77 kWh-Fahrzeuge mit 26 kWh/100 km eine höhere Streuung (Standardabweichung) als bei den 61 kWh-Fahrzeugen (14 kWh/100 km). Die höhere Flexibilität in Form einer größeren Einsatzreichweite wurde (wie gesehen) auch abgerufen, was sich hier in den Verbrauchswerten entsprechend widerspiegelt.

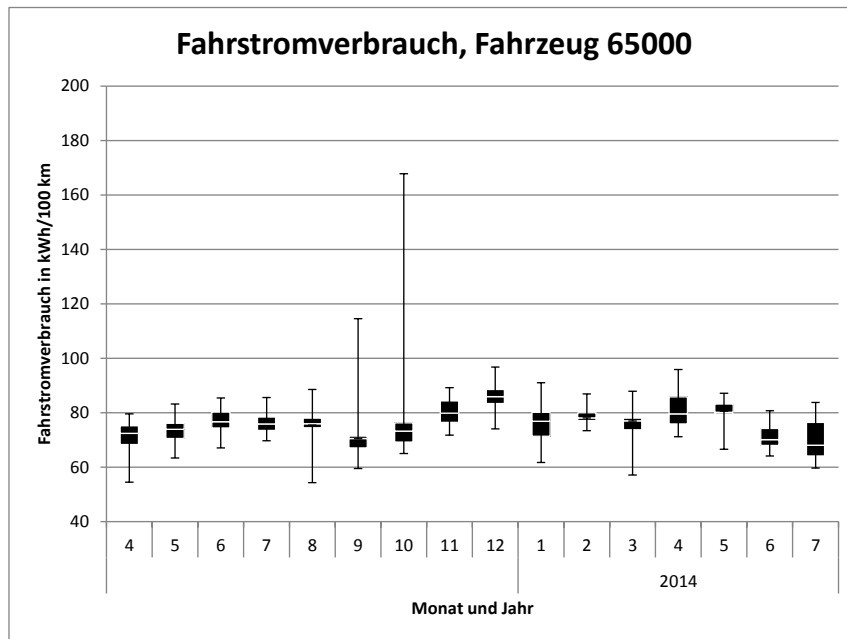


Abbildung 72: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug 65000 (UPS), LKW 7,5 t

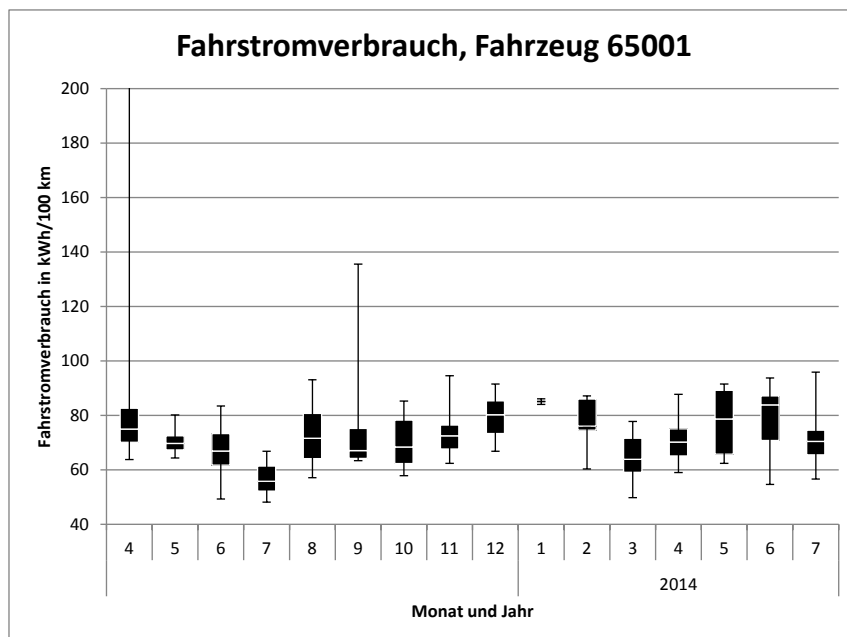


Abbildung 73: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug 65001 (UPS), LKW 7,5 t

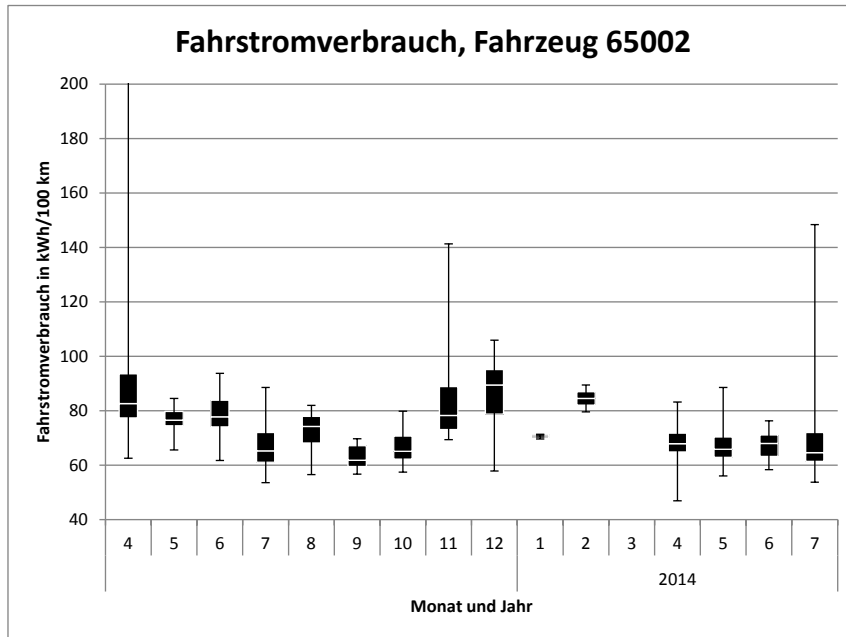


Abbildung 74: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug 65002 (UPS), LKW 7,5 t

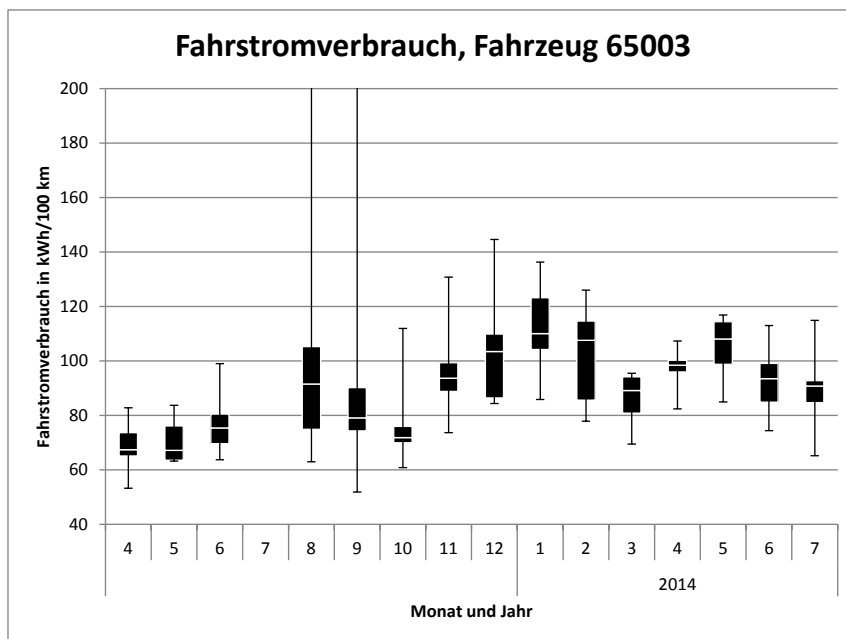


Abbildung 75: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug 65003 (UPS), LKW 7,5 t

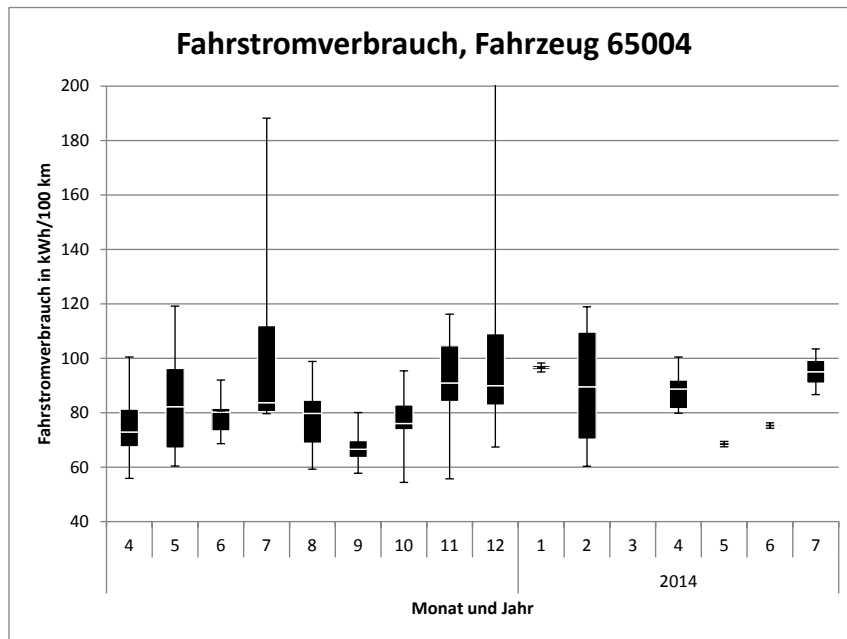


Abbildung 76: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug 65004 (UPS), LKW 7,5 t

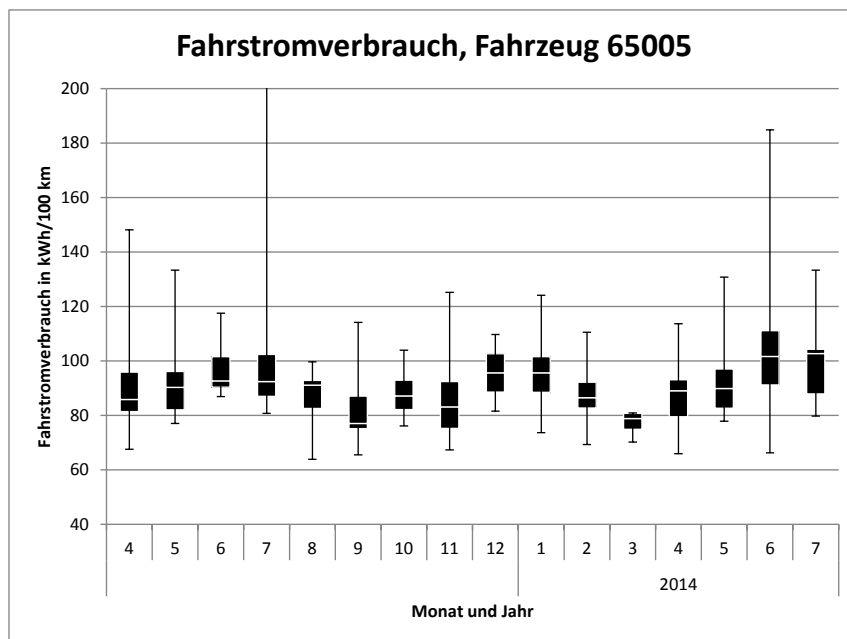


Abbildung 77: Boxplot des auf 100 km normierten Fahrstromverbrauchs, Fahrzeug 65005 (UPS), LKW 7,5 t

Auch hier zeigt sich ein erwartbares Ergebnis, nämlich ein Zunehmen der Werte rund um den Jahreswechsel. Zudem schien der Fahrstromverbrauch darüber hinaus einem weiteren Zyklus zu folgen, bei dem ein weiterer Hochpunkt im Verbrauch zwischen Mai und Juli erreicht wurde. Stellt man für die verschiedenen Fahrzeuge einen Vergleich von mittlerer Tagesfahrstrecke und Verbrauch an, lässt sich feststellen, dass diese Hochpunkte immer dann auftraten, wenn die tägliche Fahrstrecke eines Fahrzeugs deutlich unter dem Jahresmittelwert lag. Damit sind zwei Erklärungsansätze denkbar:

- Wenn die Stoppzahl pro Tour im Mittel gleich bleibt und lediglich die Fahrstrecke nach unten angepasst wird, müssen je Fahrkilometer mehr Start- und Stopp-Vorgänge bewältigt werden und kontinuierliche Fahrtanteile

schrumpfen. Es ist physikalisch naheliegend, dass es mehr Energie bedarf, ein Fahrzeug vollständig zu stoppen und wieder zur ursprünglichen Geschwindigkeit zu beschleunigen als nur so viel Energie aufzuwenden, dass Roll- und Luftreibung ausgeglichen sind. Damit würde eine Streckenverkürzung bei gleicher Stoppzahl pro Tour den beobachteten Effekt erklären.

- Ein weiterer Einflussfaktor kann beim Fahrer vermutet werden: Die verkürzten Strecken treten tendenziell im Sommer auf, zu einer Zeit, in der das Paketvolumen in der Industrie ferienbedingt zurückgeht. Wenn im Vergleich zum Jahresdurchschnitt weniger zu befördern ist und die Touren kürzer sind als gewohnt, stehen die Fahrer angesichts der festgestellten knapp berechneten Reichweite weniger unter Druck, energiesparend mit dem Fahrzeug umzugehen. Verbunden mit dem Gedanken, das Tagwerk schneller als gewohnt zu erledigen, könnte daraus ein Anreiz entstehen, weniger Fahrstrom zu sparen und die ohnehin kilometermäßig gekürzte Tour auch zeitlich durch sportlichere Fahrweise zu kürzen.

Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen

Als Benchmarkfahrzeuge für die E-Fahrzeuge von UPS konnte das konvertierte Basisfahrzeug, der P80 in seiner Ursprungsform, herangezogen werden. Für Modelle wie dieses gibt UPS einen durchschnittlichen Dieserverbrauch von 16,5 Litern bis 19 Litern pro 100 km an. In den Wintermonaten Dezember bis Februar wird regelmäßig ein Anstieg dieses Verbrauchs von durchschnittlich 8 % beobachtet. Auf Grundlage dieser Angaben wurde für das Bewertungsmodell ein Durchschnittsverbrauch von 17,75 Liter/ 100 km angenommen (Mittelwert), zudem wurde für jeden Fall, in dem das Modell eine Fahrt im Winter bewertete, der genannte Aufschlag von 8 % im Kraftstoffverbrauch mit einbezogen. Damit existiert gegenüber den bisherigen Berechnungen erstmals eine gewisse Saisonkomponente für das kalkulatorische Benchmarkfahrzeug. Mithilfe der in DIN EN 16258:2013 enthaltenen Emissionsfaktoren konnte nun abgeschätzt werden, welche Menge an Treibhausgasemissionen durch den Einsatz des batterieelektrischen Fahrzeugs bei UPS eingespart wurden. Die Berechnung erfolgte DIN EN 16258:2013 folgend Tank-to-Wheel, d. h. der Einsatz eines batterieelektrischen Fahrzeugs sowie die Bereitstellung des Kraftstoffs für den Benchmarkfall wurden als emissionsfrei betrachtet. Die Ergebnisse dieser Berechnung zeigt Tabelle 67.

Fahrzeug	Eingesparte Treibhausgasemissionen gegenüber Benchmarkfahrzeug in kg CO _{2e}
65000	8.414 kg
65001	6.898 kg
65002	7.753 kg
65003	6.401 kg
65004	5.142 kg
65005	7.929 kg
Gesamt	42.537 kg

Tabelle 67: Geschätzte Einsparung von Treibhausgasemissionen pro Fahrzeug und gesamt bei UPS (Tank-to-Wheel nach DIN EN 16258:2013)

Der Einsatz des batterieelektrischer LKW in der Paketzustellung hat also (Tank-to-Wheel) über den Erfassungszeitraum zu einer Senkung der Treibhausgasemissionen von rd. 42,5 t beigetragen.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Ersparnisbeitrag des Fahrzeugs als Kostendifferenz gegenüber den Benchmarkdaten der Partner

Unter Nutzung der historischen Dieselpreise und des von UPS angegebenen Kraftstoffpreises ergaben sich die kalkulatorischen Ersparnisbeiträge für die sechs Fahrzeuge wie zwischen Abbildung 78 und Abbildung 83 dargestellt.

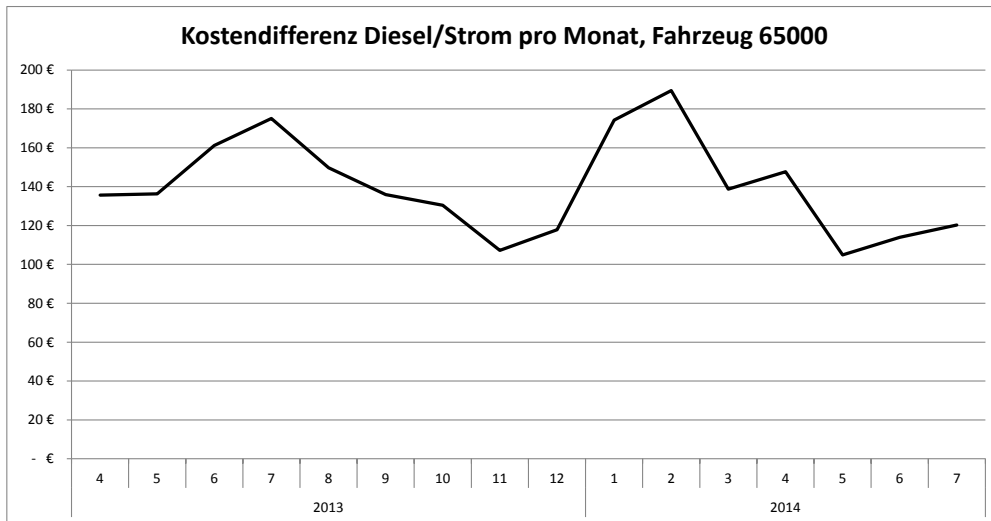


Abbildung 78: Monetärer Ersparnisbeitrag pro Kilometer, Fahrzeug 65000 (UPS), LKW 7,5 t

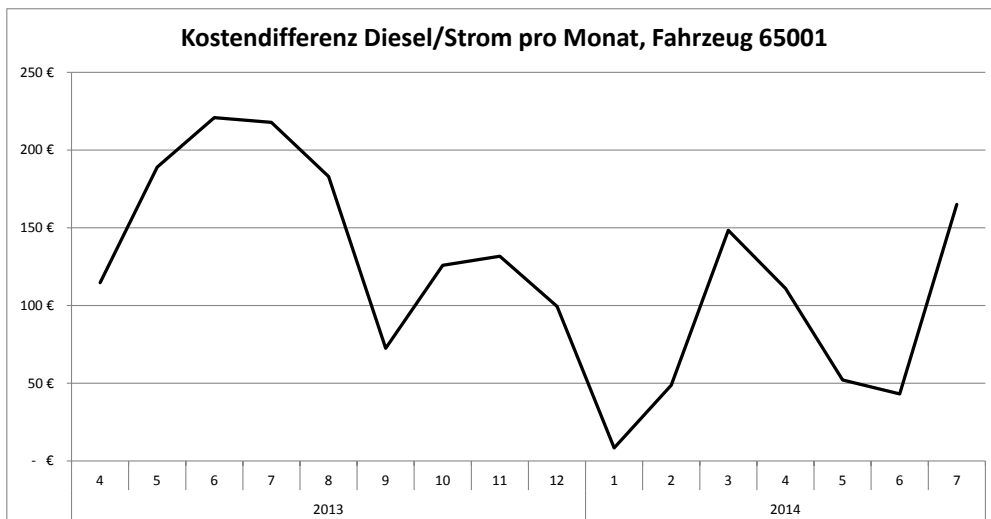


Abbildung 79: Monetärer Ersparnisbeitrag pro Kilometer, Fahrzeug 65001 (UPS), LKW 7,5 t

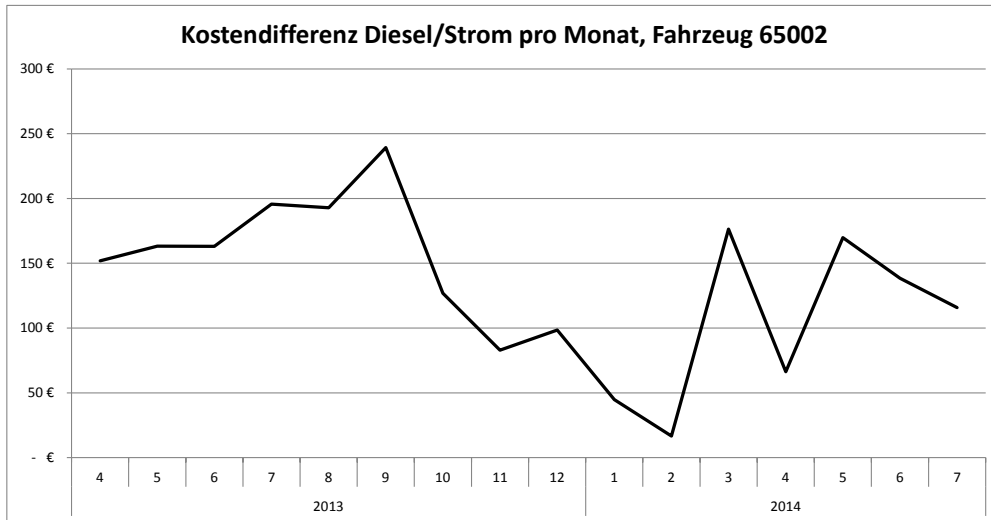


Abbildung 80: Monetärer Ersparnisbeitrag pro Kilometer, Fahrzeug 65002 (UPS), LKW 7,5 t

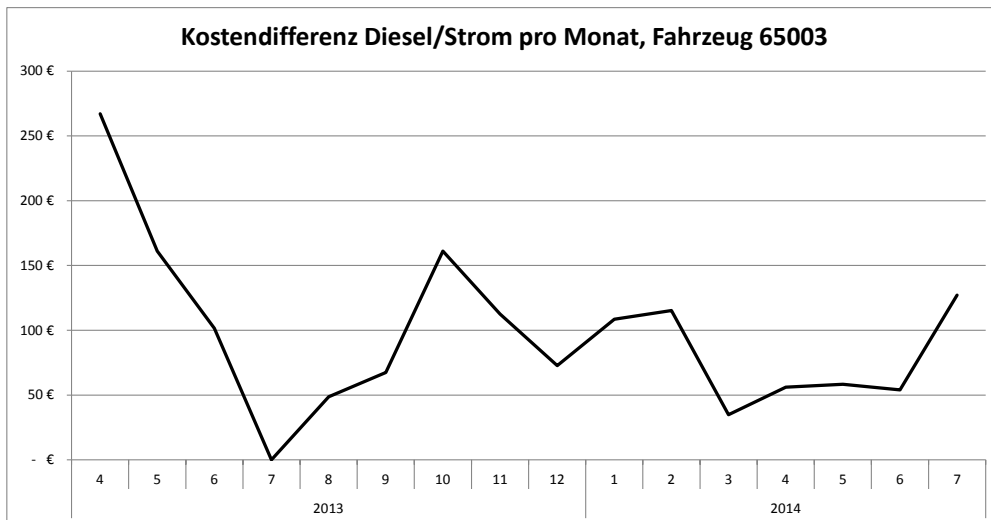


Abbildung 81: Monetärer Ersparnisbeitrag pro Kilometer, Fahrzeug 65003 (UPS), LKW 7,5 t

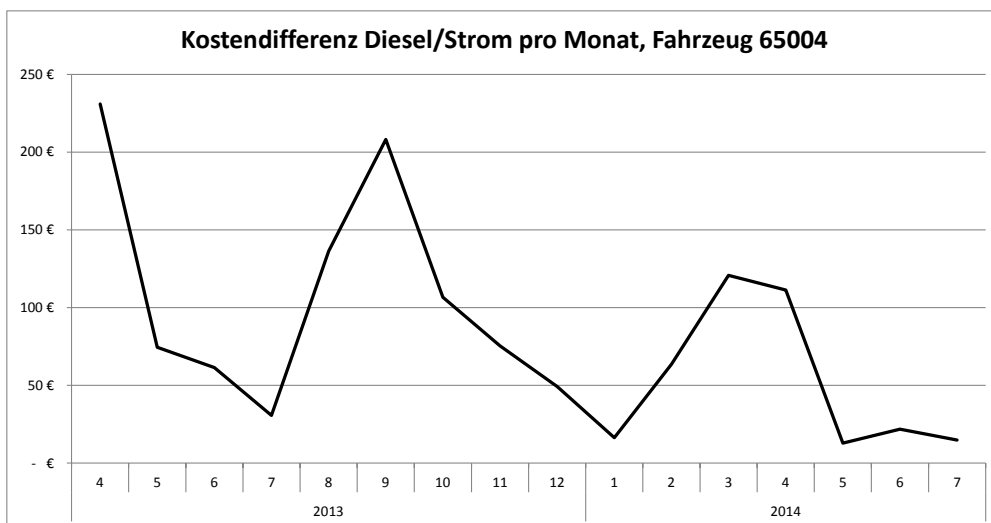
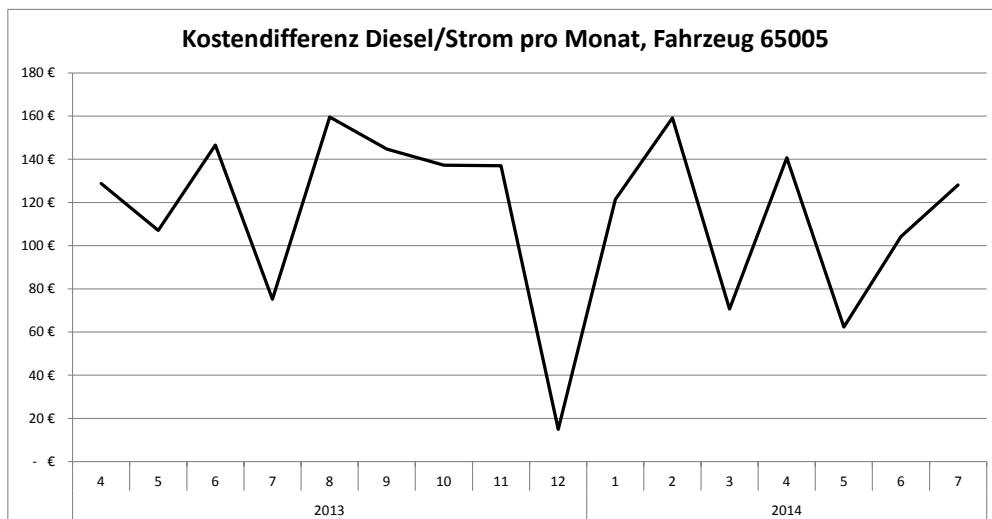


Abbildung 82: Monetärer Ersparnisbeitrag pro Kilometer, Fahrzeug 65004 (UPS), LKW 7,5 t



Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Abbildung 83: Monetärer Ersparnisbeitrag pro Kilometer, Fahrzeug 65005 (UPS), LKW 7,5 t

ANMERKUNG: Die Ergebnisse der Detailauswertung zur Wirtschaftlichkeit enthalten sensible Daten und sind in der öffentlichen Fassung dieses Berichts nicht enthalten.

Tabelle 68 bis Tabelle 71 zeigen überblicksartig wesentliche Fuhrparkkennzahlen der beiden E-Fahrzeuge von UPS im direkten Vergleich.

Fahrkilometer (km)	Ergebnis
Minimum	18,0
Mittelwert	75,6
Median	74,0
Maximum	117,0
Streuung	12,5

Tabelle 68: Fuhrparkkennzahlen zur Fahrlänge für UPS

Maximalreichweite (km)	Ergebnis
Minimum	18,0
Mittelwert	78,6
Median	76,9
Maximum	133,6
Streuung	13,9

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Tabelle 69: Fuhrparkkennzahlen zur theoretischen Maximalreichweite für UPS

Kapazitätsnutzung (%)	Ergebnis
Minimum	33%
Mittelwert	87%
Median	88%
Maximum	100%
Streuung	5%

Tabelle 70: Fuhrparkkennzahlen zur Ausnutzung der Batteriekapazität für UPS

Stromverbrauch (kWh/100km)	Ergebnis
Minimum	46,8
Mittelwert	81,2
Median	77,3
Maximum	393,6
Streuung	21,9

Tabelle 71: Fuhrparkkennzahlen zum relativen Fahrstromverbrauch für UPS

Kurzzusammenfassung AP 6.1

- In AP 6.1 erfolgte eine Anwendung des in AP 3 entwickelten Bewertungsmodells, für das die Praxispartner qualitative und quantitative Parameter besteuerten, vornehmlich Fahrt- und Ladedaten. Auf deren Basis wurde das Bewertungsmodell für jedes Fahrzeug angewandt und so verschiedene Kennzahlen bestimmt.
- **Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung: Busch-Jaeger Elektro**
 - Die Fahrzeuge (Serien-PKW) von Busch-Jaeger Elektro standen den gesamten Projektzeitraum zur Verfügung. Längere ungeplante Werkstattaufenthalte sind nicht verzeichnet.
 - Deutliche Abweichungen zwischen Herstellerangabe (150 km) und realer Reichweite (im Mittel 63 km) zwangen Busch-Jaeger Elektro, den geplanten Einsatzzweck deutlich zu modifizieren. Nach Ende des Leasingzeitraums wurde der E-PKW durch ein anderes Modell ersetzt, das die Anforderungen erfüllte.

- Der bei Busch-Jaeger Elektro eingesetzte Citroën C-Zero erreichte im Mittel eine Nutzungsintensität von 73 %.
 - Die Maximalreichweite des Fahrzeugs wurde im Schnitt nur zu 34 % ausgereizt, da der Einsatz aufgrund mangelnder Reichweite auf Stadtfahrten limitiert werden musste.
 - Im Mittel lag die zu erwartende rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs bei 63 km. Für den geplanten Zweck wären 90 km-100 km erforderlich gewesen. Die herstellerseitig zugesagte Reichweite liegt bei bis zu 150 km.
 - Der bei Busch-Jaeger Elektro für den Citroën C-Zero gemessene Fahrstromverbrauch lag mit 24 kWh/100 km deutlich über der Herstellerangabe von rund 9,7 kWh/100 km sowie ebenfalls höher als Benchmarkverbräuche deutlicher schwererer E-Fahrzeuge (z. B. Renault Kangoo ZE: 16 kWh/100 km).
 - Der Einsatz des Citroën C-Zero sparte gegenüber dem Benchmarkfahrzeug Citroën C1 über den Datenerfassungszeitraum rund 2 t Treibhausgasemissionen ein.
- **Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung: CWS-boco**
 - Die Fahrzeuge (Serien-LKW) von CWS-boco standen mit leichtem Lieferverzug ab Juli 2012 an beiden Standorten zur Nutzung bereit, so dass CWS-boco dem Fraunhofer IML Fahrt- und Ladedaten für den Zeitraum von September 2012 bis April 2014 übermitteln konnte.
 - Fahrzeug CW-S 1595 (Standort Solingen) zeigte sich in Bezug auf seinen batterieelektrischen Antrieb durchgehend überwiegend zuverlässig, fiel aber aufgrund von Chassis-Reparaturen gelegentlich aus. Es erreichte eine Nutzungsintensität von 91 %. Demgegenüber konnte das Fahrzeug CW-S 1594 (Standort Bochum) aufgrund wiederkehrender Antriebsdefekte kaum regelmäßig eingesetzt werden. Das Fahrzeug erreichte eine Nutzungsintensität von 34 %.
 - Eine Identifikation der Fehlerursachen und vollständige Behebung der Defekte gelang nicht. Beide Fahrzeuge wurden defekt stillgelegt, da eine Wiederinstandsetzung nicht gelang.
 - Die Maximalreichweite der Fahrzeuge wurden im Schnitt zu 41 % (CW-S 1594) bzw. 58 % ausgenutzt (CW-S 1595); dies ist u. a. darin begründet, dass es sich bei dem gewählten Fahrzeugtyp Smith Newton 7.5 um ein 7,5 t schweres Fahrzeug handelt, wohingegen CWS-boco typischerweise 5 t schwere Fahrzeuge einsetzt. Die Wahl dieses für den Einsatzzweck übermotorisierten Fahrzeugtyps, die angebotsseitig bedingt war, zeigte sich hier in einer Unterauslastung des Leistungsvermögens.
 - Im Mittel lag die zu erwartende rechnerische Maximalreichweite der Fahrzeuge bei 111 km (CW-S 1594) bzw. 80 km (CW-S 1595) und damit deutlich über der von CWS-boco ausgegebenen Zielmarke von 60 km.

- Der bei CWS-boco gemessene Fahrstromverbrauch lag bei 70 kWh/100 km (CW-S 1594) sowie 99 kWh/100 km (CW-S 1595), wobei eine deutliche Saisonalität der Verbräuche auftrat, d. h. die mittleren Werte zwischen Winter (Hochpunkt) und Sommer (Tiefpunkt) zwischen 60 % bis 78 % auseinander lagen. Im Vergleich sind die gemessenen Werte als relativ hoch zu bezeichnen, da sie in ihrer Höhe teilweise über den Ergebnissen des 12 t E-LKW der TEDI Logistik lagen.
- Der Einsatz der zwei Smith Newton sparte gegenüber dem Benchmarkfahrzeug Mercedes Sprinter 513 CDI über den Datenerfassungszeitraum rund 6 t Treibhausgasemissionen ein.

- **Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung: TEDI Logistik**

- Die Fahrzeuge (Konversionsfahrzeuge) der TEDI Logistik wurden im Projektverlauf mit deutlichem Lieferverzug der EMOSS B.V. ausgeliefert. Daher konnte TEDI Logistik dem Fraunhofer IML Fahrt- und Ladedaten eines Fahrzeugs erst für den Zeitraum von Dezember 2013 bis Januar 2015 übermitteln.
- Das Fahrzeug zeigte eine schwankende, nicht-saisonale Nutzungsintensität von im Mittel 58 %, in der Spitze (in zwei Monaten) jedoch über 90 %. Ein längerer Ausfall zwischen Februar und April 2013 erforderte die Wartung am niederländischen Heimatstandort der EMOSS B.V., übrige technische Defekte waren von der Hauswerkstatt in Dortmund typischerweise innerhalb von 1-2 Tagen zu beheben. Das Fahrzeug wurde mittlerweile in den Regelbetrieb übernommen.
- Die Maximalreichweite des Fahrzeugs wurde im Schnitt zu 42 % ausgenutzt, wobei von diesem Wert im Jahresverlauf kaum abgewichen wurde. Selten (rd. 10 % der Fälle) erforderten Fahrten mehr als 60 % der Fahrzeugreichweite. An den Jahresrändern zeigte sich ein Anstieg des Nutzungsgrads der Maximalreichweite auf 50 %-60 %, der physikalische Gründe (höhere Beanspruchung der Traktionsbatterien bei Kälte) haben dürfte.
- Im Mittel lag die zu erwartende rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs bei 188 km; typische Werte zwischen März und November lagen im Bereich zwischen 180 km und 200 km und unterschreiten damit die von TEDI Logistik ausgegebene Zielmarke von 200 km Einsatzreichweite knapp. Dies wirkte sich auf die tägliche Einsatztauglichkeit des Fahrzeugs bislang nicht aus, da die Werte für den Fall berechnet wurden, dass keine Zwischenladung der Traktionsbatterie erfolgt. Diese Möglichkeit wurde durch TEDI jedoch parallel zur Beladung des Fahrzeugkoffers mit neuer Ware genutzt.
- Der bei TEDI Logistik gemessene Fahrstromverbrauch belief sich im Mittel auf 73,3 kWh/100 km, wobei lediglich im ersten Monat der Datenaufnahme (Dezember 2013) ein mit 96 kWh/100 km deutlich höherer Wert gemessen wurde. Die Messwerte konnten durch unabhängige Prüfstandtests der Firma EMC Test NRW GmbH verifiziert werden. Hier ergaben sich 68 kWh/100 km (Leerfahrt) bzw. 84 kWh/100 km (Belieferungstour mit Leerfahrtanteil).

- Der Einsatz des E-LKW sparte gegenüber dem Benchmarkfahrzeug MAN TGL 12.250 über den Datenerfassungszeitraum rund 20 t Treibhausgasemissionen ein.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- **Ergebnisse der wissenschaftlichen Begleitung: UPS**

- Die sechs Fahrzeuge (Konversionsfahrzeuge) von UPS wurden zwischen Juli 2012 und Januar 2013 in Betrieb genommen. Den Fahrzeugen lag dasselbe Basisfahrzeug (P80) zugrunde, allerdings wurden zwei Gruppen zu je drei Konversionsfahrzeugen mit Traktionsbatterien zu 61 kWh bzw. 77 kWh ausgestattet. Die Fahrzeuge wurden in Tourgebieten eingesetzt, die zuvor von Dieselfahrzeugen bedient wurden; allerdings handelte es sich dabei am Einsatzstandort Herne-Börnig um vergleichsweise kurze, nicht mittellange Touren.
- Die Fahrzeuge wiesen im Mittel eine Nutzungsintensität von 79% auf, wobei zwischen den beiden Fahrzeuggruppen keine merklichen Unterschiede auftraten. Ebenfalls konnte bei allen Fahrzeugen eine hohe Volatilität in der mittleren Nutzungsintensität festgestellt werden. Wesentliche Gründe waren Reparaturen am E-Antrieb (38 % der Ausfälle), unzureichende Leistung der E-Antriebe (35 %) sowie Verschleißreparaturen.
- Die Maximalreichweiten der Fahrzeuge wurden im Schnitt zu 87 % ausgenutzt, wobei zwischen den Fahrzeuggruppen wieder kaum Unterschiede festzustellen waren; des Weiteren lag auch kein ausgeprägter Saisoneffekt vor. Ein möglicher Erklärungsansatz ist, dass seitens UPS bereits ein hohes Erfahrungswissen auf Ebene der Tourenplanung vorhanden war, so dass das tägliche Leistungsvermögen der Fahrzeuge vergleichsweise präzise geschätzt und ausgeschöpft werden konnte.
- Im Mittel lag die zu erwartende rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs bei 78,6 km, wobei die Gruppe der 77 kWh-Fahrzeuge mit 81,4 km nur knapp über dem Wert der übrigen Fahrzeuge (76,3 km) lag. Der Einbau zusätzlicher Batteriepacks hat somit zur Steigerung der Fahrzeugreichweite geführt, jedoch nicht im gewünschten Ausmaß. Eine plausible Erklärung ist das durch die zusätzlichen Batterien mit angestiegene Leergewicht der Fahrzeuge, das den durchschnittlichen Fahrstromverbrauch ebenfalls ansteigen ließ (s.u.) und so zu diesem Sättigungseffekt beitrug.
- Bezüglich des bei UPS gemessenen Fahrstromverbrauchs bestätigte sich der im Vergleich der 61- und 77 kWh-Fahrzeuge beobachtete Reichweiteneffekt, da die 77 kWh-Fahrzeuge mit 80-90 kWh/100 km im Schnitt deutlich höhere Fahrstromverbräuche aufwiesen als die leichteren 61 kWh-Fahrzeuge mit durchschnittlich 72-77 kWh/100 km. Bei beiden Fahrzeugtypen war ein zyklischer Verlauf im Verbrauch erkennbar, der Hochpunkte im Winter und im Sommer aufwies.
- Der Einsatz der sechs P80-E sparte gegenüber konventionellen P80 (Benchmarkfahrzeug) über den Datenerfassungszeitraum rund 43,5 t Treibhausgasemissionen ein.

2.6.2 AP 6.2: Erfahrungsaustausch mit Regionen/ Kommunen zur Validierung der Benchmarks

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
---------------------------	-----------------------

Wirtschaftsförderung Dortmund	Alleinverantwortlich
-------------------------------	----------------------

Tabelle 72: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 1.1

Dieses Arbeitspaket diente dazu, aktiv Projektergebnisse, Erfahrungen und Wissen rund um batterieelektrischen Wirtschaftsverkehr mit anderen Regionen und Kommunen zu teilen. Dadurch wurden die im Projekt erzielten Ergebnisse Dritten zugänglich gemacht und zugleich im Abgleich mit ähnlich orientierten Projekten validiert.

Zu Projektbeginn organisierte die Wirtschaftsförderung Dortmund die öffentliche Auftaktveranstaltung zum Projekt ELMO, die dann am 4. September in Räumlichkeiten des Westfälischen Industrieklubs Dortmund e.V. mit rund 130 Kongressteilnehmern aus dem In- und Ausland. Im Rahmen der Veranstaltung fand auf dem Friedensplatz vor dem Dortmunder Rathaus eine öffentliche Ausstellung von elektrischen Fahrzeugen (PKW und Nutzfahrzeuge) statt, an der sich neben den ELMO-Partnern auch Fahrzeughersteller sowie andere Elektromobilitätsprojekte beteiligten. In Abbildung 84 ist ein Foto dieser Fahrzeugschau dargestellt. Unten im Bild sind ein P80-E von UPS (mittig mit weißem Dach) sowie ein Smith Newton von CWS-boco (rechts) zu erkennen.



Abbildung 84: Fahrzeugschau zum Projektauftrittreffen am 4. September 2012 auf dem Dortmunder Friedensplatz (Bildrechte: Stephanie Kleemann, Start Dortmund)

Die Veranstaltung war eingebettet in die „Dortmunder Elektromobilitätstage“ mit zwei weitere Fachkonferenzen zum Thema Wissenstransfer sowie Infrastruktur & Netze an den Folgetagen, so dass es hier zur ersten Vernetzung zwischen ELMO und weiteren Förderprojekten zum Thema Elektromobilität kam.

Während des gesamten Projektverlaufs hat die Wirtschaftsförderung Dortmund verschiedene Konferenzen dazu genutzt, mit anderen Kommunen in Kontakt zu treten,

die am Thema „Elektromobilität im stadtnahen Wirtschaftsverkehr“ interessiert waren. Die wichtigsten Termine werden im Folgenden in chronologischer Folge vorgestellt:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

22.05.2012 1. „Fleet & Electric“ Day, Hamburg

Privat organisierter Fachkongress der Fleet Factory GmbH und BLG Logistics Group mit rund 150 Teilnehmern mit dem Fokus auf elektromobile Flottenlösungen.

Thematische Anknüpfungspunkte an ELMO:

- Diskussion von TCO- bzw. Wirtschaftlichkeitsrechnungen von E-Flotten
- Demonstration neuerer Entwicklungen in der Schnellladetechnik

14.12.2012 5. Verkehrsfachtagung Mobilität Ruhr

Gemeinsame Veranstaltung des Initiativkreises Ruhr, der Industrie- und Handelskammern im Ruhrgebiet und der Wirtschaftsförderung MetropoleRuhr GmbH mit Fokus auf eine zukunftsfähige Verkehrsinfrastruktur.

Thematische Anknüpfungspunkte an ELMO:

- Elektromobilität in der städtischen Praxis
- Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr

13.02.2013 1. Dortmunder Energiewendekongress

Veranstaltung der Stadt Dortmund im Rahmen des städtischen „Masterplans Energiewende“ mit Fokus auf Fachkräftesicherung, Energie, Ressourceneffizienz, Mobilität und Klimaschutz/Klimafolgeanpassung.

Thematische Anknüpfungspunkte an ELMO:

- Urbane Elektromobilität als Weg zur erhöhten Ressourceneffizienz und Beitrag zur Erreichung von Emissionsziel
- Herausforderungen bei der Integration von Elektromobilität in städtische Infrastrukturen
- Priorisierung nachhaltiger Wirtschaftsverkehre aufgrund der Vermeidung von Lärm- und Schadstoffemissionen

27/28.05.2013 Elektromobilität bewegt weltweit, Berlin

Internationale Veranstaltung der Bundesregierung um aufzuzeigen, welchen Beitrag Elektrofahrzeuge zur Zukunft der Mobilität, der Energieversorgung, des Umweltschutzes und der Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands leisten können. Als Leuchtturmprojekt der Bundesregierung war ELMO eingeladen, sich dort im Rahmen einer Steelen-Präsentation zu präsentieren.

01.10.2013 2. NRW-Kongress Infrastruktur und Netze in Dortmund

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Ausgerichtet von der der TU Dortmund (ie³ - Institut für Energiesysteme, Energieeffizienz und Energiewirtschaft) sowie dem ebenfalls dort angesiedelten Kompetenzzentrum Elektromobilität mit dem Fokus auf Infrastruktur für die Elektromobilität, Transport- und Verteilnetze und der Energiewirtschaft.

Thematische Anknüpfungspunkte an ELMO:

- Verschiedene Vorträge zur Schnellladetechnik
- Rolle der Elektromobilität in der Energiewende

12.11.2013 Dortmunder Wissenschaftstag

Unter dem Motto „Energiewende 3.0 - erleben, erfahren, erforschen“ konnten Bürgerinnen und Bürger die Elektromobilität praxisnah an der Schnittstelle zur Forschung erleben.

05.12.2013 NRWmeetsNL in Düsseldorf

Ausgerichtet von der EnergieAgentur.NRW, die das gleichnamige Förderprojekt verantwortet mit dem Ziel des Erfahrungsaustauschs zwischen den Niederlanden und dem deutschen Bundesland Nordrhein-Westfalen. Im Bereich der E-Wirtschaftsverkehre wurden enge Kontakte zu Rotterdam, Amsterdam, Utrecht und dem Automobilcluster der Niederlande geknüpft. Auch wenn die Geschäftsmodelle unterschiedlich erscheinen, so sind die Voraussetzungen, Anforderungen und Ziele vor Ort sehr ähnlich. Nur gibt es keinen mit ELMO vergleichbaren Flottenversuch mit E-LKWs.

03.04.2013 Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr, Dortmund

Im Rahmen des Projekts lud die Wirtschaftsförderung zur internationalen Fachkonferenz „Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr“ ins Fraunhofer IML nach Dortmund ein. Zur Veranstaltung kamen rund 120 Fachbesucher aus dem In- und Ausland, darunter Vertreter von E-Flottenbetreibern, E-Fahrzeuganbietern sowie Forscher verschiedener Institutionen. Seitens ELMO wurden hier aktuelle Zwischenergebnisse des Projekts vorgestellt. Agenda und Themenliste der Konferenz sind dem Anhang dieses Berichts beigefügt. Parallel zur Veranstaltung wurde rund um den LogistikCampus der TU Dortmund eine E-Fahrzeugschau organisiert, an der auch Fahrzeuge des ELMO-Projekts teilnahmen



 Eingehende Darstellung des
 Forschungsprojekts „ELMO“

Abbildung 85: Fahrzeugschau auf dem LogistikCampus der TU Dortmund parallel zum Kongress „Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr“ im Fraunhofer IML

22.05.2014 Fuelling the Climate

Veranstaltung der Forschungs- und Transferzentrums „Applications of Life Sciences“ der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg im Rahmen des EU-Projektes E-Mobility NSR. Untertitel der Veranstaltung „Challenges and Opportunities for Green Transport: Clean Urban Freight Solutions“. Thematisch können die Ergebnisse wie folgt zusammengefasst werden:

Der städtische Gütertransport gilt als wichtiger früher Markt für elektrische Fahrzeuge. Die emissionsfreien Transporter werden in Europa meist auf geplanten und wiederkehrenden Touren eingesetzt, die auf die begrenzten Reichweiten der Elektrofahrzeuge zugeschnitten sind. Geladen werden die Fahrzeuge auf dem Betriebshof, was die Abhängigkeit von der öffentlichen Ladeinfrastruktur reduziert. Zudem sind elektrische Transporter im stockenden Stadtverkehr und auf kurzen Strecken im Vergleich zu Dieselfahrzeugen besonders energieeffizient. Trotz der technischen Eignung für den städtischen Gütertransport und der Vorteile für die Umwelt ist in Deutschland bisher weniger als einer von tausend gemeldeten LKW ein E-LKW.

Beim Fachseminar „Clean Urban Freight Solutions“ wurde ein Bogen von der europapolitischen Motivation für innovative, emissionsarme Gütertransporte zu den Herausforderungen und Treibern von elektrischen Fahrzeugen im Gütertransport in Europa, Deutschland und Hamburg gespannt. Lösungsansätze in Firmen und der Forschung sowie Best Practice Beispiele aus Europäischen Metropolen lieferten einen Einblick in die Potentiale des Einsatzes elektrischer Transporter.

Thematische Anknüpfungspunkte an ELMO:

- Batterieelektrische Fahrzeuge im städtischen Belieferungsverkehr
- Darstellung von Best Practices

Im Rahmen der Tagung steuerte die Wirtschaftsförderung Dortmund den Vortrag „Lighthouse projects ‘ELMO - e-mobile city logistics’ and ‘metropol-E’“ bei.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

15.05.2014 TIDE Training Workshop, Rotterdam

Ausgerichtet von der Stadt Rotterdam im Rahmen des EU-FP7-Projekts „TIDE – Transport Innovation Deployment Europe“. Das Projekt ist in die fünf Bereiche Finanzierungsmodelle, nichtmotorisierter Transport, Verkehrssteuerung, Elektromobilität und ÖPNV aufgeteilt, in denen es die praktische Implementierung von Innovationen untersucht. ELMO wurde im Rahmen des „2nd Training Workshop: focus on practical local experiences“ zu einem Beitrag unter dem Titel „Dortmund – Model Region for E-Mobility“ eingeladen, insbesondere um Erfahrungen mit emissionsfreier Logistik vorzustellen.

Oktober 2012-2014 Messe ecartec, München

Gemeinsam mit anderen Akteuren aus dem regionalen Netzwerk zur „Nachhaltigen Mobilität“ wurden die Besucher über die Aktivitäten aus den Projekten ELMO und metropol-E auf dem Gemeinschaftsstand des Landes NRW informiert. Die Erfahrungen aus den Bereichen Ladeinfrastruktur und E-Wirtschaftsverkehre erzeugten eine großen Resonanz, so dass der Hersteller EMOSS B.V. 2014 mit einem eigenen Messestand vor Ort präsent gewesen ist.

Über die genannten Veranstaltungen hinaus stellte die Wirtschaftsförderung Dortmund gemeinsam mit dem Fraunhofer IML seit 2012 das Projekt ELMO im Rahmen des jährlich ausgerichteten Kompetenztreffens Elektromobilität in NRW vor. Durch die Doppelrolle der Wirtschaftsförderung Dortmund als Teil von ELMO und des Förderprojekts „metropol-E“ konnten im interkommunalen Erfahrungsaustausch oft Synergien erzielt und damit beide Projekte einem jeweils breiteren Publikum bekannt gemacht werden. Diese Synergien zeigten sich auch bei der laufenden Mitarbeit der Wirtschaftsförderung Dortmund in den durch die NOW GmbH ausgerichteten Themenfeldtreffen und Arbeitskreise. Hier wurden Erfahrungen beider Förderprojekte in regelmäßige Konferenzen zu den Themen Infrastruktur, Stadtentwicklung, Verkehrsplanung, E-Wirtschaftsverkehr und Ordnungsrecht eingebracht.

2.7

AP 7: Finale Bewertung und Projektabschluss

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

2.7.1 AP 7.1: Optimierung Systemkonzept und Beschreibung zukünftiger Szenarien im Gesamtrahmen des Projekts

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Alleinverantwortlich

Tabelle 73: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 7

Das Ziel dieses Arbeitspakets bestand darin, gemeinsam mit den Partnern die im Projekt getesteten Einsatzzwecke für E-Fahrzeuge kritisch zu reflektieren. Aufbauend auf den Erfahrungen der Partner (AP 5.1) und der Feldtestbegleitung (AP 6) werden für jeden Partner mögliche Maßnahmen ausgewiesen, die zu einem ökonomisch sinnvollen Einsatz der Elektromobilität führen können. Es wurde erwartet, dass sich daraus wiederum neue Forschungsfragen ergeben würden. Daher bildet eine Zusammenfassung dieser Fragestellungen den Abschluss der Ergebnisanalyse jedes Partners.

2.7.1.1 Busch-Jaeger Elektro

Zusammenfassend ergaben sich aus AP 5.1 und AP 6.1 folgende Rückschlüsse für Busch-Jaeger Elektro:

- Deutliche Abweichungen zwischen Herstellerangabe (150 km) und realer Reichweite (im Mittel 63 km) zwangen Busch-Jaeger Elektro, den Einsatz aufgrund mangelnder Reichweite auf Stadtfahrten zu begrenzen.
- Der gemessene Fahrstromverbrauch lag deutlich über der Herstellerangabe.
- Im Mittel lag die Nutzungsintensität bei 73 %, die Maximalreichweite des Fahrzeugs wurde im Schnitt nur zu 34 % ausgereizt.
- Für eine Amortisation muss eine Laufleistung von mindestens 300.000 km erreicht werden. Bei dem Nutzungsprofil „Stadtverkehr“ ist damit eine wirtschaftliche Anwendung des Fahrzeugs nicht zu erwarten.
- Längere ungeplante Werkstattaufenthalte sind nicht verzeichnet.

Wie aus den Ergebnissen aus AP 5.1 und AP 6.1 ersichtlich zwangen die deutlichen Abweichungen zwischen Herstellerangaben und realer Nutzungsmöglichkeit Busch-Jaeger Elektro das Einsatzgebiet und den Einsatzzweck des innerhalb ELMO beschafften E-Fahrzeugs anzupassen. Das Fahrzeug von Citroën wurde gegen Ende des Leasingzeitraums (April 2015) zurückgeben, da es den Reichweitenanforderungen nicht genügte und durch einen Volkswagen E-Golf ersetzt. Es ist geplant, dieses Fahrzeug als reguläres Poolfahrzeug zu nutzen. Die im Vergleich zum konventionellen PKW höheren Anschaffungskosten bzw. Leasingraten müssen durch operative Ersparnisse (Fahrstromkosten vs. kalkulatorische Kraftstoffkosten) dauerhaft kompensiert werden, um einen wirtschaftlichen Betrieb zu sichern. Aus wirtschaftlicher Sicht stellt daher der gefallene und voraussichtlich mittelfristig nicht wieder deutlich steigende Kraftstoffpreis eine Herausforderung dar. Infolge dessen muss sichergestellt sein, dass das Fahrzeug kontinuierlich und mit einer hohen durchschnittlichen Tagesfahrleistung betrieben wird. Um die Eignung eines E-Fahrzeugs für den jeweiligen Anwendungsfall bereits vor

der Beschaffung zu testen, ist hier ein enger Wissensaustausch mit anderen Unternehmen, die ähnliche Anforderungen haben und bereits E-Fahrzeuge einsetzen hilfreich, um deren Erfahrungswissen bezüglich Verbrauch und effektiv nutzbarer Reichweite zu nutzen. Die Einschaltung von Verbänden wie z. B. des Bundesverbands Elektromobilität scheint hier angezeigt. In Absprache mit den Herstellern wäre zudem ein Probetreib der Fahrzeuge zur Überprüfung der Eignung anzustreben. So könnten die Fahrzeuge unter Realbedingungen getestet werden, und der Käufer minimiert das Risiko einer Fehlinvestition.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Die wirtschaftliche Betrachtung ergab bei Busch-Jaeger Elektro eine unrealistisch hohe Laufleistung bis zur Amortisation des Fahrzeugs im Vergleich zu einem konventionellen Fahrzeug. Eine Verdichtung der Fahrzeugnutzung und resultierend eine Erhöhung der Jahreslaufleistung des E-Fahrzeugs würde einen wirtschaftlichen Einsatz ermöglichen. Mögliche Ansatzpunkte wären eine unternehmensübergreifende, kooperative Nutzung des Fahrzeugs in einem größeren Pool. Hierbei sind vor allem Partnerunternehmen mit anderen Nutzungszeiten interessant, z. B. Wachdienste oder Nachtexpress-Logistikdienstleister, die zwischen 22 und 6 Uhr die Fahrzeuge im Einsatz hätten.

Bei der Nutzung der E-Fahrzeuge im „Ganz-Tages-Betrieb“ würde sich zwar die Nutzungsintensität deutlich steigern, mit positiven Effekten bei den Betriebskosten, es würden sich aber auch die Anforderungen für die Ladeinfrastruktur ändern. Busch-Jaeger Elektro entschloss sich aufgrund der deutlich höheren Investitionskosten bereits im Projekt ELMO, eine AC-Schnelllade-Infrastruktur anstelle einer DC-Schnelllade-Infrastruktur aufzubauen, da dies sowohl technisch als auch ökonomisch als sinnvoller eingeschätzt wurde. Im „Ganz-Tages-Betrieb“ sind keine längeren Standzeiten und somit auch keine längeren Ladezeiten möglich, hier wäre eine DC-Schnelllade-Infrastruktur notwendig. Die deutlich höheren Kosten bei der Errichtung eines DC-Schnellladepunktes (+40 %) und Kauf (+100 %) gegenüber eines AC-Schnellladepunktes würde diese Umstellung jedoch erst bei einem größeren Pool an eingesetzten E-Fahrzeugen wirtschaftlich sinnvoll umsetzbar sein. Hier sind zwei Herangehensweisen denkbar. Einerseits könnte ein neutraler Vermittler/Berater die Potenziale für den wirtschaftlichen Einsatz bei mehreren Unternehmen innerhalb eines Gebietes (Gewerbegebiet) untersuchen und somit einen größeren Fahrzeugpool aufbauen, der gemeinsam die teurere, aber auch leistungsfähigere Ladeinfrastruktur nutzt. Des Weiteren wären Ladestellen denkbar, die von einem neutralen Anbieter betrieben werden (ähnlich der heutigen Tankstellen), die ein größeres Gebiet mit einem höheren E-Fahrzeugbesatz versorgen. Die aufgebaute betriebliche Ladeinfrastruktur von Busch-Jaeger Elektro verfügt über Datenlogger-Funktionalität und wird bei Busch-Jaeger Elektro für die Entwicklung neuer Dienstleistungen rund um intelligentes Laden von E-Fahrzeugen benutzt. Die parallel von Busch-Jaeger Elektro gesammelten Echt Daten zur Nutzung und Akzeptanz des eigenen E-PKW liefern für diese Analysen wesentliche Grundlagen (zeitliche Ladestromverläufe, Auslastung der Ladeinfrastruktur, übertragene Energiemengen etc). Eine zeitnahe Nutzung der Ergebnisse für marktfähige Produkte wird für die nahe Zukunft erwartet.

Die Auslagerung des E-Flottenbetriebs auf Mobilitätsdienstleister (Car-Sharing), die die Fahrzeuge bedarfsgerecht zur Verfügung stellen und für eine hohe Auslastung sorgen und somit wirtschaftlichen Betrieb gewährleisten können, wäre für Unternehmen mit einem ähnlichen Anwendungsfall wie bei Busch-Jaeger Elektro auch eine gangbare Alternative. Für den Einstieg in die Elektromobilität stellt Car-Sharing einen attraktiven Weg dar, wenn das Einsatzgebiet und die Nutzungsintensität des Fahrzeugs es zulässt. Fahrzeugausfälle können aufgrund des größeren Fahrzeugpools kompensiert werden, die Kosten sind nutzungsabhängig und transparent.

Im Projekt wurde die automatische Auswertung und Datenbereitstellung von Ladedaten erfolgreich getestet. Aktuelle Entwicklungen im Kontext der Energiewende

(Stichwort „Smart Grid“) werden Technologien erfordern, die Ladeprozesse nicht nur automatisiert überwachen, sondern übergreifend lokal bidirektional steuern können, um Schwankungen im elektrischen Versorgungsnetz ausgleichen zu können. Die Erfordernisse, das Zusammenspiel von erneuerbarer Energiebereitstellung, batterieelektrischen Fahrzeugen und Ladeinfrastruktur zu optimieren und hier neue Produkte und Dienstleistungen zu kreieren, die zum Alleinstellungsmerkmal elektrifizierter Mobilität werden, werden bereits in aktuellen Forschungsausschreibungen thematisiert (bspw. „Smart Grid“- und „Smart Factory“-Ansätze). Die in ELMO gemachten Erfahrungen stellen die dafür nötige Ausgangsbasis dar, derartige aktuelle Fragestellungen im Rahmen von Folgeprojekten praxisnah bearbeiten zu können.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

2.7.1.2 CWS-boco

Aus AP 5.1 und AP 6.1 lassen sich für CWS-boco im Wesentlichen die folgenden Aspekte resümieren:

- CWS-boco hat bewusst Serienfahrzeuge beschafft, um Unsicherheiten in Bezug auf Einsatzfähigkeit und Verlässlichkeit der Fahrzeuge zu reduzieren. Diesen Anspruch konnte nur das Fahrzeug CW-S 1595 erfüllen, bis es angesichts technischer Defekte ebenso wie das Fahrzeug CW-S 1594 stillgelegt wurde.
- Die angestrebte Beschaffung von 5 t-E-Fahrzeugen musste aufgrund des batteriebedingten Nutzlastverlusts und des unzureichenden Ladevolumens aufgegeben werden. Stattdessen beschaffte CWS-boco 7,5 t-E-Fahrzeuge, die sich im Praxistest als übermotorisiert herausstellten, da sie das Potenzial ihrer Traktionsbatterien nur etwa zu 50 %-60 % ausnutzten.
- Das Geschäftsmodell von CWS-boco bringt eine hohe Planbarkeit der Kundenstopps und Touren mit sich.
- Die Zielpunkte der Touren befinden sich in urbanen Gebieten und Gewerbegebieten. Kundenstopps sind typischerweise 1-2 km voneinander entfernt, so dass ein Einsatz von E-Fahrzeugen aufgrund eines hohen Stop-and-Go-Anteils sinnvoll erscheint.
- Eine hohe Nutzungsintensität wurde nur von einem Fahrzeug erreicht. Das andere Fahrzeug konnte aufgrund von Qualitätsmängeln bei Fahrzeug und zugesagten Serviceleistungen kaum verlässlich genutzt werden.
- Für CWS-boco stellten weniger die Einsatzreichweite als vielmehr die Fahrstromverbräuche der Fahrzeuge ein Problem dar. Die unerwartet hohen Verbrauchswerte führten zu vergleichsweise geringen operativen Einsparungen.

Der Flotteneinsatz in festen Servicegebieten mit Stoppzeiten zwischen wenigen Minuten und einer halben Stunde tritt die Fahrzeugreichweite nicht als limitierender Faktor in Erscheinung. Vielmehr stellen geringe relative Ersparnisse und die technischen Defekte bei einem Fahrzeug und dem benötigten Instandhaltungsservice die wesentlichen Herausforderungen, die letztendlich auch für die unzureichende Fahrzeugauslastung am Standort Bochum verantwortlich war.

Als wesentliche Ursache des Problems geringer operativer Ersparnisse konnte der Einsatz überdimensionierter E-Fahrzeuge identifiziert werden. Diese verfügen über Batteriepacks, deren Kapazitäten pro Tour kaum ausgeschöpft wurden. Folglich befand

sich bei jeder Fahrt ein nicht unwesentlicher Teil an „Ballast“ im Fahrzeug, der erhöhend auf Leergewicht und damit den Fahrstromverbrauch wirkte.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Die Auswahl eines geeigneten, möglichst auf den Einsatzzweck passenden Fahrzeugs kann daher als Schlüssel für einen wirtschaftlichen Einsatz von E-Mobilität bei CWS-boco festgehalten werden. Sofern der Markt kein geeignetes Fahrzeug anbietet, bleibt CWS-boco die Fahrzeugkonversion als Übergangslösung. Diese wurde jedoch in Erwartung von Qualitäts- und Serviceproblemen bewusst vermieden. Daher bleibt, in längerer Frist – ggf. mit weiteren Flottenbetreibern und ähnlichen Fahrprofilen oder dem Bundesverbands eMobilität e.V. (BEM) – eine Einkaufsgemeinschaft für E-Nutzfahrzeuge zu bilden, um die Marktlücke bei Fahrzeugen und Service in Eigenregie zu füllen. Eine Zusammenarbeit mit Smith Electric Vehicles dürfte keine Option darstellen, da sich das Unternehmen de facto vom kontinentaleuropäischen Markt zurückgezogen hat. Eine weitere Möglichkeit, das Risiko technischer Probleme zu minimieren, besteht darin, das E-Fahrzeug von externen Flottenbetreibern dauerhaft zu mieten/zu leasen. In Kombination mit entsprechenden Servicezusagen, speziell einer schnellen Bereitstellung von Ersatzfahrzeugen im Schadensfall, sollte eine fluktuierende Verfügbarkeit für das Tagesgeschäft von CWS-boco keine negativen Folgen mehr haben. Aus eben diesen Gründen setzt CWS-boco bei Nutzfahrzeugen üblicherweise Leasing bei Full-Service-Dienstleistern ein.

Sollte sich kein Full-Service-Anbieter finden, kann CWS-boco für einen wiederholten Fahrzeugauswahl- und –beschaffungsprozess nur geraten werden, Fahrzeuge erst nach Bestehen eines unter Realbedingungen durchgeführten unverbindlichen Stresstestbetriebs tatsächlich zu kaufen.

Zudem kann eine Lösungsmöglichkeit für das Problem der Übermotorisierung darin bestehen, künftig modularisierte Batteriepacks oder Batteriewechselsysteme einzusetzen. So könnte gelingen, den Fahrzeugen jahreszeitlich und nach Tourgebiet angepasst gerade so viel Reichweite (in Form geeigneter Batterien) zu montieren wie optimalerweise benötigt wird. Den im Jahresverlauf deutlich sichtbaren Verbrauchsschwankungen könnte so Rechnung getragen und der Ersparnisbeitrag der Fahrzeuge erhöht werden.

Auch bei Ausschaltung von möglichen Ausfallrisiken für das Tagesgeschäft verbleiben die festgestellten Akzeptanzprobleme bei häufig wiederkehrenden Fahrzeugausfällen. Hier bietet es sich an, Mitarbeiter der Standorte Bochum und Solingen zusammenzubringen, um in der Belegschaft ein objektives Bild der Einsatztauglichkeit zu fördern.

Neben Maßnahmen zur Risikoreduktion bei Fahrzeugauswahl und der Senkung des Fahrstromverbrauchs durch stärkere Angleichung der Batteriekapazität an den zu erwartenden Fahrzweck, sind weitere Maßnahmen denkbar, die auf eine Erhöhung der durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen generierten Umsatzerlöse abzielen.

Die Besonderheiten batterieelektrischer Fahrzeuge sind dabei von CWS-boco bei der Schaffung neuer, für Verbrennungsmotoren nicht zugänglicher Dienstleistungen zu nutzen. Neben dem Produkt einer emissionsfreien Textillogistik wäre es denkbar, bestimmte Industriekunden so zu beliefern, dass die E-Fahrzeuge bspw. bis in geschlossene Räume (Fabrikhallen, Einkaufszentren etc.) genau an die Stelle fahren, an der bspw. die angelieferten Schmutzfangmatten liegen. Wenn dies aus Gründen der besseren Zugänglichkeit in den Nachtstunden erfolgen muss, könnte dies zudem durch die Laufruhe batterieelektrischer Fahrzeuge bewältigt werden.

Aufgrund der aktuellen Marktlage ist nicht zu erwarten, dass CWS-boco das Engagement im Bereich E-Mobilität aktuell ausbaut. Sollte sich das von der EU

ausgegebene Ziel der emissionsfreien Stadtbelieferung im Jahr 2030 konkretisieren, erscheint dies jedoch dringend geboten, um das Geschäftsmodell auf Dauer nicht zu gefährden.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

2.7.1.3 TEDI Logistik

Zusammenfassend lassen sich für TEDI Logistik aus AP 5.1 und AP 6.1 folgende Punkte als Ergebnisse ableiten:

- Die Nutzung von Konversionsfahrzeugen erlaubt eine spezifische Anpassung der Fahrzeuge auf die Nutzerbedürfnisse und den Erwerb von Fahrzeugen, für die der Markt aktuell keine Lösungen bereithält. Bei der Komfortfunktion „Kabinenheizung“ konnte durch Rückgriff auf eine konventionelle Standheizung ein Reichweitenreduktionseffekt, wie bspw. bei Busch-Jaeger Elektro oder UPS beobachtet, vermieden werden. Der Einsatz einer Fernwartungsschnittstelle gestattete zudem, eventuell erforderliche Reparaturen am Stammsitz der EMOSS B.V. durch die lokale Dortmunder Werkstatt Wilhelm Molitor abdecken zu lassen. Als wesentlicher Nachteil dieser Lösung musste TEDI Logistik im Projektverlauf deutlichen Lieferverzug seitens der EMOSS B.V. hinnehmen.
- Das Fahrzeug zeigte eine schwankende, nicht-saisonale Nutzungsintensität von im Mittel 58 %, in der Spitze jedoch über 90 %. Die Maximalreichweite des Fahrzeugs wurde im Schnitt zu 42 % ausgenutzt. Im Mittel lag die zu erwartende rechnerische Maximalreichweite des Fahrzeugs bei 188 km und entsprach damit den angestrebten Einsatzanforderungen. Die Ausnutzung der Reichweite des ersten Fahrzeugs erfolgte im Analysezeitraum eher konservativ, jedoch generierte TEDI Logistik dadurch wertvolles Erfahrungswissen, so dass seit Inbetriebnahme des zweiten E-Fahrzeugs ein Anstieg der im Mittel täglich zurückgelegten Fahrstrecken festzustellen ist.

TEDI Logistik konnte die ungewollten Lieferverzögerungen bei dem zweiten Fahrzeug positiv für sich nutzen und die ersten Praxiserfahrungen in konkrete Verbesserungen bei dem später gelieferten Fahrzeug umsetzen. Ferner wurden im Feldtest Routen identifiziert, deren Steigungen die E-LKW teils an ihre Belastungsgrenze brachten. Beides spricht für einen generellen Probeeinsatz bzw. Stresstest unter Realbedingungen vor dem Kauf eines E-Fahrzeugs. Auch eine relativ kurze Erprobungsphase kann wichtige Rückschlüsse zu der tatsächlichen Leistungsfähigkeit der E-LKW liefern und so Unsicherheiten im Beschaffungsprozess reduzieren und damit mögliche Fehlinvestitionen vermeiden.

Bereits während der Antragsphase von ELMO wurde seitens TEDI Logistik darüber nachgedacht, bei positiver interner Evaluation weitere Touren zu elektrifizieren sowie das Konzept für eine 24h-Logistikbetrieb zu entwerfen und ggf. zu realisieren. Bereits bei der Einführung des zweiten 12 t-LKW zeigte sich eine deutliche Verbesserung gegenüber dem ersten, während des Projekts angeschafften Fahrzeugs, so dass seitens TEDI Logistik feststeht, die Fahrzeuge dauerhaft in den Regelbetrieb zur Filialversorgung zu übernehmen. Vor allem der effizientere Einsatz der E-LKW, die an mehr als 90 % der Arbeitstage produktiv eingesetzt werden konnten, sowie die gute Eignung der Fahrzeuge für den angestrebten Einsatzzweck der Filialbelieferung mit genügend Reichweite führten zu dieser Entscheidung. Auf diese Weise könnte es gelingen, eine hohe Auslastung der E-LKW durch Einsatz exklusiver Anwendungswecke zu schaffen, die Dieselfahrzeugen prinzipbedingt verschlossen sind.

Im urbanen Umfeld mit vielen Stopps und einer festen Routenplanung können die E-Fahrzeuge ihre Vorteile gegenüber konventionellen Fahrzeuge ausspielen, so dass

TEDi Logistik plant, gerade hier die Anwendung der Elektromobilität auszuweiten. Als Praxispartner beteiligt sich TEDI Logistik daher zusammen mit dem Fraunhofer IML als wissenschaftlicher Partner an dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Projekt „GeNaLog – Geräuscharme Nachtlogistik“. Dieses Projekt untersucht die gesamte Stückgutlieferkette im Hinblick auf eine Einhaltung der in Deutschland gültigen Lärmschutzregularien und leitet daraus Handlungsoptionen für Logistikunternehmen ab. Die Integration batterieelektrischer LKW ist hierbei wesentlich, da der Einsatz aller übrigen marktgängigen Antriebsarten mit deutlich höheren Betriebsgeräuschemissionen verbunden ist. Sollte sich aus diesem Vorhaben ein Konzept ergeben, die E-LKW die exklusive Möglichkeit für einen Rund-um-die-Uhr-Betrieb eröffnet, plant TEDI die Verlagerung weiterer Verkehre auf E-LKW und in die Tagesrandzeiten. Es ist zu erwarten, dass die erfolgreiche Demonstration so eines Vorhabens eine zeitnahe Imitation durch Wettbewerber nach sich zieht und so einen deutlichen Beitrag zur Verbreitung gewerblicher Elektromobilität leistet.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Die gefallenen Dieselpreise stellen eine Herausforderung für den wirtschaftlichen Einsatz der E-LKW im Vergleich zu konventionell betriebenen Fahrzeugen dar. Der geplante 24 h-Betrieb, d. h. die Erweiterung der aktuellen Belieferung um den Baustein „Nachtlogistik“, könnte hier eine entscheidende Rolle spielen: Wenn der Einsatz leise fahrender E-LKW anstelle von Diesel-betriebenen LKW die Einhaltung von Geräuschemissionsgrenzwerten und damit einen Nachteinsatz gestattet, kann von hohen wirtschaftlichen Erfolgchancen einer batterieelektrischen Distributionslogistik ausgegangen werden. TEDI Logistik plant hierzu im Projekt „GeNaLog – Geräuscharme Nachtlogistik“ Anfang 2016 einen Pilotbetrieb für einige Filialen im Stadtgebiet Dortmund. Die Voraussetzungen bei TEDI Logistik scheinen dafür gut geeignet, da die Filialen von TEDI selbst betrieben werden und TEDI Logistik in Eigenregie und in enger Zusammenarbeit mit dem Fahrzeughersteller EMOSS B.V. kleinere Umbauten an den Fahrzeugen vornimmt, um die strikten Lärmgrenzwerte einhalten zu können. Den dauerhaft niedrigen Kraftstoffpreisen begegnet TEDI Logistik bereits dadurch, dass die betriebseigene Photovoltaikanlage dazu genutzt wird, Gebäude und Fahrzeuge mit Eigenstrom zu versorgen. Im Jahr 2014 betrug der Anteil selbst erzeugten Stroms im Durchschnitt 29 %. Da TEDI Logistik ohnehin ausschließlich Ökostrom aus dem öffentlichen Netz bezieht, um den verbleibenden Strombedarf zu decken, besteht die Möglichkeit, eine „Grüne Distributionslogistik“ als besondere Dienstleistung durch den Einsatz batterieelektrischer LKW bewerben zu können.

Durch die im Rahmen von ELMO entwickelte Fahrzeugkomponente zur permanenten Überwachung und ggf. Anleitung für lokale Mechaniker der Hauswerkstatt konnten wichtige Wertstattkapazitäten und das Wissen über Instandhaltung und Reparaturen von E-LKW aufgebaut werden. Hierdurch konnten kleinere Reparaturen selbst und im kleinen Rahmen auch Umbauten vorgenommen werden. Innerhalb des Projektes kam es aber auch zu längeren Instandsetzungsmaßnahmen (Antriebsreparaturen), die bei dem Hersteller in den Niederlanden durchgeführt werden mussten. Die Überführung eines Fahrzeugs vom TEDI Distributionsstandort in Dortmund-Brackel bis zum Stammsitz der EMOSS B.V. in Oosterhout (Niederlande) stellt jedoch eine Herausforderung dar, weil dazu eine Entfernung von fast 250 km überwunden werden muss, was im Grenzbereich dessen liegt, was mit einer Batterieladung zu leisten ist. Der Aufbau eines engeren Werkstattnetzes ist damit zur Minimierung der Ausfallzeiten dringend geboten. Da dies TEDI Logistik nicht im Alleingang zu leisten vermag und der Aufbau von Serviceinfrastruktur positive ökonomische Externalitäten mit sich bringt, sollten Initiativen zum Ausbau solcher Werkstattnetze von mehreren gewerblichen Anwendern der Elektromobilität gemeinsam geschultert werden, ggf. unter Einbindung von Branchenverbänden oder dem Bundesverband Elektromobilität.

Während die gegenwärtigen Belieferungsverkehre im Ruhrgebiet zuverlässig bedient werden können, rücken in mittlerer Frist, d. h. im Hinblick auf eine fortschreitende

Elektrifizierung der Belieferungsverkehre der TEDi Logistik, Reichweitenrestriktion und Dauer der Ladevorgänge der E-LKW wieder in den Fokus. Diese Anforderungen könnten durch eine kluge Kombination von Zwischenladung an Filialen sowie modularisierten Batteriewechselsystemen erfüllt werden:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- Ladepunkte an technisch passend ausgestatteten Filialen könnten über eine Nachladung der Traktionsbatterien per Schnellladung eine deutliche Reichweitenflexibilisierung erlauben. Hier ist jedoch zu beachten, dass nicht jede Filiale aufgrund ihrer Lage (Einkaufsstraße, Fußgängerzone etc.) für so eine Lösung infrastrukturell geeignet ist. Wie die Ergebnisse von Busch-Jaeger Elektro gezeigt haben, ist der Aufbau von Schnellladestationen zudem vergleichsweise kostenintensiv und erst bei einer hohen täglichen Auslastung sinnvoll. Geeignete Orte für derartige Ladepunkte liegen damit dort, wo die lokalen Gegebenheiten eine kombinierte Nutzung erlauben (bspw. gemeinsam mit E-Belieferungsverkehren anderer Filialisten oder durch Angebot einer öffentlichen Ladesäule). Schließlich ist zu beachten, dass der Nutzen einer deutlich gesteigerten Einsatzreichweite der Fahrzeuge immer noch von der beförderbaren Warenmenge (Palettenzahl etc.) bestimmt wird. Die Vergrößerung des Einsatzradius von E-LKW durch gezieltes Zwischenladen erscheint daher besonders sinnvoll, wenn die genutzten E-LKW zusätzliche Ladung per Anhänger mitführen. Dies ist jedoch bislang noch nicht praktisch erprobt worden.
- Einem dreischichtigen Einsatz von E-LKW bei TEDi Logistik stünden die Ladezeiten der Traktionsbatterien hinderlich im Weg. Würde gemeinsam mit EMOSS B.V. ein Batteriewechselsystem erdacht, könnten die Batterieladevorgänge zeitlich entkoppelt durchgeführt werden, so dass ein E-LKW bei Rückkehr zum Lagerstandort stets eine volle Batterie vorfinden könnte.

Das bspw. bei Fahrzeugen der E-FORCE AG genutzte Prinzip, die Traktionsbatterien im Betrieb über Photovoltaik-Elementen auf dem Anhänger zusätzlich zu speisen,¹ erscheint für den Einsatz bei TEDi Logistik aus zwei Gründen weniger sinnvoll: Erstens zeigte sich im Feldtest die Fahrzeugreichweite nicht als wesentliche Restriktion, zweitens wird ein Betrieb der Fahrzeuge an Tagesrandzeiten und nachts angestrebt. In diesen Zeitfenstern ist nicht davon auszugehen, dass Photovoltaik-Elemente substantielle Beiträge zur Reichweitensteigerung bieten können.

2.7.1.4 UPS

Aus AP 5.1 und AP 6.1 lassen sich für UPS im Wesentlichen die folgenden Aspekte resümieren:

- Durch den Einkauf von Konversionsfahrzeugen konnten auf den Anwendungszweck spezifisch angepasste E-Fahrzeuge eingesetzt und bestehende Marktlücken überbrückt werden. Die Verwendung vollständig abgeschriebener Altfahrzeuge minderte das unternehmerische Risiko, ging jedoch zu Lasten von Einsatzintensität (Verschleißreparaturen) und Nutzerakzeptanz (teils fehlende Komfortfunktionen des Chassis).

¹ Vgl. Beitrag unter <http://www.photovoltaikeu.com/photovoltaik-2015-2/Auch-Brummis-lieben-Strom,QUIEPTYzMDk4NSZNSUQ9MTEwNDUzJIBBR0U9MQ.html>, Abruf am 19.11.2015, 15:00 MEZ

- UPS setzte als Paketdienst die E-Fahrzeuge bereits in festen Servicegebieten ein, so dass die zu fahrenden Touren und tägliche Transportleistung gut im Voraus planbar und auf die technisch möglichen Reichweiten abgestimmt werden konnten.
- Die aktuellen Einsatzfelder fokussieren Touren in urbanen Räumen und weisen daher hohe Stoppdichten auf und sind durch Stop-and-Go-Verkehr geprägt. Damit fokussiert UPS den Fahrzeugeinsatz bereits auf Strecken, in denen Elektro- gegenüber Verbrennungsmotorantrieben vergleichsweise energieeffizient und kostensparend eingesetzt werden können.
- Die von Paketfahrzeugen erwartete durchgehend hohe Einsatzintensität konnte bei den eingesetzten E-Fahrzeugen aufgrund wiederkehrend auftretender Reparaturbedarfe (sowohl antriebs- als auch verschleißbedingt) nicht erreicht werden.
- Die erreichten Einsatzreichweiten entsprechen den Erwartungen, sind jedoch für einen breiteren Einsatz von E-Fahrzeugen am Standort Herne-Börnig noch zu gering. Der Einbau zusätzlicher Batteriepacks und die Erreichung einer somit größeren Gesamtkapazität der Traktionsbatterie erzielte aufgrund des erhöhten Fahrzeugleergewichts
- Jede Reparatur, die von EFA-S durchgeführt werden musste, erforderte eine Verbringung der betroffenen Fahrzeuge nach Zell (per Tieflader).

Der Flotteneinsatz in festen Servicegebieten lindert die Probleme der Reichweite und einer möglichst hohen Reichweitemaximierung teilweise; der Einsatz von E-Fahrzeugen auf Touren mit hohen Stoppdichten erlaubt ferner, die relative Effizienz des E-Antriebs gegenüber Verbrennungsmotoren gezielt auszunutzen. Jedoch stellen bezüglich eines wirtschaftlichen Einsatzes von E-Fahrzeugen in der Paketlogistik **technische Zuverlässigkeit** und effektive **Einsatzreichweiten** zentrale Herausforderungen dar.

Die technische Zuverlässigkeit der Fahrzeuge wird bei UPS maßgeblich durch den Einsatz von Konversionsfahrzeugen auf Altfahrzeugbasis bestimmt. Dass der Umbaubetrieb EFA-S zudem 470 km vom Einsatzort der Fahrzeuge entfernt liegt, verlängert Werkstattaufenthalte zusätzlich. Wird das Konzept „P80-E“ in der aktuellen Form weiterbetrieben, bestehen für UPS die folgenden Optionen, die Nutzungsintensität durch verkürzte Wartungszeiten zu erhöhen:

- Verhandlung mit EFA-S, direkt oder über Vertragspartner Wartungskapazitäten in unmittelbarer Nähe zum Paketzentrum Herne-Börnig aufzubauen,
- Verlegung der E-Fahrzeuge in ein Paketzentrum in der Nähe des Heimatstandorts von EFA-S, bspw. 71254 Ditzingen, so dass ein Teil der technischen Probleme ohne Abtransport der Fahrzeuge lokal und binnen eines Arbeitstages gelöst werden könnte. Für größere Reparaturen wären dann nur rund 60 km anstelle von 470 km zu überbrücken.
- Adaption des bei der TEDi Logistik praktizierten Fernwartungskonzepts: Erweiterung der Fahrzeuge um die Möglichkeit, EFA-S Telemetriedaten über eine Mobilfunkverbindung auslesen lassen zu können, so dass UPS-eigenes Technikpersonal gezielt instruiert werden kann, kleine und mittlere Defekte selbst zu beheben.
- Intensivierung der Partnerschaft mit EFA-S zur stärkeren Rationalisierung der Produktion des Modells P80-E. Damit wäre zugleich eine kostengünstigere und

schnellere Bereitstellung der Fahrzeuge zu erwarten. Allerdings ist dieser Schritt mit einem deutlich höheren unternehmerischen Risiko verknüpft, da es im Kern darauf abzielt, EFA-S beim Wachstum zum Fahrzeuganbieter zu unterstützen, der auch mittelfristig bundesweit Service anbieten kann.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Mit dem Blick auf bundesweite Aktivität von UPS erfordert die erste Option jedoch ein deutliches Wachstum des Mittelständlers EFA-S, während die zweite Option nur eine temporäre Lösung darstellen kann. Die dritte Option stellt im Hinblick auf größere Umbauten/Reparaturanforderungen keine Lösung dar, während die vierte Option strategisch orientiert ist, so dass keine kurzfristige Problemlösung davon zu erwarten ist. Zudem birgt sie diverse Unsicherheiten und erfordert ein deutlich stärkeres finanzielles Engagement von UPS im Bereich Elektromobilität, was angesichts der für UPS angestellten Wirtschaftlichkeitsrechnungen als vergleichsweise risikobehaftet betrachtet werden darf.

In längerer Frist könnte – ggf. unter Nutzung von Branchenverbänden wie des Bundesverbands Paket und Expresslogistik e.V. (BIEK) oder Bundesverbands eMobilität e.V. (BEM) – eine Einkaufsgemeinschaft für E-Nutzfahrzeuge in der Paketlogistik gebildet werden, um im Verbund mit ähnlichen Flottennutzern global tätige OEMs zur Auflage von Serienfahrzeugen zu motivieren. In diesem Fall könnten gezielt die dringendsten Marktlücken im Bereich E-Nutzfahrzeuge geschlossen werden und zudem Fahrzeuge zu günstigeren Einstandspreisen, geeigneten Reichweiten sowie flächendeckendem Servicenetz beschafft werden. Der Einsatz von Leichtbauweise könnte an dieser Stelle dazu beitragen, den durch das Batterieeigengewicht auftretenden Nutzlastverlust zu minimieren. Es darf erwartet werden, dass UPS in diesem Fall ggf. vom Fahrzeugtyp P80-E, zumindest in der aktuellen Form, zugunsten eines Serienfahrzeuges Abstand nehmen müsste.

Das bestehende Reichweitenproblem vollumfänglich zu lösen, kann nicht Anspruch von ELMO sein. Gleichwohl erscheinen im Fall von UPS verschiedene Ansätze zur Reichweitenflexibilisierung vielversprechend, die mit Batteriewechselsystemen oder einer vollständigen Modularisierung von Batteriepacks denkbar sind:

- Batteriewechselsysteme könnten die Tagesreichweite eines P80-E auf die jahreszeitlichen Anforderungen besser abstimmen. So könnte im Sommer Gewicht eingespart werden, da die Batterien Reichweiten erlauben, die für den Betrieb möglicherweise überdimensioniert sind. Im Winter könnten leistungsstärkere Batterien eingesetzt werden, um die höheren Anforderungen rund um den Jahreswechsel aufzufangen und einen Stillstand der Fahrzeuge zu vermeiden. Allgemein könnten so die zeitlich-organisatorischen Probleme der Batterieladung vom Fahrzeug entkoppelt werden.
- Fahrzeuge, die im laufenden Betrieb mit defekter oder ungeplanterweise entladener Traktionsbatterie liegen bleiben, könnten im Falle modularer Batterien ggf. mit einem Notfall-Batteriepack kurzfristig fahrbereit gemacht werden, um zumindest die Rückkehr zum Paketzentrum zu gewährleisten.

Weitere Maßnahmen zur Erreichung einer höheren Einsatzreichweite wären der Einsatz von Range-Extendern auf Basis von Verbrennungsmotoren oder Brennstoffzellen sowie

die Anbringung von Photovoltaik-Elementen auf dem Fahrzeugdach wie dies bspw. bei Fahrzeugen der E-FORCE AG praktiziert wird.¹

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Neben Verbesserungen des Fahrzeugeinsatzes, die die Fahrzeugeinsatzkosten batterieelektrischer Fahrzeuge im Fokus haben, sind weitere Maßnahmen denkbar, die auf eine Erhöhung der durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen generierten Umsatzerlöse abzielen. Sofern UPS nicht nur in Herne-Börnig, sondern auch bundesweit ausschließlich Öko-Strom einsetzt, besteht die Möglichkeit, Serviceangebote im Bereich „sauberer Paketzustellung“ zu erstellen oder bestehende Umweltinitiativen dadurch zu stärken, um bei Kunden zusätzliche Zahlungsbereitschaft für „emissionsfreie Pakete“ zu aktivieren. Die Laufruhe elektrischer Paketfahrzeuge könnte ferner für Nachtzustellung von Paketen genutzt werden; dies erfordert jedoch ggf. einen flächendeckenden Einsatz von technisch hinreichend gegen unbefugten Zugriff abgesicherten Paketübergabepunkten. Des Weiteren bestehen Optionen, mit den E-Fahrzeugen besondere Belieferungsoptionen anzubieten, die für Verbrennungsmotorfahrzeuge prinzipbedingt nicht offen stehen, bspw. eine besonders geräuscharme Zustellung oder die Zustellung in geschlossenen Räumen (Fabrikhallen, Einkaufszentren etc.). Im Falle strikter Umweltgesetzgebung, die im Hinblick auf die Ziele des „Weißbuchs Verkehr“ der EU und des darin enthaltenen Ziels einer emissionsfreien Stadtbeflieferung im Jahr 2030 zu erwarten ist, stellt eine solche Dienstleistung für UPS die einzige Möglichkeit zur Aufrechterhaltung eines flächendeckenden Paketdienstes dar.

2.7.2 AP 7.2: Präsentation der Projektergebnisse und Kontaktmesse zwischen Herstellern und Anwendern

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Wirtschaftsförderung Dortmund	Koordination
Fraunhofer IML	Fachliche Ausgestaltung
Busch-Jaeger Elektro	Fachliche Zuarbeit
CWS-boco	Fachliche Zuarbeit
TEDi Logistik	Fachliche Zuarbeit
UPS	Fachliche Zuarbeit

Tabelle 74: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 7.2

Ziel dieses Arbeitspaket war es, Kontakte zwischen Herstellern und interessierten Anwendern elektromobiler Nutzfahrzeuge zu etablieren und letzteren darüber sowie durch Wissenstransfer aus ELMO Hilfestellungen zu geben, ihre eigenen Verkehre zu elektrifizieren. Die Wissensdiffusion der Projektergebnisse sollte über die Abhaltung einer speziellen Kontaktmesse beschleunigt werden.

¹ Vgl. Beitrag unter <http://www.photovoltatik.eu/photovoltaik-2015-2/Auch-Brummis-lieben-Strom,QUIEPTYzMDk4NSZNSUQ9MTEwNDUzJIBBR0U9MQ.html>, Abruf am 19.11.2015, 15:00 MEZ

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Aufgrund des Beschaffungsverzugs des Partners TEDI Logistik hat der Konsortialführer gemeinsam mit den Praxispartnern entschieden, das Projekt kostenneutral zu verlängern. Während TEDI Logistik verspätet die eigene Feldtestphase starten konnte, befanden sich die meisten ELMO-Fahrzeuge zu diesem Zeitpunkt bereits im letzten Drittel der Feldtests. Aus diesem Grund wurde entgegen der Planungen bei Projektantrag beschlossen, die in AP 7.2 anstehenden Aufgaben nicht an einem Termin zu bündeln, sondern auf mehrere Termine aufzuteilen. Vornehmlich zwei Termine wurden hierfür genutzt:

- Die Fachkonferenz „Elektromobilität im Wirtschaftsverkehr“, die am Fraunhofer IML im April 2014 stattfand, wurde genutzt, um Zwischenergebnisse mit dem Fokus auf leichte Nutzfahrzeuge (CWS-boco und UPS) vorzustellen, da für diese Fahrzeuge bereits mindestens ein vollständiges Jahr an Fahrt- und Ladedaten zur Auswertung vorlag. Die hier dargestellten Resultate besaßen daher nahezu Endergebnischarakter. Diese quantitativen Ergebnisse wurden um qualitative Informationen von Busch-Jaeger Elektro und TEDI Logistik angereichert. Auf Anwenderseite gewerblicher Elektromobilität nahmen hier neben den ELMO-Praxispartnern auch weitere Anwenderunternehmen teil, bspw. die DSW 21 aus Dortmund, die Hermes Logistikgruppe oder die Meyer&Meyer Holding GmbH & Co. KG. Auf Seiten der Anbieter nahmen bspw. Benteler Engineering Services B.V., die e-Wolf GmbH oder die Proton Motor Fuel Cell GmbH teil, wobei einige Anbieter auch zur Fahrzeugausstellung beitrugen. Die etablierten OEMs waren bspw. durch die AUDI AG und die Daimler AG vertreten, ebenso zahlreiche Flottenbetreiber, wie etwa die IKEA Distribution Services GmbH.
- Die Ergebniskonferenz der Modellregion Rhein-Ruhr am 4. November 2015 wurde schließlich genutzt, um die Projektergebnisse nach Auswertung der Daten aller Partner noch einmal vollständig präsentieren zu können. Der Termin wurde als ideal geeignet eingestuft, da die Ergebniskonferenz im Rahmen des jährlich wiederkehrenden „Kompetenztreffen Elektromobilität in NRW“ abgehalten wurde, so dass vor Ort mit einer hohen Zahl an Forschern, gewerblichen Anwendern, interessierten Nutzern und weiteren Stakeholdern gerechnet werden durfte.

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Wirtschaftsförderung

Die Vermittlung von Kontakten zwischen interessierten Unternehmen (Flottenbetreibern) und Fahrzeuganbietern kann als Daueraktivität der Wirtschaftsförderung Dortmund, dem Konsortialführer Fraunhofer IML und den Praxispartnern innerhalb des Projekts betrachtet werden. Neben den o.g. Veranstaltungen waren Vertreter von ELMO auf diversen Veranstaltungen entweder als Referent, Aussteller oder als Fachbesucher anwesend (vgl. AP 6.2), bspw. auf der „Solarmobil Deutschland“ (September 2014) oder „elektromobil Dortmund“ (Juni 2015), der „Elektrotechnik“ 2013 und 2015 sowie auf der „Ecartec“ 2012-2014. Dort, aber auch im Tagesgeschäft wurden die Projektpartner wiederholt von interessierten Unternehmen angesprochen und Kontakte zu Herstellern durch Wirtschaftsförderung und Fraunhofer IML vermittelt.

Auch nach Projektabschluss ist immer noch festzustellen, dass zwar ein kontinuierliches Interesse auf Nutzerseite nach verlässlichen und effizienten E-Nutzfahrzeugen vorherrscht; sowohl das Fraunhofer IML als auch die Wirtschaftsförderung Dortmund sehen sich regelmäßig Fragen zur Leistungsfähigkeit, Einsatzmöglichkeiten und Kosten batterieelektrischer Nutzfahrzeuge gegenüber. Diesem Interesse steht jedoch auf

Fahrzeuganbieterseite keine adäquate Entsprechung gegenüber. So konnten zwar direkte Kontakte zu Renault oder Nissan genutzt werden, um Klein-Nutzfahrzeuge bspw. für Benchmarktests zu gewinnen, ein Engagement im Bereich mittlerer oder schwerer Nutzfahrzeuge oder die Bereitschaft zum Wissensaustausch über dieses Thema konnte nicht festgestellt werden. Erfahrungen aus anderen Projekten bzw. Vorerfahrungen der Projektpartner mit den OEMs bestätigen deren Zurückhaltung beim Engagement in der Serienfertigung batterieelektrisch betriebener Varianten ihrer vorhandenen Modelle.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Demgegenüber zeigten sich gerade kleine und mittlere Anbieter von Konversionsfahrzeugen bereit zum Wissensaustausch und offen für Kontakte, auch über die Dauer von ELMO hinaus. Dazu zählen neben EMOSS B.V. als Vertragspartner der TEDi Logistik, die e-Wolf GmbH, die E-FORCE AG (Schweiz), die FRAMO GmbH und die Hytruck B.V. (Niederlande). Dies zeigt nicht nur exemplarisch die durch das Desinteresse der OEMs aufgerissene Marktlücke im Bereich mittlerer und schwerer Nutzfahrzeuge auf, die durch die genannten Unternehmen mithilfe von Konversionslösungen überbrückt wird, sondern gibt auch indirekt einen Hinweis darauf, dass für Käufer solcher Lösungen durch nicht flächendeckend vorhandenen Service Probleme bei Wartung und Fahrzeugverfügbarkeit gegeben sind. Die FRAMO GmbH bietet aus diesem Grund für Kunden der für 2016 angekündigten mittelschweren und schweren E-LKW an, bei Fahrzeugausfall auf Kapazitäten eines bundesweit tätigen LKW-Vermieters zurückgreifen zu können und konventionell angetriebene Ersatzfahrzeuge zu erhalten. Dieses Versprechen der FRAMO GmbH adressiert damit ein wesentliches Ergebnis des Projekts ELMO: die Notwendigkeit, Risiken eines Fahrzeugausfalls zu lindern und Nichtverfügbarkeit von Fahrzeugen, die durch lückenhafte Servicenetze entsteht, zu reduzieren.

2.7.3 AP 7.3: Mitarbeit bei der Ergebnisbewertung und Definition von Best Practices

Beteiligte Projektpartner	Rolle im Arbeitspaket
Fraunhofer IML	Lead, Fachliche Koordination
Wirtschaftsförderung Dortmund	Bereitstellung von Erfahrungswissen aus Kontakten zu anderen Projekten bzw. Nutzern der Elektromobilität sowie auf Basis der Flottenelektrifizierung des kommunalen Fuhrparks der Stadt Dortmund (Projekt „metropol-E“)
Busch-Jaeger Elektro CWS-boco TEDi Logistik UPS	Einbringen von Branchenwissen sowie Erfahrungswissen der Elektromobilität (ELMO und darüber hinaus)

Tabelle 75: Rollen und Verantwortlichkeiten der Projektpartner im Arbeitspaket 7.3

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets sind nach der folgenden Logik aufgebaut: Da die im Rahmen von ELMO erzielten Ergebnisse und Praxiserfahrungen vielfach nicht vorrangig vom jeweiligen Anwendungsfall abhängen, sondern eher allgemeingültigen Charakter haben, werden zunächst diese übergreifenden, für jeden Fall des gewerblichen Einsatzes von Elektromobilität gültigen Aspekte diskutiert, im Anschluss daran Spezifika, die sich in urbanen Räumen beim Betrieb von Mitarbeiterflotten, bei der kontinuierlichen Belieferung Dritter sowie bei der kontinuierlichen Belieferung

eigener stadtnaher Standorte ergeben. Dies erfolgt also unter den folgenden Bereichen:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

- Allgemeine Aspekte betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen,
- Elektromobilität in Mitarbeiterflotten,
- Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit Dritten als Belieferungsziel,
- Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit eigenen Standorten als Belieferungsziel

Für jeden dieser vier Bereiche soll die Zielsetzung „wirtschaftlich sinnvoller E-Wirtschaftsverkehr“ als Leitgedanke dienen. Die einzelnen Aspekte werden dabei nach dem SWOT-Schema mit den folgenden Leitfragen gegliedert:

- **Strengths** (Stärken): Durch welche besonderen Eigenschaften hebt sich Elektromobilität (im jeweiligen Bereich) im Hinblick auf eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung gegenüber dem Einsatz konventioneller Fahrzeuge positiv ab?
- **Weaknesses** (Schwächen): Welche besonderen Eigenschaften lassen sich als spezifischer Nachteil der Elektromobilität (im jeweiligen Bereich) im Hinblick auf eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung gegenüber dem Einsatz konventioneller Fahrzeuge feststellen?
- **Opportunities** (Chancen): Welche spezifischen Potenziale bietet Elektromobilität (im jeweiligen Bereich) gegenüber dem Einsatz konventioneller Fahrzeuge im Hinblick auf eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung?
- **Threats** (Risiken): Welche Gefahren stehen einer wirtschaftlich sinnvollen Nutzung von Elektromobilität anstelle konventioneller Fahrzeuge (im jeweiligen Bereich) gegenüber?

Um die SWOT-Analyse übersichtlich zu halten, werden die folgenden Kategorien gebildet, um die identifizierten Aspekte zu ordnen:

- Aspekte, die sich vorrangig auf den konkreten **Anwendungszweck** bzw. die dadurch bedingten betrieblichen **Prozesse** beziehen,
- Aspekte, die sich vorrangig auf Aspekte der **Technik** (Fahrzeug, Batterie) sowie **Beschaffung** und Bereitstellung der nötigen Betriebsmittel beziehen,
- Aspekte, die sich vorrangig auf die **Ladeinfrastruktur** sowie die **Ladevorgänge** selbst beziehen sowie
- Aspekte, die vorrangig dem **Faktor Mensch** als Stakeholder gewerblicher Elektromobilität zugeordnet werden können (z. B. als Entscheider, Nutzer, Kunde, Verkehrsteilnehmer o.ä.)

2.7.3.1 Allgemeine Aspekte betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen

.....
Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“
.....

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

Im Folgenden werden zunächst die wesentlichen Projektergebnisse in der genannten SWOT-Systematik nach Kategorien eingeordnet, um darauf aufbauend Best Practices in Form von Normstrategien abzuleiten, die gewerbliche Flottenbetreiber einsetzen können, um die Grundlagen für einen wirtschaftlich sinnvollen Einsatz der Elektromobilität zu legen. Die Leitfrage dieses Bereichs kann also wie folgt formuliert werden: „Welche allgemeingültigen Aspekte sind zu beachten, wenn Unternehmen Elektromobilität in urbanen Räumen wirtschaftlich sinnvoll einsetzen wollen?“

Tabelle 76 bis Tabelle 79 zeigen die Ergebnisse der SWOT-Analyse für die Kategorien „Fahrzeugnutzung und Einsatzzweck“, „Fahrzeugbeschaffung und Antriebstechnik“, „Ladeinfrastruktur und Ladevorgang“ sowie „Faktor Mensch und ergonomische Aspekte der Fahrzeugnutzung“. Auf Basis dieser Ergebnistabellen werden im Folgenden allgemeine Handlungsempfehlungen für die gewerbliche Elektromobilität in urbanen Räumen abgeleitet (dieses Unterkapitel) und schließlich um spezifische Aspekte ergänzt, die sich beim Einsatz in Mitarbeiterflotten, bei Belieferungsverkehren mit Dritten als Belieferungsziel und bei Belieferungsverkehren mit eigenen Standorten als Belieferungsziel ergeben.

Kategorie „Fahrzeugnutzung und Einsatzzweck“

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Antrieb arbeitet lokal emissionsfrei • Kostenersparnisse im Betrieb von mindestens 60 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Planung von Fahrzeugeinsätzen (Fahrstrecken/Tagestouren) aufgrund der limitierten Reichweiten komplex • Reichweiteneinschränkung erlaubt nur geringe Flexibilität, spontanes Umplanen von Touren schwierig • Wirtschaftlicher Einsatz erfordert kontinuierliche Fahrzeugnutzung und hohe Auslastung des Leistungspotenzials
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Erschließung neuer, für batterieelektrische Fahrzeuge exklusive Geschäftsfelder (Nachtbelieferung, Grüne Logistik etc.) • Wirtschaftlichkeit offenbar in Nischenanwendungen erreichbar • Zunehmende Filialdichte im urbanen Handel führt zu hohen Stoppdichten im Lieferverkehr • Ordnungspolitisch reglementierte Nutzervorteile für E-NFZ, bspw. Umweltzonen oder Erhebung von emissionsbezogener Citymaut • Batteriewechselsysteme könnten Standzeiten für Batterieladung vermeiden 	<ul style="list-style-type: none"> • Dauerhaft niedrige Preise für konventionellen Kraftstoff • Deutlicher Anstieg der Strompreise • Reichweiten-Unsicherheit bei Fahrzeugeinsatzplanung; Sicherheitspuffer bei der Tourenplanung verringern Wirtschaftlichkeit • Vorhandene Flotte konventioneller Fahrzeuge zu klein, um Ausfälle unzuverlässiger E-Fahrzeuge kompensieren zu können

Tabelle 76: Allgemein: Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen, Kategorie „Fahrzeugnutzung und Einsatzzweck“

Kategorie „Fahrzeugbeschaffung und Antriebstechnik“

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Fahrdynamik, schnelles Anfahren möglich, kein Zeitverlust durch Anlassen des Motors • Fahrzeuge bremsen durch Energierückgewinnung und schonen daher die Bremsen (Feinstaubproblem reduziert) • Weniger Verschleißteile als Verbrennungsmotoren 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Einstandspreis gegenüber konventionellen Fahrzeugen; im LKW-Bereich teilweise doppelt bis dreifach höhere Kosten • Höherer Aufwand bei Fahrzeugauswahl und -beschaffung • Geringes Marktangebot an E-NFZ • Zögerliches Engagement großer OEMs im Bereich E-Nutzfahrzeuge • Technisch noch keine Serienreife bei Nutzfahrzeugen, schwankende Qualität und Zuverlässigkeit erfordert ggf. Nachbesserungen am Fahrzeug • Geringe Servicestättenabdeckung und daher überproportionaler Aufwand bei Wartung
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Full-Service-Vereinbarungen mit Absicherung gegen Nutzungsausfälle • Nutzung für Elektromobilität optimierte Chassis und Equipment (Leichtbau) • Fortschritte in der Batterietechnik: höhere Energiedichten zu geringeren Kosten • Zunehmende Transparenz des Marktes und der Leistungsfähigkeit der E-NFZ 	<ul style="list-style-type: none"> • Weiterhin hohe Preise für Traktionsbatterien • Preisverfall bei konventionellen Fahrzeugen • Teilweise große Abweichungen von Herstellerangaben und tatsächlichen Leistungsdaten • Beschaffung übermotorisierter Fahrzeuge, die sich nicht amortisieren • Zusätzliche Verbraucher (Licht, Heizung) verringern Reichweiten drastisch, kritisch im Winter • Rechtliche Unsicherheiten bei Nutzervorteilen, steuerlichen Vorteilen und Anschaffungs-förderung

Tabelle 77: Allgemein: Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen, Kategorie „Fahrzeugbeschaffung und Antriebstechnik“

Kategorie „Ladeinfrastruktur und Ladevorgang“

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Ladetechnik ausgereift, kaum Fehlbedienung möglich • Schonladung kann kostengünstig, wartungsfrei und schnell aufgebaut werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau eigener Ladeinfrastruktur in der Regel erforderlich • Ladedauer bei Schonladung zwischen 6-10h • Technisch und ökonomisch sinnvoller Einsatz von Schnellladung erfordert Flotte von etwa 10-20 Fahrzeugen je Säule

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Schonladung (6-10 h Ladedauer) kann Leerzeit bei Einschichtbetrieb füllen • Nutzung von Eigenstrom für die Ladung der Traktionsbatterien • Kombinierte Batteriekapazität des Fuhrparks als betrieblichen Energiespeicher (Smart Grid) 	<ul style="list-style-type: none"> • Unzureichend geladene Fahrzeugbatterien können kurzfristig nicht geladen werden und erfordern Ersatzfahrzeuge

Tabelle 78: Allgemein: Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen, Kategorie „Ladeinfrastruktur und Ladevorgang“

Kategorie „Faktor Mensch und ergonomische Aspekte der Fahrzeugnutzung“

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Geräuschbelastung im Fahrzeug und nach außen • Kein Tankvorgang, Batterieladung während Fahrerabwesenheit • Kaum Akzeptanzprobleme bei Berufskraftfahrern 	<ul style="list-style-type: none"> • Schulungsbedarf bei Fahrern und Technikpersonal • Einschränkungen durch Komfortfunktionen möglich, wenn diese die Traktionsbatterie belasten (z. B. Heizspirale, Klimaanlage) • Komfortfunktionen entsprechen bei Konversion von Altfahrzeugen nicht dem Stand der Technik

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Kundenbedarf nach einer „grünen Logistik“ 	<ul style="list-style-type: none"> • Reichweitenunsicherheit und reduzierte Komfortfunktionen

Tabelle 79: Allgemein: Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen, Kategorie „Faktor Mensch und ergonomische Aspekte der Fahrzeugnutzung“

Auf Basis der in den SWOT-Tabellen dargestellten Aspekte lassen sich drei wesentlichen Stoßrichtungen für Best Practices der gewerblichen Elektromobilität aufzeigen:

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

1. **Maßnahmen zur Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität** vorhandener E-Fahrzeuge: Solche Maßnahmen zielen darauf ab, aus der Effizienz des batterieelektrischen Antriebs im Vergleich zum konventionellen Dieselmotor ein Maximum an operativen Ersparnissen zu generieren. Nur so gelingt eine schnelle Amortisation der in der Anschaffung teureren E-Fahrzeuge.
2. **Maßnahmen zur Reduktion spezifischer Einsatzrisiken** von E-Fahrzeugen: Solche Maßnahmen zielen darauf ab, das Risiko von Fahrzeugausfällen und schwankender Auslastung zu begrenzen und so die mittels Maßnahmen der vorherigen Kategorie erzielbaren Ersparnisse zu sichern.
3. **Maßnahmen zur Bildung von Vertrauen und Akzeptanz** bei Entscheidern und Nutzern (Fahrern): Solche Maßnahmen zielen darauf ab, bei menschlichen Entscheidern in Fahrzeugbeschaffungs-, -einsatz- und -nutzungsprozessen (z. B. Flottenmanager, Disponenten, Fahrer) Vorurteile und Unsicherheiten abzubauen, damit übervorsichtige Entscheidungen („Reichweitenangst“) weder Maßnahmen der ersten noch der zweiten Kategorie konterkarieren.

Übergreifende Best Practices für den gewerblichen Einsatz von Elektromobilität im urbanen Raum

Zur **Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität** batterieelektrischer Fahrzeuge stehen gewerblichen Nutzern der Elektromobilität verschiedene Optionen offen. Ein erster Ansatzpunkt besteht darin, die Einsatzzwecke zu priorisieren, in denen die **Effizienz batterieelektrischer Antriebe in Relation zu Verbrennungsmotoren** besonders deutlich wird und in der Folge besonders hohe operative Einsparungen erreicht werden.

Dies ist beispielsweise dort gegeben, wo Fahrtstrecken durch zahlreiche Start-Stopp-Vorgänge gekennzeichnet sind. Dabei ist es sekundär, ob diese verkehrlich, topologisch oder durch die Zahl der geplanten Haltepunkte bedingt sind. Damit erscheinen **Einsatzzwecke im urbanen Umfeld** mit hinreichend **hohen und regelmäßigen Laufleistungen** ideal, insbesondere wenn zahlreiche Haltepunkte pro Fahrt eingeplant sind, bspw. in der Personenbeförderung (z. B. Stadtbusse), bei Teilladungsverkehren, in der Pakettlieferung oder in CityLogistik-Konzepten. Ebenfalls geeignet sind aus analogen Gründen feste Pendelverkehre zwischen bestimmten Teilen einer Stadt (Hafengebiet, Industriegebiete, Wohngebiete etc.). Derartige Verkehre sind nicht nur durch eine **hohe Frequenz von Start-Stopp-Vorgängen**, sondern aufgrund ihrer **Regelmäßigkeit** auch durch **gut planbare Fahrtstrecken** gekennzeichnet, die (wie ELMO zeigte) effektive Reichweiten und Fahrstromverbräuche sicher kalkulierbar machen und so zu einer hohen Auslastung der E-Fahrzeuge beitragen.

Unternehmensübergreifende Kooperationen, d. h. die **gemeinschaftliche Nutzung von E-Fahrzeugpools und Ladepunkten**, stellen zudem eine Option dar, Fahrzeuge kontinuierlich auslasten zu können, speziell dann, wenn die Nutzungsprofile komplementär sind, so dass (unter Beachtung von Ladezeiten) die Nicht-Nutzungsphase eines Partners einer Nutzungsphase eines anderen Partners entspricht. Darüber hinaus können so Risiken in Fahrzeugbeschaffung und -betrieb gemeinsam geschultert werden. Wird der **Betrieb des E-Fahrzeugpools durch einen separaten Anbieter** erledigt, der im Fall des Fahrzeugausfalls nahtlos für Ersatz sorgt, können weitere Risiken einer mangelnden Fahrzeugzuverlässigkeit (wie in ELMO mehrfach nachweisbar) für die Fahrzeugnutzer verringert werden.

Weitere Ansätze zur Erhöhung der Einsatzintensität bestehen darin, die wesentlichen technischen Eigenschaften eines batterieelektrischen Antriebs, nämlich Laufruhe und lokale Emissionsfreiheit, zu nutzen, um daraus **neue Dienstleistungen** und/oder Geschäftsmodelle zu kreieren, **die für Verbrennungsmotoren prinzipbedingt unzugänglich sind**. Kombiniert mit etablierten Modellen des Fahrzeugeinsatzes bieten sich so Chancen, E-Fahrzeuge pro Tag stärker auszulasten als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor. Dies ermöglicht bspw. einen besonderen Fokus des Fahrzeugeinsatzes auf Regionen und/oder **Einsatzzwecke** zu legen, die gegenwärtig durch **Emissionsprobleme** (Treibhausgase, Feinstaub etc.), scharfe Umweltgesetzgebung (Einfahrverbote, CityTax etc.) oder starke **Lärmbelastungen** gekennzeichnet sind. Zudem stellen **leise Verkehre** in Tagesrandzeiten oder der Nacht eine passgenaue Einsatzmöglichkeit für laufruhige E-LKW dar. Im Gegensatz zu schadstoffbezogenen Einfahrverboten fehlen hier jedoch regulatorische Grundlagen. Die nach Elektromobilitätsgesetz (EmoG) mögliche Kennzeichnung batterieelektrischer Fahrzeuge stellt hier nur einen ersten Schritt dar. Das Gesetz erfasst jedoch nur Fahrzeuge bis zu einer zulässigen Gesamtmasse von 3,5 t und müsste für eine Kennzeichnung leichter und schwerer E-LKW entsprechend weiter gefasst werden. Eine regulatorische Absicherung des Einsatzes leiser Fahrzeuge, analog zum niederländischen PIEK-Zertifikat fehlt bislang vollständig. Die gezielte Ansprache von **Kundengruppen**, die dem Einsatz **emissionsfreier und/oder leiser Verkehre besondere Zahlungsbereitschaft** entgegenbringen, erhöht (ganz ohne regulatorische Grundlage) neben den Auslastungsmöglichkeiten der E-Fahrzeuge die durch sie erzielbaren Umsatzerlöse.

Ein weiterer Hebel zur Maximierung der Ersparnisse durch den Einsatz von E-Fahrzeugen besteht darin, den durch den Fahrstrombedarf erhöhten gesamten betrieblichen Strombedarf zum Anlass zu nehmen, einen **neuen Haustarif** gegenüber dem lokalen Energieanbieter auszuhandeln, so dass die Kosten pro abgenommener Kilowattstunde und infolge dessen auch die operativen Kosten der E-Fahrzeuge gesenkt werden können. Dies erscheint insbesondere dann sinnvoll, wenn die Möglichkeit besteht, gezielt **Nachtstrom für die Ladung der Traktionsbatterien** einsetzen zu können. In mittlerer Frist kann geprüft werden, ob das kombinierte Potenzial aller zu ladenden **Traktionsbatterien eine Flexibilitätsreserve darstellt, die Lastspitzen des eigenen Betriebs oder gar des öffentlichen Netzes abzufedern** in der Lage ist. Dadurch erschließt ein E-Fuhrpark laterale Geschäftsfelder aus der Notwendigkeit der Batterieladung, ohne dass eine Fahrzeugbewegung dafür nötig ist. Die dafür nötigen Infrastrukturen des intelligenten bidirektionalen Ladens entstehen jedoch gerade erst im Rahmen so genannter Smart Grid-Ansätze.

Zur **Reduktion spezifischer Einsatzrisiken** batterieelektrischer Fahrzeuge können gewerbliche Nutzer der Elektromobilität verschiedene Wege gehen. Wie ELMO zeigt, ist die Angebotssituation im Bereich der E-Nutzfahrzeuge weniger umfassend als für konventionelle Fahrzeuge. Es besteht das Risiko, Fahrzeuge zu beschaffen, die das geplante Reichweitenziel verfehlen oder gar deutlich übermotorisiert sind, und damit Fehlinvestitionen zu tätigen. Folglich ist im **Beschaffungsprozess Sorgfalt** geboten, so dass eine Absicherung dieser Transaktion bspw. so geschehen kann, dass zwischen Anbieter und potenziellem Käufer eines E-Fahrzeugs vereinbart wird, dass Fahrzeuge entweder erst nach einem **ausgiebigem Test der Leistungsfähigkeit** abschließend gekauft werden oder aber, dass generell ein **Rückgabezeitraum** eingeräumt wird, für den Fall, dass die Erwartungen bezüglich Verlässlichkeit und Reichweite verfehlt werden. In mittlerer Frist sollten sich größere Flottenbetreiber mit Interesse an einer Elektrifizierung gemeinsam mit anderen Unternehmen und/oder Verbänden in **Einkaufsgemeinschaften bzw. Nutzerkonsortien** zusammenschließen, um OEMs zur **Auflage von Serienfahrzeugen** zu bewegen. Wie ELMO zeigte, bestehen in solchen Situationen Möglichkeiten, exklusive Technologien in den Konstruktionsprozess einfließen zu lassen, die ebenfalls risikoreduzierend auf den E-Fahrzeugbetrieb wirken,

bspw. Ferndiagnose-/Fernwartungsschnittstellen. Darüber hinaus erleichtert so ein teilweise Neukonstruktionsprozess den Einbau innovativer Techniken (Radnabenmotoren, Einzelradlenkung, Fahrassistenzsysteme, Fernsteuerung, autonomes oder teilautonomes Fahren, etc.), welche die Produktivität von E-Fahrzeugen erhöhen bzw. neue Einsatzfelder öffnen können.

Unternehmen, die in Eigenregie ihre konventionelle Flotte um E-Fahrzeuge ergänzen wollen, können den Umstand, über eine **Fahrzeugreserve** zu verfügen, **risikomindernd einsetzen**. Wird der Umfang der Elektrifizierung an der Zahl vorhandener Reservefahrzeuge orientiert, kann bei Nicht-Verfügbarkeit von E-Fahrzeugen aus der konventionellen Reserve geschöpft werden. So kann ein Einstieg in die Elektromobilität gelingen, ohne dass Fahrzeugausfälle betriebsnotwendige Kapazitäten wegfallen lassen. Eine Skalierung der Zahl der E-Fahrzeuge über die Zahl an Reservefahrzeugen hinaus kann geschehen, sobald die Fahrzeuge eine hinreichende Einsatzzuverlässigkeit erreicht und die involvierten Mitarbeiter entsprechendes Erfahrungswissen (z. B. hinsichtlich der effektiven Reichweiten) erlangt haben.

Wie ELMO zeigte, stellt die effektiv abrufbare Reichweite eines E-Fahrzeugs eine Größe dar, die für Flottenbetreiber ein gewisses Risiko darstellt und die maßgeblich bestimmt, inwiefern ein E-Fahrzeug bestmöglich eingesetzt werden kann. Es gilt daher, die **Planungsunsicherheiten („organisatorische Reichweitenangst“)** abzubauen. Dies kann dadurch unterstützt werden, dass der **Einsatzkontext der E-Fahrzeuge möglichst stabil** bleibt (z. B. feste Fahrpläne oder Einsatzgebiete), so dass im Laufe der Zeit (eine hohe Auslastung unterstellt) eine große Menge an Fahr- und -stromverbrauchsdaten für denselben Anwendungszweck anfällt. Diese bilden eine Planungsgrundlage für Disposition bzw. Fuhrparkmanagement, um Leistungspotenzial der E-Fahrzeuge zuverlässig einschätzen und in der Folge besser auslasten zu können, ohne zu riskieren, dass Fahrzeuge mit leerer Batterie liegenbleiben oder Fahrstreckenprofilen gegenüberstehen, die ihr Leistungsvermögen übersteigen.

Besteht die Möglichkeit, Fahrzeuge mit **modularen Batteriepacks** erwerben zu können, sind hier in mittlerer Frist mehrere Ansätze denkbar, Reichweitenrisiken beherrschbar zu machen:

- E-Fahrzeuge können mit einem **auf den Nutzungszweck angepassten Batteriepack** ausgestattet werden, d. h. sie nehmen nur so viel Energie mit an Bord, wie durch Fahrstrecke und Umgebungsbedingungen geboten.
- E-Fahrzeuge können so **leicht umgerüstet** werden, sobald Kapazitätsschwund an den Traktionsbatterien auftritt oder neuere Batterietechniken verfügbar sind.

Darüber hinaus gestattet ein modulares Batteriesystem die **Entkopplung des Ladevorgangs vom Fahrzeug**, so dass Fahrzeugausfälle aufgrund nicht vollständig geladener Batterien ausgeschlossen sind, sofern für so einen Fall **Reservebatterien** vorgehalten werden. Zudem sind „**Notfallbatteriepacks**“ denkbar, die es gestatten, (analog zu einem Reservekanister mit Kraftstoff) ein mit leerer Batterie liegengeliebenes Fahrzeug ohne Abschleppen zum Depot oder zur nächsten Werkstatt zurückkehren zu lassen.

Schließlich können Fahrzeuge, die im Grenzbereich ihrer jeweiligen Reichweiten operieren, durch **Range-Extender** aufgestockt werden, die eine Rückkehr ins Depot auch dann gestatten, wenn der Ladezustand der Traktionsbatterie kritische Grenzwerte erreicht.

Ein weiteres wesentliches Ergebnis von ELMO besteht darin, dass Reparaturen bei E-Fahrzeugen zu überproportional **langen Werkstattaufenthalten** führen bzw. Zusatzaufwand geleistet werden muss, um überhaupt Serviceleistungen erhalten zu können (bspw. Verbringung des Fahrzeugs zum Umbaubetrieb, Anreise spezialisierter Techniker etc.). Für Betreiber größerer Flotten bietet sich daher der **Aufbau eigener spezialisierter Werkstattkapazitäten** an, so dass negative Effekte dünner Servicenetze aufgefangen werden können. Um eine hinreichende Auslastung dieses Werkstattpersonals zu gewährleisten wäre denkbar, dass die intern erbrachten **Reparatur- und Wartungsleistungen auch nach außen am Markt angeboten** werden und dazu beitragen, durch Annahme von Fremdaufträgen eine zusätzliche Einnahmequelle zu erschließen.

Die **Bildung von Vertrauen und Akzeptanz** in Bezug auf batterieelektrische Fahrzeuge bei gewerblichen Nutzern der Elektromobilität ist in ELMO ebenfalls mehrfach als kritischer Erfolgsfaktor der Elektromobilität hervorgetreten. Die Notwendigkeit, „organisatorische Reichweitenangst“ abzubauen zu müssen, wurde oben bereits angesprochen. Weitere Maßnahmen zur Vertrauensbildung bestehen darin, den internen Wissensaustausch von Fuhrparkentscheidern, Disponenten und Fahrern zu fördern. Gemeinsam sollten Fahrzeugeinsatz und **Fahrstromverbräuche** genau analysiert und die gezogenen Schlüsse über ein **systematisches Wissensmanagement** konserviert werden, damit Personen ohne Erfahrungen im Bereich Elektromobilität fundierte Entscheidungen treffen können, sei es im Bereich der Fahrzeugbeschaffung oder Einsatzplanung. Wie ELMO zeigt, sind spezielle Einweisungen der Fahrer sinnvoll, wobei jedoch der Fokus auf Personen liegen sollte, die keine Berufskraftfahrer sind (vgl. Ergebnisse von Busch-Jaeger Elektro zum Fahrstromverbrauch).

Ein weiteres Ergebnis von ELMO war, dass als fehlend oder unzureichend empfundene **Komfortfunktionen** negative Auswirkungen auf die Akzeptanz der Fahrzeuge durch die Nutzer haben können. Das Beispiel TEDI Logistik zeigt auf, dass Fahrzeuge mit Standheizungen den wesentlichen Komfortnachteil „Kabinenheizung“ kompensieren können, ohne dass dadurch Reichweiteinschränkungen entstehen. Dies ist bereits bei der Beschaffung von E-Fahrzeugen zu berücksichtigen.

Die wesentliche Größe, nämlich die effektiv täglich verfügbare Fahrzeugreichweite, darf trotz aller Bemühungen, sie durch verschiedene betriebliche Maßnahmen besser planbar zu machen, als Dreh- und Angelpunkt der wirtschaftlichen Nutzbarkeit batterieelektrischer Fahrzeuge angesehen werden. Nicht nur aus Perspektive der Nutzerakzeptanz, sondern gerade vor dem Hintergrund des Ziels einer möglichst hohen Laufleistung zur Generierung von Kostenersparnissen, erscheint es dringend geboten, Flottenbetreiber bei der Vorausplanung zu unterstützen. Die **möglichst genaue Vorhersage des Fahrstromverbrauchs abhängig von geplanter Fahrstrecke** und Umgebungsparametern stellt daher eine wesentliche Herausforderung dar, die für einen Markterfolg der Elektromobilität zu bewältigen muss.

2.7.3.2 Elektromobilität in Mitarbeiterflotten

Die Leitfrage dieses Bereichs kann wie folgt formuliert werden: „Welche spezifischen Aspekte sind zu beachten, wenn Unternehmen in urbanen Räumen Elektromobilität in ihrer Mitarbeiterflotte wirtschaftlich einsetzen wollen?“ Die hier systematisierten Aspekte sind stets als Ergänzung bzw. Spezialfall der zu Beginn strukturierten „allgemeinen Aspekte“ zu betrachten.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> • Einfache Bedienung, wechselnde Fahrer problemlos möglich 	<ul style="list-style-type: none"> • Einsatzflexibilität eingeschränkt: Fahrzeuge für Innenstadteinsatz können selten spontan für längere Strecken genutzt werden • Nutzer sind oft keine Berufskraftfahrer, so dass Verbräuche höher, Reichweiten geringer als geplant
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> • Einräumung von verkehrlichen Sonderrechten für E-Fahrzeuge macht Nutzung für Mitarbeiter attraktiv (Öffnung der Busspuren für E-Fahrzeuge, Sonderparkplätze) • Einsatz exklusiver oder besonderer E-Fahrzeuge als Teil der betrieblichen Anreizstruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftliche Nutzung erforderte kontinuierliche und hohe Auslastung • Akzeptanzprobleme aufgrund eingeschränkter Reichweite oder Komfortfunktionen

Tabelle 80: Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken betrieblicher Elektromobilität in Mitarbeiterflotten

Best Practices für den gewerblichen Einsatz von Elektromobilität in Mitarbeiterflotten

Wie zuvor werden die Aspekte der SWOT-Analyse in die drei genannten Bereiche aufgeteilt:

1. Maßnahmen zur Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität
2. Maßnahmen zur Reduktion spezifischer Einsatzrisiken
3. Maßnahmen zur Bildung von Vertrauen und Akzeptanz

Die im Folgenden genannten Aspekte sind als Ergänzung bzw. Spezialisierung der allgemeinen Maßnahmen zu betrachten.

Spezifische Möglichkeiten zur **Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität** batterieelektrischer Fahrzeuge sind in Mitarbeiterflotten bspw. dadurch gegeben, dass die vorhandene Flotte (E-PKW) für eine erweiterte Nutzung freigegeben werden kann. Eine **Kombination möglichst disjunkter Nutzungsprofile** (bspw. Außendienstmitarbeiter und Wachpersonal) könnte betriebsintern wie betriebsübergreifend die Auslastung einer E-PKW-Flotte erhöhen. Eine einfache Möglichkeit besteht zudem darin, die Mitarbeiter zu motivieren, die **E-Fahrzeuge zusätzlich privat zu nutzen** (bspw. über das Wochenende, wie es Busch-Jaeger Elektro praktiziert). Auf diese Weise können zudem persönliche Erfahrungen dazu beitragen, die mitarbeiterseitige **Akzeptanz** zu fördern.

Eingehende Darstellung des
Forschungsprojekts „ELMO“

Mitarbeiterflotten, die über batterieelektrische Fahrzeuge verfügen, können zudem aufgrund des emissionsfreien Antriebs eine **Fahrzeugnutzung an Orten ermöglichen**, die aufgrund von Emissionsvorschriften **für Verbrennungsmotoren nicht zugänglich** sind. Beispielsweise könnten Techniker mit dringend benötigten Ersatzteilen mit dem E-Fahrzeug nicht nur über ein Werksgelände, sondern auch durch Fabrikhallen fahren; E-PKW wären an Flughäfen so flexibler einsetzbar, da sie nicht nur auf das Vorfeld beschränkt sind, sondern ebenfalls im Gebäude verkehren dürften.

Speziell bei Mitarbeiterflotten, die zumindest gelegentlich Reichweiten benötigen, die sich im Grenzbereich der E-Fahrzeuge oder darüber hinaus bewegen, ist anzuraten, Fahrzeuge mit **Range-Extender** zu beschaffen, so dass diese Einsatzflexibilität erhalten bleibt.

Zur **Bildung von Vertrauen und Akzeptanz** ist im Bereich von Mitarbeiterflotten darüber nachzudenken, die E-Flotte durch besonders begehrten E-Fahrzeuge (z. B. Sportwagen von BMW oder Tesla) auszustatten, die gezielt zur allgemeinen Anreizsetzung oder bei Mitarbeitern mit hohem Reiseanteil als Teil des Vergütungspakets eingesetzt werden.

2.7.3.3 Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit Dritten als Belieferungsziel

Die Leitfrage dieses Bereichs kann wie folgt formuliert werden: „Welche spezifischen Aspekte sind zu beachten, wenn Unternehmen Dritte in urbanen Räumen wirtschaftlich unter dem Einsatz von Elektromobilität beliefern wollen?“ Die hier systematisierten Aspekte sind stets als Ergänzung bzw. Spezialfall der zu Beginn strukturierten „allgemeinen Aspekte“ zu betrachten.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> E-Antrieb (Elektromotor und Rekuperationstechnik) besonders geeignet für Strecken mit hoher Stoppdichte 	<ul style="list-style-type: none"> Tourlängen können nur begrenzt flexibel angepasst werden Batterieeigenwicht führt oft zu geringerer Zuladungskapazität (d. h. Nutzlastverlust) Inflexibel bei eventueller Verlagerung von Fahrzeugen von einem Auslieferungsstandort zu einem anderen

Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> Feste Rahmentouren stecken planbare Reichweiten ab, so dass Fahrzeuge passend eingesetzt werden können Geräuscharmer Betrieb lässt auch Belieferung in sensiblen Bereichen (Wohnbebauung) zu Emissionsfreier Betrieb lässt auch Belieferung in geschlossenen Räumen (Fabrikhallen, Einkaufszentren etc.) zu 	<ul style="list-style-type: none"> Mit Batterieproblemen liegenbleibende Fahrzeuge müssen zwingend abgeschleppt werden, „Reservekanister“ existieren nicht

Tabelle 81: : Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen bei der Belieferung von Dritten

Best Practices für den gewerblichen Einsatz von Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit Dritten als Belieferungsziel

Wie zuvor werden die Aspekte der SWOT-Analyse in die drei genannten Bereiche aufgeteilt:

1. Maßnahmen zur Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität
2. Maßnahmen zur Reduktion spezifischer Einsatzrisiken
3. Maßnahmen zur Bildung von Vertrauen und Akzeptanz

Die im Folgenden genannten Aspekte sind als Ergänzung bzw. Spezialisierung der allgemeinen Maßnahmen zu betrachten.

Zur **Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität** batterieelektrischer Fahrzeuge bei der Belieferung von Dritten (d. h. nicht eigenen oder konzernverbundenen Standorten) sollte die Elektrifizierung dort primär vorangetrieben werden, wo sich die Effizienz des batterieelektrischen Antriebs gegenüber Verbrennungsmotoren besonders deutlich zeigt. Es darf erwartet werden, dass es sich hierbei um Strecken mit hoher Stoppverdichtung handelt. Daneben besteht noch die Möglichkeit, die emissionsfreie Lieferung als Dienstleistung zu offerieren und damit spezifische Kundengruppen zu erschließen. Wird bspw. zur Batterieladung ausschließlich Ökostrom genutzt, kann die Leistung „Grüne Distributionslogistik“ umweltaffinen Branchen angedient werden. Die Emissionsfreiheit der E-Antriebe kann zudem verwendet werden, um als Zielpunkt der Distribution auch geschlossene Gebäude anzubieten („Indoor Lieferung“). In Kombination mit einer Belieferung in Tagesrandzeiten sind so bspw. Konzepte denkbar, in denen Einkaufszentren („Shopping Malls“) abseits der Öffnungszeiten durch E-Fahrzeuge befahren werden.

Zusätzlich ist denkbar, dass die Laufruhe des E-Antriebs die **Belieferung abseits der Hauptgeschäftszeiten** gestattet (Abend- und/oder Nachtstunden), der für Verbrennungsmotoren aufgrund ihrer Geräuschentwicklung problematisch ist. Eine sichere Zustellung von Waren bspw. über verschließbare Paketboxen oder speziell gesicherte Übergabepunkte (mobile Wareneingangszelle) ist so möglich. Die dafür erforderliche enge Integration von Dienstleister und Empfänger erfordert eine enge Kundenbindung, die durch den Einsatz von nachts verkehrenden E-Fahrzeugen erst möglich wird. Als Nebeneffekt ist zu erwarten, dass die kilometerbezogenen Kosten (Fahrstrom) des Nachts geringer sind als tagsüber, da nachts verkehrsbedingt noch weniger Start-Stopp-Vorgänge zu erwarten sind, so dass die Verlegung von Belieferung in die Nacht höhere Ersparnisbeiträge verspricht als durch reine Elektrifizierung erreichbar.

Bei der Belieferung von Dritten sind zur **Reduktion spezifischer Einsatzrisiken** Konzepte denkbar, die die Idee des **Batteriewechsels** mit dem Prinzip des **Gliederzugs** verknüpfen: Wird die Traktionsbatterie teilweise oder ganz in den Auflieger ausgelagert, entsteht ein Batteriewechselkonzept, das höhere Einsatzflexibilität und Reichweiten gestattet sowie Risiken unzureichend geladener Batterien lindert. Es bleibt zu untersuchen, welche Effekte ein solches Konzept auf die Nutzlast der sich ergebenden Gespanne hat. In jedem Fall sind Tourenplanungssysteme zur Entscheidungsunterstützung in der Disposition nötig, die topologische Eigenschaften und historische Erfahrungen zu integrieren in der Lage sind (vgl. Erfahrungen der TEDI Logistik).

Mittelfristig erscheinen zur Erschließung größerer Servicegebiete Ansätze des **Platooning** untersuchenswert. Erfordert beispielsweise die Anfahrt in ein Tourgebiet die Überwindung einer Strecke von rd. 50 km (was der Distanz Herne-Börnig bis Stadtmitte Hamm, Westfalen, entspricht), verbleibt bei vielen E-Fahrzeugen aufgrund der langen An- und Abfahrtdistanz kaum eine nennenswerte Reserve um Roundtouren zu fahren. Werden jedoch mehrere E-LKW im Verbund von einem Führungsfahrzeug ins Zielgebiet geschleppt und dort im Verbund wieder eingesammelt, sind elektrifizierte Zustell- und Sammeltouren auch in Gebieten denkbar, die nach konventioneller Vorgehensweise betrachtet zu weit vom Depot entfernt sind.

Eingehende Darstellung des Forschungsprojekts „ELMO“

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: TEDI Logistik

2.7.3.4 Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit eigenen Standorten als Belieferungsziel

Die Leitfrage dieses Bereichs kann wie folgt formuliert werden: „Welche spezifischen Aspekte sind zu beachten, wenn Unternehmen Elektromobilität dazu nutzen wollen, eigene Standorte in urbanen Räumen mit Waren zu versorgen?“ Die hier systematisierten Aspekte sind stets als Ergänzung bzw. Spezialfall der zu Beginn strukturierten „allgemeinen Aspekte“ zu betrachten.

Stärken	Schwächen
<ul style="list-style-type: none"> E-Antrieb (Elektromotor und Rekuperationstechnik) besonders geeignet für Strecken mit hoher Stoppdichte 	<ul style="list-style-type: none"> Tourlängen können nur begrenzt flexibel angepasst werden Batterieeigenwicht führt oft zu geringerer Zuladungskapazität (d. h. Nutzlastverlust) Inflexibel bei eventueller Verlagerung von Fahrzeugen von einem Auslieferungsstandort zu einem anderen
Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> Feste Rahmentouren stecken planbare Reichweiten ab, so dass Fahrzeuge passend eingesetzt werden können Geräuscharmer Betrieb lässt auch Belieferung in sensiblen Bereichen (Wohnbebauung zu) Emissionsfreier Betrieb lässt auch Belieferung in geschlossenen Räumen (Fabrikhallen, Einkaufszentren etc.) zu Zusätzliche Ladevorgänge oder Batteriewechselsysteme auf Belieferungstour möglich 	<ul style="list-style-type: none"> Mit Batterieproblemen liegenbleibende Fahrzeuge müssen zwingend abgeschleppt werden, „Reservekanister“ existieren nicht

Tabelle 82: Stärken/Schwächen und Chancen/Risiken betrieblicher Elektromobilität in urbanen Räumen bei der Belieferung eigener Standorte

Best Practices für den gewerblichen Einsatz von Elektromobilität in Belieferungsverkehren mit eigenen Standorten als Belieferungsziel

Wie zuvor werden die Aspekte der SWOT-Analyse in die drei genannten Bereiche aufgeteilt:

1. Maßnahmen zur Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität
2. Maßnahmen zur Reduktion spezifischer Einsatzrisiken
3. Maßnahmen zur Bildung von Vertrauen und Akzeptanz

Die im Folgenden genannten Aspekte sind als Ergänzung bzw. Spezialisierung der allgemeinen Maßnahmen zu betrachten.

Zur **Erhöhung und Optimierung der Einsatzintensität** batterieelektrischer Fahrzeuge bei der Belieferung eigener oder konzernverbundener Standorte sollte die **Elektrifizierung dort primär vorangetrieben werden, wo sich die Effizienz des batterieelektrischen Antriebs gegenüber Verbrennungsmotoren besonders deutlich zeigt**. Es darf erwartet werden, dass es sich hierbei um Strecken mit hoher Stoppverdichtung handelt. Da eigene Standorte beliefert werden, kann die **Routenplanung strikt an die jahreszeitlich beeinflussbare Leistungsfähigkeit von E-Fahrzeugen angepasst** und damit eine Stilllegung von Fahrzeugen vermieden werden. Des Weiteren können **eigene Filialen mit Ladepunkten** oder Batteriewechselstationen ausgestattet werden und so den Einsatzradius der E-Fahrzeuge vergrößern. Auf diese Weise kann die Batterieladung über den Tag verteilt werden, parallel zu Be- und Entladevorgängen stattfinden, so dass ein **Mehrschichtbetrieb eines Fahrzeugs** nicht daran scheitert, dass Traktionsbatterien über mehrere Stunden vollgeladen werden müssen. Alternativ wäre denkbar, diese Reichweitenflexibilität durch das skizzierte integrierte Konzept von **Gliederzug und Batteriewechselsystem** zu erreichen. Im Falle der **Zwischenladung** ergibt sich ein besonderes Planungsproblem, nämlich die Identifikation der optimalen Standorte für Ladepunkte. Dieses Problem ist wechselseitig mit der Tourenplanung verknüpft und bislang Gegenstand der Forschung.

Der Mehrschichtbetrieb zur Erreichung einer höheren Auslastung der E-Fahrzeuge scheint gerade im Kontext der Belieferung eigener Standorte sinnvoll, da hier keine Friktionen in der Warenannahme zu erwarten sind. Es ist jedoch zu klären, inwiefern die Belieferungsprozesse im Falle der **Nachtlogistik** anzupassen sind, um zur herrschenden Lärmgesetzgebung konform zu sein. Dies ist eine Fragestellung, die das Fraunhofer IML aktuell im Projekt GeNaLog untersucht.

Daneben besteht noch die Möglichkeit, die **emissionsfreie Lieferkette** als Mittel zur Differenzierung gegenüber Wettbewerbern zu benutzen oder ggf. darüber neue Käuferschichten bzw. höhere Zahlungsbereitschaften zu erschließen.

Sollte der Ansatz einer Mehrschicht- oder 24-Stunden-Belieferung der eigenen Standorte verfolgt werden, ist zur **Reduktion spezifischer Einsatzrisiken** der E-Fahrzeuge wiederum eine verbesserte Entscheidungsunterstützung der Fahrzeugeinsatz- und Routenplanung erforderlich. Diese muss im Falle der Nachtverkehre zuverlässig abbilden, welche Routen unter Einhaltung von Lautstärkegrenzwerten technisch möglich sind und welche Gebiete ggf. mit reduzierter Geschwindigkeit zu befahren oder ganz zu meiden sind.

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML und jeweils einzeln genannte Partner

Im Rahmen von ELMO fand eine systematische Erprobung batterieelektrischer Fahrzeuge in verschiedenen gewerblichen Anwendungszwecken im urbanen Raum statt. Zusammengefasst darf resümiert werden, dass

- das zu Projektbeginn und zu Projektende vorhandene Marktangebot an batterieelektrischen Nutzfahrzeugen insbesondere im Bereich mittlerer und schwerer LKW den Ansprüchen der Nutzer (Flottenbetreiber) nicht gerecht wurde und wird. Dies liegt am zurückhaltenden Engagement der OEMs im Bereich Elektromobilität und öffnet verschiedenen kleinen und mittleren Unternehmen die Möglichkeit, Konversionslösungen anzubieten. Beispiele dafür sind die EMOSS B.V. oder die FRAMO GmbH (vgl. Erfahrungen Beschaffung CWS-boco, Konversionsfahrzeuge bei TEDi Logistik und UPS).
- Ladeinfrastruktur für betriebliche Anwender kein Entscheidungsfeld ist, das als besonders problematisch betrachtet wird. Gleichwohl ist genau abzuwägen, welche Technik angeschafft wird, da sonst Ladepunkte beschafft werden, deren tatsächliche Auslastung in keinem Verhältnis zu den damit verknüpften Kosten steht. Speziell das Bedürfnis nach Schnellladung ist vor diesem Hintergrund kritisch zu hinterfragen (vgl. Busch-Jaeger Elektro).
- flächendeckende Serviceinfrastrukturen für batterieelektrische Fahrzeuge nicht vorhanden sind, so dass Fahrzeugausfälle zahlreiche Sekundäreffekte auslösen (verlängerte Ausfallzeiten, zusätzlicher Transportaufwand etc.), die für einen wirtschaftlichen Betrieb nachteilig sind (vgl. Ausfälle bei CWS-boco, TEDi Logistik und UPS).
- mangelnde Erfahrungen auf Seiten potenzieller Nutzer die Gefahr bergen, ungeeignete Fahrzeuge zu beschaffen und damit entweder den gewünschten Anwendungszweck nicht bedienen zu können und/oder den wirtschaftlichen Betrieb gefährden. (vgl. Beschaffung bei Busch-Jaeger Elektro und CWS-boco).
- batterieelektrische Antriebe gerade in urbanen Räumen aufgrund der lokalen Infrastruktur und Verkehrsdichten gegenüber Verbrennungsmotoren technische Vorteile aufweisen: sie erzeugen weniger Lärmbelastungen und sind lokal emissionsfrei; zudem reduziert der Einsatz von Bremsenergie-rückgewinnungssystemen das Aufkommen von Feinstaub. Durch vorhandene Emissionsgesetzgebung (bspw. Errichtung von Umweltzonen etc.) entstehen bereits Anwendungsfelder, in denen E-LKW exklusiv eingesetzt werden können. Für die Ausnutzung der Laufruhe des batterieelektrischen Antriebs („Leise Logistik“, „Nachtlogistik“, „24-Stunden-Logistik“ etc.) fehlen solche Reglementierungen (vgl. Feldtest bei CWS-boco, TEDi Logistik und UPS).
- batterieelektrische Antriebe gerade in urbanen Räumen aufgrund der lokalen Infrastruktur und Verkehrsdichten gegenüber Verbrennungsmotoren wirtschaftliche Vorteile aufweisen: zahlreiche Start-Stopp-Vorgänge, gleich ob infrastrukturell oder durch den Anwendungszweck bedingt, führen zu einem hohen Kostenabstand zwischen Kraftstoff und Fahrstrom. Um mit diesen Ersparnissen auch tatsächlich einen wirtschaftlich sinnvollen Anwendungs-

zweck zu erreichen, müssen diese kumuliert und unter Beachtung von Zinseffekten die relativ hohen Einstandspreise der E-Fahrzeuge kompensieren können. Dies kann entweder extern über die relevanten Preise passieren (relative Verteuerung fossiler Kraftstoffe gegenüber Fahrstrom sowie Senkung der durch die Batteriekosten dominierten Anschaffungsmehrkosten eines E-Fahrzeugs) oder durch die Nutzer selbst, die nach einem für Dieselfahrzeugen unzugänglichen Mehrschichtbetrieb streben. Da die Lärmgesetzgebung diesen aktuell beschränkt, ist hier Handlungsbedarf gegeben (vgl. Feldtest bei allen Praxispartnern).

Fazit und weiterer
Forschungsbedarf

Aus den Feldtesterfahrungen der Partner ergeben sich zudem die folgenden Fragestellungen, die Ausgangspunkt für weitere Forschungsarbeiten sein können:

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Busch-Jaeger Elektro

- Bestehen bei elektrifizierten Dienstwagenflotten auf PKW-Basis geringere Akzeptanzhürden gegenüber E-Fahrzeugen als bei E-LKW?
- Welche technischen Potenziale bieten gewerbliche Dienstwagenflotten oder batterieelektrische betriebliche Pendlerfahrzeuge, um Schwankungen im lokalen Energieversorgungsnetz von Produktionsstätten ausgleichen zu können? Führen, falls vorhanden, derartige Potenziale zu einem substanziellen ökonomischen Anreiz zur Flottenelektrifizierung? Welche regulatorischen Anpassungen sind nötig, um die dafür erforderlichen flexiblen Stromtarife zu ermöglichen?
- Welchen Beitrag können „intelligente“ Ladepunkte durch Vehicle-to-Infrastructure- Kommunikation leisten, um den Einsatz gewerblicher E-PKW (Flottenmanager und Fahrer) insbesondere in reichweitenkritischen Bereichen zu unterstützen?
- Wie ist die Kommunikation von Ladeinfrastruktur und Fahrzeugen zu gestalten? Welche Kommunikationsschnittstellen werden benötigt?

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: CWS-boco

- Welchen Einfluss haben Netzwerkeffekte wie bspw. Marktpräsenz von Fahrzeuganbietern auf die operative Nutzbarkeit und damit die Wirtschaftlichkeit von E-Fahrzeugen in Flotten?
- Welchen Einfluss hat das lückenhafte Angebot an batterieelektrischen Nutzfahrzeugen auf wirtschaftlichen Einsatz bei einzelnen Unternehmen sowie die Verbreitung in gewerblichen Flotten insgesamt?
- Welches Potenzial bieten modularisiert aufgebaute Traktionsbatterien Herstellern und Nutzern, Fahrzeuge passgenau mit einer bestimmten Leistungsreserve (Reichweite) auszustatten, um einen wirtschaftlichen Fahrzeugeinsatz zu ermöglichen, ohne dass Reichweitenrestriktionen die Flexibilitäten im Fahrzeugeinsatz reduzieren?
- Welche Möglichkeiten bestehen trotz Angebotslücken bei Fahrzeugen und Instandhaltung batterieelektrische Nutzfahrzeuge in gewerblichen Flotten zu nutzen?
- Wie kann die Planungssicherheit für flottenplanerische Beschaffungsentscheidungen und tagtägliche Einsatzplanung verbessert werden, um zu

vermeiden, dass übermotorisierte Fahrzeuge erworben werden oder Fahrzeuge nicht optimal ausgelastet werden?

Fazit und weiterer
Forschungsbedarf

- Welche Rolle spielen Menschen als Entscheider (Flottenmanager, Tourenplaner, Einsatzplaner etc.) als Erfolgsfaktor für die betriebliche Elektromobilität? Welche Maßnahmen wären geeignet, um Vertrauen zu bilden/stärken? Welchen Einfluss hätten solche Maßnahmen?

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: TEDI Logistik

- Wie ist das Problem einer integrierten Touren- und Standortplanung für Zwischenladepunkte im Bereich der Filialversorgung zu lösen?
- Welches Potenzial bieten Konzepte der „Leisen Logistik“ oder „Nachtbelieferung“, um gewerbliche Elektromobilität wirtschaftlich sinnvoll einsetzen zu können? Welche regulatorischen Erfordernisse gibt es? Welche Erfahrungen aus dem Ausland (z. B. niederländische PIEK-Zertifizierung) können auf Deutschland übertragen werden?
- Welche Nutzervorteile müssen von Seiten der Kommunen gewährt werden, um elektromobile „Nachtbelieferung“ für Logistikdienstleister als attraktives Geschäftsfeld zu etablieren?
- Wie könnte eine Zertifizierung von „leiser Logistik“ erfolgen, die neben dem Elektromotor auch das gesamte Logistikequipment (Laderampen, Rollcontainer, etc.) berücksichtigt. Was muss zudem für einen integrierten Ansatz neben Fahrerschulung und leisen Prozessabläufen noch aufgenommen werden?

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: TEDI Logistik, UPS

- Wie kann ein Ansatz gemeinsamer Fahrzeugkonversion (UPS Deutschland und EFA-S oder TEDI Logistik und EMOSS B.V.) eine echte Fahrzeugentwicklung und schließlich den Aufbau einer Serienproduktion von Elektronutzfahrzeugen unterstützen? Welche flankierenden unternehmerischen und/oder wirtschaftspolitischen Maßnahmen sind hier ggf. nötig?
- Welches wirtschaftliche Potenzial bietet die Fahrzeugkonversion mittelständischen Betrieben in Deutschland? Kann auf diesem Weg das nötige spezifische Fachwissen erworben werden, um daraus mittelfristig zu einem E-Fahrzeuganbieter zu wachsen? Inwiefern sollten Konversionsansätze berücksichtigt werden, wenn es darum geht, Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu machen?

Hauptverantwortlich für den folgenden Abschnitt: Fraunhofer IML

- Welche Maßnahmen können Flottenbetreiber selbst treffen, um trotz ungünstiger Energiepreiskonstellationen, z. B. langfristiger Preisverfall bei Dieselmotoren bei zugleich stabilen oder ansteigenden Strompreisen, beim Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge dennoch operative Kosteneinsparungen zu realisieren?
- Wie kann eine flexible Verlegung von Fahrzeugen zwischen einzelnen Standorten gelingen, wenn diese weiter voneinander entfernt liegen als die maximale Fahrzeugreichweite?

- Welche Möglichkeiten bestehen, das kombinierte elektrische Potenzial der ladenden E-Fahrzeuge (bidirektionale Verbindung) zu nutzen, um interne Lastspitzen in der Paketsortierung abzufedern oder um den Ausgleich von Netzschwankungen als Dienstleistung anbieten zu können (Smart Grid)?
- Welches Potenzial und neue Einsatzfelder für E-Fahrzeuge eröffnen Ansätze des autonomen Fahrens und/oder des Platoonings, bei denen Verbände aus konventionell und batterieelektrisch angetriebenen Fahrzeugen gebildet werden?
- Wie können die Erkenntnisse aus dem Bereich „Leise Logistik“ auf gänzlich andere Logistikbereiche, z. B. Hafenbetrieb übertragen werden?
- Welche Nutzungsmöglichkeiten bestehen für Second Life Batterien, also Traktionsbatterien, die aufgrund eines nutzungsbedingten Kapazitätsrückgangs ersetzt wurden? Können diese ggf. die betriebliche Ladeinfrastruktur sinnvoll ergänzen oder die Integration einer regenerativen Eigenstromversorgung unterstützen?

.....
 Fazit und weiterer
 Forschungsbedarf

4 Publikationen

Die folgenden Publikationen entstanden im Rahmen des Projekts ELMO:

- Schaumann, H.: Transporter unter Strom, in: Logistik entdecken Ausgabe #13, Internet der Dinge, 2012, S. 38-39
- Clausen, U.; Stütz, S.; Bernsmann, A.: Baustein Logistik, in: MM. Das österreichische Industriemagazin, Nr. 17, 2013, S. 62-63.
- Schaumann, H.: Development of a Concept for Inner-City Delivery & Supply Utilising Electromobility, in: Clausen, U.; ten Hompel, M.; Klumpp, M.: (Hrsgs.): Efficiency and Logistics, 2013, S. 121-127.
- Stütz, S.: Elektromobilität in der Logistik: Tagungsband / 7. FOM-Forum Logistik, Duisburg, 9. Oktober 2013, S. 13-31
- Rüdiger, D.; Schellert, M.; Stütz, S.: Spannende Perspektiven, in: DZV Themenheft Alternative Antriebe, 2014, S. 18-19
- Stütz, S.: Emissionsfrei, energiearm und leise, in: DVZ, Nr. 69, 2015, Themenheft Lebensmittel und Frischelogistik, 2015, S. 5
- Stütz, S.: Pionierarbeit für die Zukunft des Verkehrs, in: Logistik entdecken Ausgabe #16, Digitalisierung und Industrie 4.0, 2015, S. 52-53
- Vastag, A.; Schaumann, H.: Einsatzszenarien der Elektromobilität, in: Wolf-Kluthausen, H. (Hrsg.): Jahrbuch der Logistik 2012, 2012, S. 34-37

5 Anlagen

.....
Anlagen
.....

- Ergebnistabellen AP 1.1: Stand der Technik

Maximal bewältigbare Steigung in %	Nettopreis in EUR	Klassifizierung	Entwicklungsstand	Marktverfügbarkeit	Besonderheiten	Preis
k.A.		50300 LKW	in Serie	released	Drei verschiedene Batterieversionen (Go Green 18 kWh Li-Ion, 43 kWh Bleiakku, 60x200 Ah 3.6 V Li Module mit Lebensdauer 100 Zyklen)1.4 Euro pro 100 km28 kWh pro km	50300
k.A.	k.A.	LKW	Studie	k. A.	Verschieden Aufbauten (Planen, Käfig, Customized)	
k.A.	k.A.	LKW	Studie	k. A.	Verschieden Aufbauten (Planen, Käfig, Customized)	
k.A.		42600 LKW	in Serie	2010		
k.A.		170000 PKW	Prototyp	2012	auch mit Blei-Säure-Akku, NXR City (RW 80 km, Höchstgeschwindigkeit 80 km/h) Per Mobiltelefon kann 10-15 km Extrareichweite aktiviert werdenLade-Statusabfrage über Mobiltelefon	42,600 + MwSt 17,000(voraussichtlich)
k.A.		19490 PKW	in Serie	released		19,490 (inkl. Akku)
5 k.A.		LKW	in Serie	released		
k.A.		8400 LKW	in Serie	released	kann sowohl On- als auch Off-Road fahrenverschiedenes Equipment für den Cargotransport sind möglich, wie Pritschen und Boxen	
k.A.		29550 PKW	in Serie	2010		29,550 + MwSt
k.A.		22800 PKW	in Serie	released	3,000 Ladezyklen Batterie	22800
6 k.A.		LKW	in Serie	released	25 % Steigung maximal fahrbar, aber nicht mit Vollspeed	
18 k.A.		LKW	in Serie	released	Basis Fiat Fiorino	
k.A.		41990 PKW	in Serie	released	2,200 Ladezyklen	41990
k.A.		3590 Zweirad	in Serie	released	300 bis 500 Ladezyklen AkkuAnder Versionen erhältlich mit höherer Leistungund anderen Li-Ion Akkus	3590
k.A.		17400 LKW	in Serie	released	Li-Ion Upgrade möglichAuflade Upgrade möglichMotor Upgrade möglich	17400
16 k.A.		LKW	in Serie	released	ECO-Modus für EnergieeinsparungKastenwagen, Pritsche, Kombikeine Einschränkung Laderaum, da Unterflurtechnikbis 1,000 Ladezyklen Akku (130,000 km)jauch mit 60 kW Motor	
16 k.A.		100000 LKW	in Serie	released	ECO-Modus für EnergieeinsparungKastenwagen, Pritsche, Kombikeine Einschränkung Laderaum, da Unterflurtechnikbis 1,000 Ladezyklen Akku (130,000 km)	100,000(davon 70,000) Batterie
k.A.		39000 PKW	in Serie	2010	5,000 bis 10,000 Ladezyklen	39000
k.A.	k.A.	Dreirad	Prototyp	k. A.	Gilt nicht als normales Lieferfahrzeug, Lieferzeiten gelten also nichtZugmaschine mit bis zu drei Anhängern, Fahrer lenkt im stehenkeine Einschränkungen bei Rampenfahrten (Steigungen) kein Wetterschutz des Fahrers.Kann theoretisch bis zu 20 Anhänger ziehen mit ca. je 50 Paketen, 8 h Akkulaufzeit	
k.A.	k.A.	Dreirad	in Serie	released	Kühlung des Transportraums möglich	
36,8		13800 PKW	in Serie	released	Akkulebensdauer 40,000 kmLaufdauer begrenzt auf 4 h	13800
39,8		14600 LKW	in Serie	released	Akkulebensdauer 40,000 kmLaufdauer begrenzt auf 4 h	14600
k.A.		35000 PKW	in Serie	released	Erweiterung der Reichweite möglich auf 160 km mit 20 kWh Akku	35000
k.A.		86250 LKW	in Serie	released	verschiedene Längen für Aufbauten möglichVerschiedene Aufbauten möglich (Kühl-Box, High Roof, Kipper, Extended Box Van, Hebebühne)Garantie auf Batterie für 161,000 km	ab 86,250
k.A.		86250 LKW	in Serie	released	Verschiedene Längen der Box (Medium / Long / EL)(beeinflussen Zuladung)Garantie auf Batterie für 161,000 kmca. 3.5 Euro pro 100 km Betriebskosten	ab 86,250(ohne Aufbau)
k.A.		86250 LKW	in Serie	released	Garantie auf Batterie für 161,000 kmVerschiedene Längen der Box (Medium / Long / EL)(beeinflussen Zuladung)	ab 86,250
k.A.	k.A.	LKW	in Serie	2010	Mit externer Schnellladestation 1 hErweiterung der Reichweite auf 100 km möglich	
15		17300 LKW	in Serie	released	auch mit Blei-Akku möglich (70 km RW, 58 km/h)	20,600 (inkl. MwSt)
k.A.	k.A.	PKW	in Serie	2011	200,000 km Lebensdauer BatteriePhotovoltaik auf dem Dach	
k.A.		8720 Zweirad	in Serie	released	1,000 Ladezyklen Akku	8720
k.A.		20000 LKW	in Serie	2011	Batterie wird ausschließlich geleased ab 72 Euro pro Monat.	20000
k.A.	k.A.	LKW	in Serie	released	verschiedene Aufbauten möglich (Hebebühne, Pritsche, Koffer)	
k.A.		4000 PKW	in Serie	released		3,400 bis 4,000
18		12990 Dreirad	in Serie	released	Anmeldung als Leichtkraftfahrzeug möglich (Versicherung)verschiedene Akkuversionen möglich (Geschwindigkeit)	
k.A.		28998 LKW	in Serie	released	verschiedene Aufbauten (Pick-Up, Kipper, Transportbox)verschiedene Batterieversionen (Blei-Säure (Li-Ion) (unterschiedliche Reichweiten)	12998
k.A.		4199 Zweirad	in Serie	released		4199
k.A.		1799 Zweirad	in Serie	released		1799
k.A.		17999 PKW	in Serie	released	andere Batterie möglich Blei-Säure-Akku mit 50 km Reichweite (13,999)	17999
k.A.		23990 PKW	in Serie	released	Superfast 380 V Ladegerät 3,248 Euro	23990
k.A.		101689 LKW	in Serie	released	Akkulaufzeit 6-8 Stunden drei verschiedene Aufbauten (Box, Kühlbox, Aerodynamic Box)3 verschiedene Radstände100 Zyklen Akku GarantieAkku als 80 oder 120 kWh	ab 101,689
k.A.		101689 LKW	in Serie	released	Akkulaufzeit 6-8 Stunden drei verschiedene Aufbauten (Box, Kühlbox, Aerodynamic Box)3 verschiedene Radstände100 Zyklen Akku GarantieAkku als 80 oder 120 kWh	ab 101,689
k.A.		101689 LKW	in Serie	released	Akkulaufzeit 6-8 Stunden drei verschiedene Aufbauten (Box, Kühlbox, Aerodynamic Box)3 verschiedene Radstände100 Zyklen Akku GarantieAkku als 80 oder 120 kWh	ab 101,689
k.A.		68547 LKW	in Serie	released	es gibt 4 verschiedene Aufbauten (Box, Kühlbox, verschiedene Pritschen)1000 Ladezyklen Garantieverschiedene Radstände (Medium / Long / Long EF)	ab 68,547
k.A.		68547 LKW	in Serie	released	es gibt 4 verschiedene Aufbauten (Box, Kühlbox, verschiedene Pritschen)1000 Ladezyklen Garantie	ab 68,547
k.A.		68547 LKW	in Serie	released	Mit Medium oder High-Roofverschiedene Radstände (Medium / Long / Long EL)1000 Ladezyklen Garantie	ab 68,547
k.A.		68547 LKW	in Serie	released	Mit Medium oder High-Roof1000 Ladezyklen Garantie	ab 68,547
k.A.		68547 LKW	in Serie	released	Mit Medium oder High-Roofverschiedene Radstände (Medium / Long / Long EL)1000 Ladezyklen Garantie	ab 68,547
k.A.		68547 LKW	in Serie	released	Mit Medium oder High-Roof1000 Ladezyklen Garantie	ab 68,547
k.A.	k.A.	PKW	in Serie	released	Batterie wird nur vermietet (Herstellerrisiko)jauch mit Li-Ion Batterie 22 kWh	ab 68,547
k.A.		2999 Zweirad	in Serie	released	Fahrradwege dürfen mit Zusatzzeichen "Mofa" genutzt werden	2999
k.A.	k.A.	PKW	in Serie	released	800 Ladezyklen Batterie	
36 k.A.		PKW	in Serie	released	800 Ladezyklen Batterie	
k.A.	k.A.	LKW	in Serie	released	800 Ladezyklen Batterie	
47 k.A.		Zweirad	in Serie	released		
k.A.		LKW	in Serie	released	verschiedene Aufbauten (Box, Pritsche Flach, Schlepper)	
5 k.A.		LKW	in Serie	released	Verschiedene Aufbauten (Planen, Käfig, Customized)	
k.A.		LKW	in Serie	released	Auch als Double Cab Version für 2 Personen	
k.A.		25480 LKW	in Serie	released	verschiedene Aufbauten (Pritsche, Kasten, flacher Kasten)und Ausstattungen (Rundumleuchte, 3. Sitz, Anhängerkupplung mit 450 kg)	25480
k.A.		29430 LKW	in Serie	released	verschiedene Aufbauten (Pritsche, Kasten, flacher Kasten)und Ausstattungen (Rundumleuchte, 3. Sitz, Anhängerkupplung)	29430
20 k.A.		LKW	Prototyp	2010	Offener Laderaum mit Trennwand möglich	
k.A.	k.A.	LKW	Prototyp	2011		
k.A.	k.A.	PKW	Prototyp	2012	auch als 45 Version Klasse Stop-Speed 45 km/h	
k.A.		15000 PKW	Prototyp	2012	Batterie wird ausschließlich geleased	15,000(voraussichtlich)
k.A.	k.A.	PKW	Prototyp			
k.A.		52000 PKW	Umrichtung	released	Toyota Scion-Umbau	51,880 (Umbau 39,880 + Fzg. 12,000)
k.A.		18300 Dreirad	in Serie	released	Capacity-boost Batterie pack erlaubt 25 % mehr ReichweitePerformance Package 2800 € mit 288 Volt 90 Ah Batterie	18300
k.A.	k.A.	PKW	in Serie	2010	nur Leasing möglich vorerst 500 pro Monat	
k.A.	k.A.	LKW	in Serie	released		
k.A.	k.A.	PKW	Konzept	2011	Außenhülle enthält Photovoltaik-Module (RW 12bis 18 km)Auch mit Li-Ion Akku RW 145 km	
k.A.	k.A.	PKW	Konzept	2012		
k.A.	k.A.	PKW	Prototyp	2013	verfügt über ein Solardach	
k.A.	k.A.	PKW	Prototyp	2012		
20 k.A.		LKW	Prototyp	released		
k.A.		23945 PKW	in Serie	2010	Solar Spillervorrest nur in Ländern erhältlich mit SteuerersparnisReichweiten:ideal Driving: 222 kmSuburban: 169 kmHighway: 113 kmCross-Town: 109 kmUrban Stop&Go: 100 kmBatterieleben 5 Jahre noch 80 % Kapazität	23,945(36 Monate 379 Euro Batterie Leasing + 1,420 Euro AnfangszahlungUS 5,330 Euro Steuerrabatt +3350 Euro Kalifornienkosten für Ladestation nich eingerechnet)
18 k.A.		LKW	in Serie	released	Batteriegarantie 4 Jahre oder 1500 KreisläufeSh maximale Laufzeit Batteriekurze und lange Version möglich (kurz nur 25 km/h)andere Batteriekonfiguration möglichverschiedene Aufbauten (Pritsche mit Seitenwänden, Kippbare Pritsche, Kastenwagen mit Jalousie, Pritsche mit Plane, isometrischer Kastenwagen, Müllkipper, Kipper mit Flügeltür, Reingeraufsätze)Anhänger möglich mit 1100 kg zusätzlicher Nutzlast)	
18 k.A.		LKW	in Serie	released	Batteriegarantie 2 Jahre oder 800 KreisläufeSh maximale Laufzeit Batteriekurze und lange Version möglich (kurz nur 25 km/h)andere Batteriekonfiguration möglichverschiedene Aufbauten (Pritsche mit Seitenwänden, Kippbare Pritsche, Kastenwagen mit Jalousie, Pritsche mit Plane, isometrischer Kastenwagen, Müllkipper, Kipper mit Flügeltür, Reingeraufsätze)Anhänger möglich mit 1100 kg zusätzlicher Nutzlast)	
20 k.A.		LKW	in Serie	released	Aufbauten (Kipper, Hebebühnen etc)Anhänger möglich	

<http://www.citroen.de/business/aktuelles/elektrofahrzeuge-ab-1-10-bestellbar/#/business/nfz/berlingo-first-electric/>

http://www.focus.de/auto/news/nissan-leaf-elektroauto-2010-serienref_aid_422928.html

	BJE	CWS	TEDI	UPS
Personen (exkl. Fahrer)	4	0	1	1
Zuladung in KG	100	2.000	4.800	3.500
Reichweite	100	60	200	75
Schnellladung	ja	nein	ja	nein
Spezialanforderungen	Leichtes Dienstgepäck	Hebebühne	Standheizung	Fahrerkabine und Laderaum verbunden
Ergebnis: Anzahl geeigneter Fahrzeuge	9	7	0	0

Modellidentifikation	BJE	Geeignete Fahrzeuge	9	CWS	Geeignete Fahrzeuge	7	TEDI	Geeignete Fahrzeuge	0	UPS	Geeignete Fahrzeuge	0
----------------------	-----	---------------------	---	-----	---------------------	---	------	---------------------	---	-----	---------------------	---

FahrzeugNr	Fahrzeug (Hersteller und Modell)	Filterung	Nachbetrachtung	Ergebnis	Filterung	Nachbetrachtung	Ergebnis	Filterung	Nachbetrachtung	Ergebnis	Filterung	Nachbetrachtung	Ergebnis
1	Fiat Doblo Cargo Micro-Vett	0		0		0	0	0		0	0		0
2	Bluebird Automotive QEV90	0		0		0	0	0		0	0		0
3	Bluebird Automotive QEV120 7.5 t / 10 t	0		0		0	0	0		0	0		0
4	Citroen& Venturi Berlingo First Electric	0		0		0	0	0		0	0		0
5	Smiles REVA NXR Intercity	0		0		0	0	0		0	0		0
6	Aixam Mega e-City Elektro	0		0		0	0	0		0	0		0
7	Balqon Corporation Mule M150	0		0		1 keine Hebebühne	0	0		0	1 Keine Verbindung Laderaum und Kabine		0
8	Chrysler Global Electric Motorcars GEM eL XD	0		0		0	0	0		0	0		0
9	Citroen C-Zero	1		1		0	0	0		0	0		0
10	Electric Car Corporation C1 ev'ie	1		1		0	0	0		0	0		0
11	Dynasty Electric Car Company IT Utility 2-Passenger NEV	0		0		0	0	0		0	0		0
12	Micro Vett Fiorino E-Cargo	0		0		0	0	0		0	0		0
13	German e Cars Stromos	1		1		0	0	0		0	0		0
14	Govecs GO! S1.2	0		0		0	0	0		0	0		0
15	Green Vehicles Moose 5 Door Extra Cargo	0		0		0	0	0		0	0		0
16	IVECO Daily Electric (35 S) 3.5 t	0		0		1 keine Hebebühne	0	0		0	0		0
17	IVECO Daily Electric (50 C) 5.2 t	0		0		1 keine Hebebühne	0	0		0	0		0
18	LUIS& Zotye International 4U green	1		1		0	0	0		0	0		0
19	Tünkers Maschinenbau Micro Carrier	0		0		0	0	0		0	0		0
20	Masterflex Cargobike	0		0		0	0	0		0	0		0
21	Miles Electric Vehicles ZX40S Advanced Design	0		0		1 nur max. 40 km/h	0	0		0	0		0
22	Miles Electric Vehicles ZX40ST	0		0		0	0	0		0	0		0
23	Mitsubishi i MiEV	1		1		0	0	0		0	0		0
24	Modec Chassis Cab	0		0		1	1	0		0	0		0
25	Modec Box Van	0		0		0	0	0		0	0		0
26	Modec Dropside	0		0		1	1	0		0	0		0
27	Phoenix Motorcars SUT	0		0		0	0	0		0	0		0
28	Piaggio Porter Electric-Power	0		0		0	0	0		0	0		0
29	Pininfarina & Bolloré batScap Bluecar	1		1		0	0	0		0	0		0
30	Quantya Squter P1	0		0		0	0	0		0	0		0
31	Renault Kangoo Elect'road ZE	0		0		0	0	0		0	0		0
32	Renault Trucks Maxity Electric	0		0		1	1	0		0	0		0
33	Shandong Baoya Vehicle XFD600ZK	0		0		0	0	0		0	0		0
34	Smiles City EL	0		0		0	0	0		0	0		0
35	Smiles Beepo Pony	0		0		0	0	0		0	0		0
36	Smiles ELMOTO	0		0		0	0	0		0	0		0
37	Smiles GoCycle	0		0		0	0	0		0	0		0
38	Smiles REVA i-Lithium	0		0		0	0	0		0	0		0
39	Smiles Tazzari ZERO	0		0		0	0	0		0	0		0
40	Smith Newton Range 7.5 t	0		0		1	1	0		0	0		0
41	Smith Newton Range 12 t	0		0		1	1	0		0	1 Keine Verbindung Laderaum und Kabine		0
42	Smith Newton Range 10 t	0		0		1	1	0		0	1 Keine Verbindung Laderaum und Kabine		0
43	Smith Edison Chassis Cab 3.5 t	0		0		0	0	0		0	0		0
44	Smith Edison Chassis Cab 4.6 t	0		0		1	1	0		0	0		0
45	Smith Edison Panel Van 3.5 t	0		0		0	0	0		0	0		0
46	Smith Edison Panel Van 4.6 t	0		0		0	0	0		0	0		0
47	Smith Edison Panel Van 3.5 t	0		0		0	0	0		0	0		0
48	Smith Edison Panel Van 4.6 t	0		0		0	0	0		0	0		0
49	Think Global AS Think City	0		0		0	0	0		0	0		0
50	Ultra Motor A2B Metro	0		0		0	0	0		0	0		0
51	YUXIN VEHICLE FA4A	0		0		0	0	0		0	0		0
52	YUXIN VEHICLE HL9A	0		0		0	0	0		0	0		0
53	YUXIN VEHICLE FC4A	0		0		0	0	0		0	0		0
54	YUXIN VEHICLE HXS16V1	0		0		0	0	0		0	0		0
55	Zero Truck All Electric Medium Duty Truck	0		0		1 keine Hebebühne	0	0		0	0		0
56	Bluebird Automotive QEV70	0		0		0	0	0		0	0		0
57	Bluebird Automotive XDV	0		0		0	0	0		0	0		0
58	EcoCraft Automotive EcoCarrier ES Short (2 EP)	0		0		0	0	0		0	0		0
59	EcoCraft Automotive Eco Carrier EL Long (4 EP)	0		0		0	0	0		0	0		0
60	Ford& Azure Dynamics Transit Connect Electric	0		0		0	0	0		0	0		0
61	Mercedes-Benz Vito E-CELL	0		0		0	0	0		0	0		0
62	Renault Twizy 75	0		0		0	0	0		0	0		0
63	Renault ZOE Preview	0		0		0	0	0		0	0		0
64	BMW Mini E	0		0		0	0	0		0	0		0
65	AC Propulsion eBox	1		1		0	0	0		0	0		0
66	Green Vehicles Triac	0		0		0	0	0		0	0		0
67	Peugeot Ion	1		1		0	0	0		0	0		0
68	Renault Trucks & PVI Midlum Electric	0		0		0	0	0		0	0		0
69	Fiat Phylla	0		0		0	0	0		0	0		0
70	Toyota FT-EV II	0		0		0	0	0		0	0		0
71	Volkswagen E-Up	0		0		0	0	0		0	0		0
72	Mercedes-Benz smart fortwo electric drive	0		0		0	0	0		0	0		0
73	Applus IDIADA Group E-Cabstar	0		0		0	0	0		0	0		0
74	Nissan Leaf SL	1		1		0	0	0		0	0		0
75	Goupil G3-2	0		0		0	0	0		0	0		0
76	Goupil G3-1	0		0		0	0	0		0	0		0
77	Blucar GOLIA	0		0		0	0	0		0	0		0

Kürzel	Bezeichnung	Beschreibung	Fahrzeugklasse	Zuladung in KG	Reichweite in KM	Geschwindigkeit in KM/H	mitzunehmende Personen	24/7 Verfügbarkeit gefordert?	Sonderanforderungen bestehend?
KEPG	KEP stadtnah	Stadtnahe Zustellfahrten und Touren in der Stadt und nahen Umgebung. "Größere" Transporter kommen zum Einsatz, da verhältnismäßig längere Wege bzw. Touren zurückgelegt werden müssen.	über 3,5t	1500	110	80	1	nein	nein
KEPK	KEP städtisch	Citynahe Zustellfahrten meist mit PKW-artigen Fahrzeugen und kleineren Sendungsaufkommen. Autobahn- und Zubringerfahrten sind selten. Fahrzeuge müssen klein und wendig sein um sich im Citynahen Umfeld erleichtert bewegen zu können. Aufgrund der Sendungsstruktur werden im regionalen bzw. städtenahen KEP-Transport meist PKW und PKW-Kombi Modelle (48 %, KEP Hamburg) sowie auch Kleintransporter (34%, KEP Hamburg) genutzt. Beide Fahrzeugarten können in der Regel mit dem Klasse B Führerschein gefahren werden. (Unter 3.5 t Gesamtgewicht)	bis 3,5t	500	110	80	1	nein	nein
KEPC	KEP Kurier	Besonders der Einsatz von Fahrräder (6 % Anteil der KEP Fahrzeuge) spielt eine wichtige Rolle in der regionalen Belieferung. Sogenannte Biker & Walker (Fahradkurier und Fußboten) können in dicht befahrenen Straßen und in restriktiven Zonen ihre Vorteile ausspielen. So können sie beispielsweise Staus und Ampelschaltungen relativ einfach umgehen. Maximale Zuladungen von 180 kg sind auf einem Zweirad mit verstärktem Rahmen möglich. Um die Vorteile dieser Fahrzeuge zu gewährleisten muss es sich um Fahrradähnliche Gefährte handeln.	leichtes KFZ	10	60	20	1	nein	ja
CABS	Taxi und Fahrdienste	Taxi- und Fahrdienste. Einige Taxizentralen kooperieren mit Vermittlungszentralen der Kuriere. So führen diese neben dem eigentlichen Kerngeschäft des Personentransports auch Kurierfahrten außerhalb der KEP Geschäftszeiten sowie am Wochenende durch. Kleiner Laderaum im Fahrzeug ist außerdem für Koffer und Gepäck von Fahrgästen von Nöten. (Flughafen/Bahnhof Fahrgäste) In der Regel ist ein gewöhnlich dimensionierter Kofferraum ausreichend. Die Fahrzeuge sollten mit dem Klasse B Führerschein fahrbar sein. (Unter 3.5 t Gesamtgewicht)	bis 3,5t	40	140	100	4	nein	nein
CARS	Car-Sharing städtisch	Verleihmodell von Fahrzeugen an Kunden für temporäre Nutzung des Fahrzeuges.	bis 3,5t	15	90	80	2	nein	nein
HWD	Handwerkerdienste	Privatwirtschaftliche Handwerkerarbeiten, Reparatur- und Wartungsarbeiten.	über 3,5t	100	100	80	2	nein	nein
FWB	Frischwarebelieferung	Kühl- und Gefriergut, allgemein Temperatur sensibles Gut wie Nahrung, Blumen, Medikamente, etc... Ziele sind Supermärkte, Privathaushalte, Apotheken, Gaststätten und Hotels.	über 3,5t	500	80	80	1	nein	ja
ENTS	Entsorgung	Dienste für Abfallentsorgung, Mülltonnenleerung, Waste & Recycling Services. Ziele sind meist außerstädtische Abfallsammelnpunkte, daher mittlere bis lange Wegstrecken.	über 3,5t	2500	110	65	3	nein	nein
OKS	Kommunale Dienste	Sonstige Kommunale Dienste wie Grünanlagenpflege, Parkanlagenpflege, Infrastrukturwartung- und Reparatur. Reparatur und Wartung von Gebäuden und Anlagen (Suprastruktur).	über 3,5t	100	60	40	2	nein	nein
FZB	Fußgängerzonenbelieferung	Belieferung direkt in der Fußgängerzone (letzte Meile zum Kunden). Dort sind keine größeren Fahrzeuge erlaubt bzw. möglich. In diesen Zonen herrscht eine sehr strikte Regelung bezüglich Emissionen von Schadstoffen und Lärm. Touren werden innerhalb von Fußgängerzonen geplant, es werden also neben Straßen auch Passantenwege innerhalb der Stadt als Fahrwege genutzt. Eine leicht erhöhte Schrittgeschwindigkeit und kurze Gesamtreichweiten in der Fußgängerzone sind ausreichend um von einem Fußgängerzonen nahen Hub kleine Touren durchzuführen.	leichtes KFZ	450	10	3	1	nein	nein
VVSN	Verteilerverkehr Stadt (Nahverkehr)	Verteilerverkehr in der Stadt und Umgebung durch Expeditionen oder interne Fuhrparks der Unternehmen. Sowohl Touren mit Teilladungen als auch Ganzladungen für bestimmte Destinationen. Am häufigsten kommen dabei LKW und Kleintransporter zum Einsatz. In City-Logistik Kooperationen werden meist Fahrzeuge mit 3.5 oder 7.5 t Gesamtgewicht genutzt.	über 3,5t	500	80	80	1	nein	nein
VVSF	Verteilerverkehr Stadt (Fernverkehr)	Größere LKW auf längeren Strecken die überwiegend auf Zubringerstraßen, Autobahnen stattfinden. Ziele sind Großmärkte und Filialen des Lebensmittelhandels. Sie werden oft durch hoch ausgelastete große LKW versorgt. (höhere Zuladungen gefordert)	über 3,5t	7000	180	80	1	nein	nein
CITS	Spezialisierte Bringdienste	Services wie Bringdienste (Pizza, Speisegerichte im allgemeinen), Schornsteinfegerdienste, Zeitungskuriere oder ähnliche. Die geforderte Zulademöglichkeit sollte nicht überdimensioniert sein, sodass das Fahrzeug mit einem Klasse B Führerschein gefahren werden kann, da in diesen Branchen bezüglich der Fahrerlaubnis keine höheren Anforderungen an das Personal üblich sind.	bis 3,5t	40	90	50	1	nein	nein
BAUV	Baustellenverkehre	Ver- und Entsorgungsverkehre für Baustellen und auf dem System Baustelle selbst. Baustellen sind oft gekennzeichnet von unebenen Geländen und Steigungen (Off-Road Bedingungen) Transportiert werden meist Schüttgüter wie Steine und Erden mit Hilfe von Kippnern. Oft sind Fahrzeuge auch ausgestattet mit Fahrzeugkränen für Be- und Entladung.	über 3,5t	10000	100	80	1	nein	ja

Anzahl geeigneter Fahrzeuge nach Profil
10
8
4
6
31
11
11
4
12
1
11
1
39
0