

FuE-Programm "Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der Elektromobilität" des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Abschlussbericht

Vorhabenbezeichnung:
CO2-Emissionseinsparungen durch den Einsatz von E-Fahrzeugen in Nutzfahrzeugflotten - Ecargo

Laufzeit des Vorhabens:

vom: **01.10.2012**

bis: **31.03.2015**

Zuwendungsempfänger:

Volkswagen AG

Förderkennzeichen:

16EM1071



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz,
Bau und Reaktorsicherheit



Erneuerbar
mobil

VDI|VDE|IT

I. Executive Summary

Unternehmen und öffentliche Einrichtungen sind zum Teil auf große Fahrzeugflotten angewiesen. Die von der Bundesregierung formulierten Ziele bezüglich der Verbreitung von Fahrzeugen mit elektrifiziertem Antrieb sind nur unter Berücksichtigung der Bedürfnisse gewerblicher Kunden zu erreichen.

Das Vorhaben – CO₂-Emissionseinsparungen durch den Einsatz von E-Fahrzeugen in Nutzfahrzeugflotten – Ecargo – gefördert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit fokussierte mit seinen Projektzielen genau das Segment der gewerblichen Kunden. Das Projekt gliederte sich in daher zwei zentrale Teilprojekte, um die gewählten Projektziele zu erreichen:

- Elektrifizierung 40er Flotte VW Caddy und Demonstrationsbetrieb
- Konzeption und Aufbau von zwei Plug-In Hybrid Electric Vehicles Volkswagen Transporter (VW PHEV T5)

Im ersten Teil des Projekts Ecargo wurden 40 VW Caddys nach dem aktuellen Stand der Technik mit einem Elektroantrieb ausgerüstet und in einem umfangreichen Flottenversuch untersucht. Nach erfolgreichem Aufbau der Fahrzeuge startete der Demonstrationsbetrieb an Großkunden der Marke Volkswagen Nutzfahrzeuge. Die Nutzer der Versuchsfahrzeuge wurden aus unterschiedlichen Branchen gewonnen. Während der wissenschaftlichen Begleitung des Flottentests wurde das CO₂-Emissionsreduktionspotential ebenso wie der geräuscharme Fahrzeugbetrieb in Innenstädten und eine Ökobilanz über den gesamten Lebenszyklus (LCA-Bilanzierung) der Fahrzeuge untersucht. Daneben wurden zudem Erkenntnisse bezüglich der Nutzeranforderungen in den verschiedenen Branchen sowie zum Energiebedarf der Fahrzeuge gewonnen. Der Test der Fahrzeuge verlief sehr zufriedenstellend und wurde über den eigentlichen Testbetrieb von einem Jahr ausgeweitet.

Der zweite Projektteil befasste sich mit einem Nutzfahrzeugkonzept auf Plug-In-Hybrid-Basis. Es wurde jeweils ein Plug-In-Hybrid-Antriebsstrang in zwei VW Transporter integriert. Mit Hilfe des PHEV wurde ein ergänzendes Fahrzeugkonzept entworfen, das sich sinnvoll in ein ganzheitliches Logistikkonzept einfügt. Hier standen insbesondere konstruktions- und nutzlastspezifische Fragestellungen im Mittelpunkt, so z.B. die Integration des Antriebs in die Bauraumstruktur und Nutzeranforderungen an ein Plug-In Fahrzeug im Lieferverkehr. Damit wurde gezeigt, dass Logistikprozesse sowohl im innerstädtischen als auch im Überlandverkehr mit Hilfe von elektromobilen Nutzfahrzeugen effizient gestaltet werden können. Zu diesem Zweck wurde das Fahrzeugkonzept grundlegend neu konstruiert. Zu Erprobungszwecken wurden schließlich beide Fahrzeuge aufgebaut und mehrere Monate lang in einem VW-internen Testbetrieb getestet.

II. Zielstellung des Projektes

Die zentralen Ziele des Vorhabens waren die Integration von elektrischen bzw. hybridisch angetriebenen Fahrzeugen in die gewerbliche Nutzung. Begleitend dazu erfolgte die Untersuchung der Umweltauswirkungen und möglicher Potentiale zur Optimierung. Darüber hinaus wurde die Akzeptanz der Nutzer ermittelt und auch die spezifischen Anforderungen des Kunden registriert. So können zukünftige Marktperspektiven bestimmt werden. Ebenso wurde der Aufbau von Strukturen und Kompetenzen im Betreuungsbereich möglich.

III. Ausführliche Darstellung der erzielten Ergebnisse des Projektes (Darstellung in Bezug zum Arbeitsplan)

1) AP0: Projektmanagement

Über die komplette Projektlaufzeit wurden durch ein intensives Projektmanagement die Teilprojekte und die Kosten intensiv betreut. Die Projektleitung lag in Händen der Abteilung „Vorentwicklung Alternative Antriebskonzepte“ innerhalb der Entwicklung der Marke Volkswagen Nutzfahrzeuge.

Das Projekt war in die Unterprojekte e-Caddy, T5 PHEV und übergeordnete Umfänge aufgeteilt. Alle Teilprojekte berichteten an die Gesamtprojektleitung. Die Kostenverfolgung geschah über gesonderte Entwicklungsauftragsnummern pro Teilprojekt. Die Umfänge konnten so gezielt gesteuert und die Ergebnisse zusammengefasst werden.

Die Projektziele konnten so eingehalten und jedes Teilprojekt umgesetzt werden.

2) AP1: Anforderungsanalyse (BEV/PHEV)

2.1 Kundenanalyse

2.2 Kundenbefragung vor dem Flottenversuch

2.3 Anforderungsprofil Fahrzeuge

Die Arbeitspunkte werden umfassend in dem Gesamtbericht unter dem Arbeitspunkt 4.4 beschrieben.

3) AP2: Umweltstudie und Vorbereitung der Datenaufnahme

3.1 Konzepterstellung Studie

Die Studie sollte dazu dienen ein umfassendes Bild über die Nutzung der Fahrzeuge, die Auswirkungen auf die Umwelt und die Effekte auf die Prozesse bei den verschiedenen Einsatzfällen zu erarbeiten. Dazu gehörte zunächst die Auswahl und Definition der Datenaufnahmesysteme und Auswerterroutinen. Dazu wurden im Vorfeld die Eigenschaften der Aufzeichnungssysteme definiert. Die Wahl fiel auf Datenaufzeichnungssysteme der Firma. GIN. Die Datalogger wurden mit einer Konfigurationssoftware ausgestattet, die die Datenübertragung sicherstellt.

Der Einbau der Datalogger erfolgte unter dem Fahrersitz. Als Messgrößen werden ca. 300 Signale von diversen CANs aufgezeichnet. Die GPS-Position wird vom fahrzeugeigenen Navigationssystem bereitgestellt.

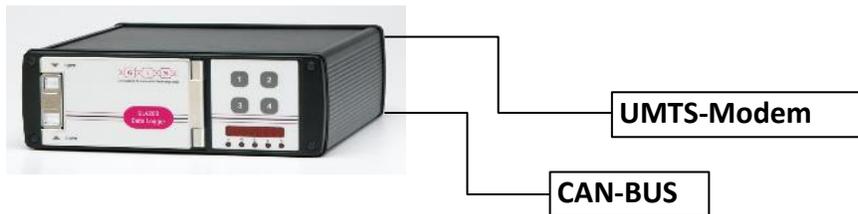


Abbildung 1: Aufbau Datalogger

Aus Datenschutzgründen werden sämtliche Daten unter Fahrgestellnummern abgespeichert, die nicht in Bezug zu bestimmten Personen zu stellen sind. Für den Datenzugriff wurden nur ausgewählte Experten (ca. 15 Personen) freigeschaltet.

Auf Grundlage der Messdatenplattform wurden die gewünschten Berichte erstellt. Die technischen Ergebnisse konnten anhand verschiedener Kriterien, wie z.B. Kunden, Branchen oder auch Regionen, zusammengefasst werden. Für die verschiedenen Berichte können abweichende Zielgruppen identifiziert werden, die gewonnenen Daten müssen also den entsprechenden Nutzern zugewiesen werden (z.B. Fachbereiche der Entwicklung, Vertrieb, Kunden usw.).

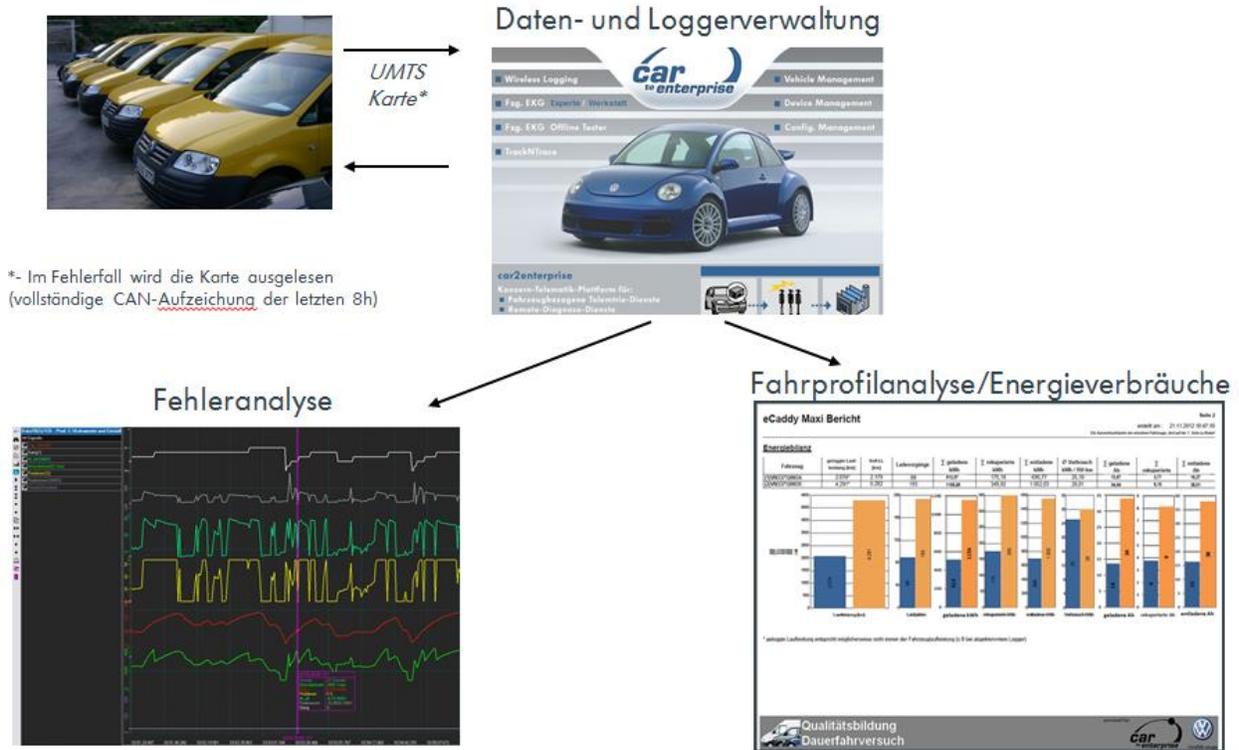


Abbildung 2: Auswertungsstruktur

3.2 Datalogging – Messdatenerfassung

Die Tabellen 1 und 2 geben einen Überblick über die geloggte Laufstrecke der Fahrzeuge. Die gesamte geloggte Laufstrecke beträgt 342.843 km. Der Maxi erreicht dabei höhere Laufstrecken als der kurze Radstand (206.471 km zu 136.372 km). Der Grund liegt vermutlich in der gezielten Verteilung der Fahrzeuge. Den Kunden, die längere Laufstrecken zurücklegen, wurden aufgrund der höheren Reichweite die Maxis empfohlen.

Gruppen	Fahrzeuge (Zeitraum)	Strecke gerundet [km]				Gesamt
		Gang1	GangD	GangB	GangR	
KR All	VN337 30084 (2013-04-12 07:55:06 bis 2015-04-29 10:12:59)	4.851,80	2.660,89	2.190,92	11,78	4.864
	VN337 30085 (2013-04-11 12:12:04 bis 2014-12-17 08:50:23)	9.792,98	3.710,23	6.082,74	35,63	9.829
	VN337 30086 (2013-04-22 10:22:41 bis 2015-03-18 09:35:05)	11.990,68	486,26	11.504,42	35,07	12.026
	VN337 30087 (2013-07-05 07:46:03 bis 2015-07-01 12:59:05)	12.884,93	293,88	12.591,05	30,35	12.915
	VN337 30088 (2013-08-22 09:25:03 bis 2014-12-31 15:18:05)	3.668,91	695,01	2.973,90	46,03	3.715
	VN337 30089 (2013-10-23 12:24:33 bis 2014-12-08 13:56:32)	4.812,32	1.001,41	3.810,91	59,12	4.871
	VN337 30090 (2013-04-11 11:09:02 bis 2015-04-29 11:08:45)	5.503,29	5.103,62	399,68	10,80	5.514
	VN337 30091 (2013-07-15 12:45:06 bis 2015-02-04 08:01:05)	4.166,82	312,81	3.854,01	10,45	4.177
	VN337 30092 (2013-07-11 10:38:42 bis 2015-06-24 15:10:55)	1.597,91	612,97	984,95	2,35	1.600
	VN337 30093 (2013-09-24 12:15:05 bis 2015-04-29 12:29:32)	3.788,27	412,43	3.375,84	12,96	3.801
	VN337 30094 (2013-10-21 13:49:44 bis 2015-04-29 16:32:07)	5.809,51	5.437,54	371,97	19,42	5.829
	VN337 30095 (2013-07-05 09:17:03 bis 2015-06-24 06:41:06)	5.662,21	418,84	5.243,37	20,57	5.683
	VN337 30096 (2013-06-13 08:58:16 bis 2015-07-01 09:48:04)	5.013,44	1.377,48	3.635,96	15,69	5.029
	VN337 30097 (2013-08-21 11:11:09 bis 2015-06-15 12:05:39)	6.307,07	1.774,69	4.532,38	14,49	6.322
	VN337 30098 (2013-07-29 13:26:15 bis 2015-07-01 16:24:07)	10.639,31	8.318,57	2.320,74	15,35	10.655
	VN337 30099 (2013-09-19 13:14:06 bis 2015-07-01 14:42:05)	2.925,28	1.013,74	1.911,55	7,71	2.933
	VN337 30100 (2013-07-22 08:42:10 bis 2015-04-08 11:17:04)	3.674,27	3.283,81	390,46	11,77	3.686
	VN337 30101 (2013-08-06 10:46:17 bis 2015-06-24 15:05:06)	7.564,23	314,96	7.249,28	17,23	7.581
	VN337 30102 (2013-04-11 12:51:14 bis 2015-07-01 08:43:05)	3.394,43	3.025,19	369,23	5,78	3.400
	VN337 30103 (2013-10-25 10:49:03 bis 2015-07-01 09:58:03)	21.905,14	870,10	21.035,03	37,07	21.942
Gesamt	135.952,82	41.124,43	94.828,40	419,61	136.372	

Tabelle 1: Übersicht geloggte Laufleistung kurzer Radstand

Gruppen	Fahrzeuge (Zeitraum)	Strecke gerundet [km]				Gesamt
		Gang1	GangD	GangB	GangR	
Maxi All	VN337130029 (2013-04-12 08:40:08 bis 2015-07-06 14:40:15)	8.925,81	1.761,81	7.164,00	24,03	8.950
	VN337130030 (2013-09-16 08:36:39 bis 2015-07-06 17:13:35)	6.265,25	4.518,38	1.746,88	8,92	6.274
	VN337130031 (2013-07-10 11:15:04 bis 2015-07-01 14:33:04)	8.313,94	2.071,82	6.242,12	24,79	8.339
	VN337130032 (2013-07-03 08:03:06 bis 2015-07-08 13:04:07)	11.034,60	343,14	10.691,46	241,84	11.276
	VN337130033 (2013-07-10 13:45:11 bis 2015-06-24 14:53:22)	4.289,15	4.303,02	885,11	13,38	5.202
	VN337130034 (2013-08-26 12:38:46 bis 2015-06-24 14:53:07)	9.810,56	5.806,26	4.004,30	26,98	9.838
	VN337130035 (2013-06-27 11:04:44 bis 2014-05-28 14:34:04)	15.861,32	2.307,91	13.553,41	10,04	15.871
	VN337130036 (2013-04-12 08:14:05 bis 2015-07-08 12:35:05)	12.525,93	11.512,37	1.013,55	25,07	12.551
	VN337130037 (2013-08-23 09:29:15 bis 2015-07-08 14:22:05)	13.253,63	2.505,23	10.748,40	32,66	13.286
	VN337130038 (2013-06-18 11:24:53 bis 2015-07-08 13:55:05)	10.359,38	847,93	9.511,46	19,66	10.379
	VN337130039 (2013-07-02 15:17:05 bis 2015-06-24 07:49:04)	16.969,25	1.582,24	15.387,02	52,58	17.022
	VN337130040 (2013-08-20 08:33:47 bis 2015-06-24 00:01:06)	7.605,99	4.846,69	2.759,31	18,07	7.624
	VN337130041 (2013-08-30 11:38:04 bis 2015-07-08 07:13:23)	10.439,35	969,36	9.469,99	26,25	10.466
	VN337130042 (2013-07-12 11:07:18 bis 2015-07-08 00:01:04)	16.726,71	12.268,80	4.457,91	31,38	16.758
	VN337130043 (2013-08-14 09:33:44 bis 2014-12-17 15:05:08)	6.021,11	1.482,28	4.538,83	10,32	6.031
	VN337130044 (2013-09-19 13:30:57 bis 2015-04-22 16:09:05)	5.082,70	2.482,42	2.600,28	13,48	5.096
	VN337130045 (2013-08-27 07:30:55 bis 2015-07-08 14:37:03)	9.319,69	5.570,54	3.749,15	23,94	9.344
	VN337130046 (2013-04-22 09:57:30 bis 2014-08-06 06:45:14)	7.693,34	719,36	6.973,98	45,00	7.738
	VN337130047 (2013-07-24 10:58:03 bis 2015-06-10 07:43:06)	7.445,77	2.599,88	4.845,89	15,04	7.461
	VN337130048 (2013-07-23 08:57:49 bis 2015-07-08 02:52:33)	16.946,13	8.285,73	8.660,42	19,36	16.966
	Gesamt	204.899,62	76.785,17	129.003,45	682,75	206.471

Tabelle 2: Übersicht geloggte Laufleistung Maxi

3.3 Life Cycle-Analyse

Mit der Umweltbilanz des e-Caddy beschreibt und analysiert Volkswagen Nutzfahrzeuge die Umweltwirkungen ausgewählter Fahrzeuge der Modellreihe Caddy. Eine Umweltbilanz wird auch Ökobilanz oder Life Cycle Assessment (LCA) genannt. Nach (Klöppfer, et al., 2007) wurde der Begriff der Ökobilanz 1984 erstmals in einer Studie des Schweizer Bundesamtes für Umweltschutz zu Packstoffen verwendet. Die DIN EN ISO 14040 definiert eine Ökobilanz als „Zusammenstellung und Beurteilung der Input- und Outputflüsse und der potenziellen Umweltwirkungen eines Produktsystems im Verlauf seines Lebensweges“ (DIN, 2009 S. 7). Umweltbilanzen werden also zur umweltbezogenen Bewertung von Produkten angewendet.

Weiterhin ist es möglich mit Umweltbilanzen:

- Verbesserungsmöglichkeiten der Umwelteigenschaften von Produkten innerhalb der verschiedenen Lebenswegphasen zu untersuchen.
- Entscheidungsträger in Industrie und Politik zu Produktentwicklungen, strategischen Planungen und Neuentwicklungen zu informieren.
- Eine Auswahl bezüglich relevanter Umweltindikatoren zu treffen.

Dabei wird in Umweltbilanzen, wenn nicht anders festgelegt, der gesamte Lebensweg eines Produktes untersucht. Ziel dieses lebenswegbezogenen Ansatzes ist es, die Verlagerung von Umweltbelastungen von einem Lebenswegabschnitt in einen anderen, zu vermeiden. Die Methode der Umweltbilanzierung beruht auf einem relativen Ansatz. Alle Ergebnisse werden auf eine Referenzgröße, die sogenannte funktionelle Einheit bezogen (DIN, 2009). Die beiden Normen DIN EN ISO 14040 und ISO 14044 definieren die Begriffe und erläutern den methodischen Rahmen von Umweltbilanzen.

3.4 Untersuchungsrahmen

Der e-Caddy repräsentiert ein vollständig neuartiges Fahrzeugkonzept in der Modellpalette der Marke Volkswagen Nutzfahrzeuge. In diesem Fall stellt Volkswagen den e-Caddy dem Caddy Kasten 1.6 TDI mit 75 kW (jeweils in Basisausstattung und mit kurzem Radstand) gegenüber. Es wird eine vergleichende Umweltbilanz des e-Caddys mit dem Caddy Kastenwagen 1.6 TDI durchgeführt. Ziel der Untersuchung ist es die Frage zu beantworten, bei welchen Nutzungsbedingungen sich der elektrisch angetriebene e-Caddy umweltfreundlicher darstellt, als der verbrennungsmotorische TDI. Besonders berücksichtigt wird dabei die Nutzung im Lieferverkehr. Dabei werden die fünf Wirkungskategorien Treibhauspotential (Global Warming Potential, GWP), Versauerungspotential (Acidification Potential, AP), Eutrophierungspotential (Eutrophication Potential, EP), Photooxidantienbildungspotential (Photochemical Ozone Creation Potential POCP) und Ozonabbaupotential (Ozone Depletion Potential ODP) ausgewertet. Der Schwerpunkt der Auswertung liegt auf der Wirkungskategorie Treibhauspotential.

Als funktionelle Einheit der Bilanzierung ist der Personentransport über eine festgelegte Gesamtdistanz von 150.000 Kilometern im Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) und für das Vergleichsszenario eines Flottenversuches (Lieferservice) bei vergleichbaren Gebrauchseigenschaften (z. B. Fahrleistungen) definiert (siehe Tabelle 3).

	Caddy 3 Kasten 1,6 TDI (75 kW), kurzer Radstand	e-Caddy
Hubraum [cm³]	1.390	-
Leistung [kW]	75	85
Getriebe	5-Gang-manuell	1-Gang-manuell
Kraftstoff	Diesel	elektrisch
Emissionsklasse	Euro 5	-
Höchstgeschwindigkeit [km/h]	205	120
Beschleunigung 0-100 km/h [s]	10,3	< 13 sec.
Elastizität 80-120 km/h [s]	9,5 / 12,5	< 15 sec.
Max. Drehmoment [NM] bei 1/min	200 / 1500 – 4000	210
Leergewicht [kg] *	1.451	1.603
Kraftstoffbehältervolumen [l] bzw. Batterieinhalt	60	17,6 kWh

Tabelle 3: Technische Daten der Vergleichsfahrzeuge

Die Abbildung 3 stellt den Untersuchungsrahmen der Umweltbilanz grafisch dar. Für sämtliche generischen Prozesse der Herstellungs-, Nutzungs- und Verwertungsphase ist Europa als Bezugsraum gewählt. Für spezifische Prozesse wird als Bezugsraum das jeweilige Herstellungsland gewählt. Dies ist in dieser Studie aufgrund der hohen Relevanz für den Lithium-Ionen-Batterie-Datensatz mit Japan als Bezugsraum der Fall.

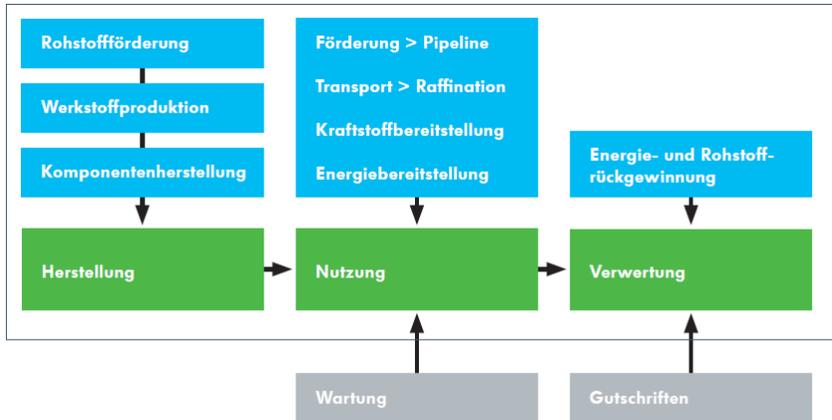


Abbildung 3: Untersuchungsrahmen der Umweltbilanz

Die zur Bilanzierung verwendeten Daten lassen sich in Produkt- und Prozessdaten einteilen. Produktdaten beschreiben das Produkt und umfassen unter anderem:

- Angaben zu Teilen, Stückzahlen, Gewicht und Werkstoffen,
- Angaben zu Kraftstoffverbrauch und Emissionen während der Nutzung,
- Angaben zu Verwertungsmengen und –verfahren.

Prozessdaten sind Daten zu Herstellungs- und Verarbeitungsprozessen wie der Strombereitstellung, der Werkstoff- und Halbzeugherstellung, der mechanischen Fertigung sowie der Herstellung von Kraftstoff und Betriebsmitteln. Diese Daten wurden entweder aus kommerziellen Datenbanken entnommen (GaBi-6-Datenbanken) oder fallspezifisch von Volkswagen selbst (Lackiererei, Endmontage, formgehärteter Stahl) oder Zulieferern (Reifen) erhoben. Die Herstellung der Lithium-Ionen-Batterie, der Leistungselektronik und des Elektromotors basiert auf von Volkswagen in Kooperation mit Lieferanten erhobenen Daten und dem daraus erstellten Bilanzmodell.

Für die Modellierung der Nutzungsphase gelten für die Kraftstoffvorketten repräsentative Datensätze der Bilanzierungssoftware GaBi. Für die Strombereitstellung wurde ein generischer Strommix für Wasserkraft (EU-27-Wasserkraft) und ein Strommix verschiedener Erzeuger (Strommix EU-27) angenommen. Als mittlere Transportdistanz der konventionellen Kraftstoffe in Europa wurde von 200 Kilometern ausgegangen. Die direkten Fahremissionen der untersuchten Modelle sind für die maximal zulässigen Emissionen (CO, NO_x und HC+NO_x) individuell nach der Emissionsgrenzwertklasse Euro 5 modelliert. In der Nutzungsphase wurde der Verbrauch im NEFZ-Fahrzyklus und einem Lieferdienst-Flottenversuch untersucht. Untersuchungsszenarien, welche dem NEFZ-Fahrzyklus zugrunde liegen, werden folgend immer mit der Bezeichnung „NEFZ“ in Beschreibungen und Beschriftungen markiert. Szenarien, die dem Flottenversuch zugrunde liegen, werden mit der Bezeichnung „Flottenversuch“ markiert.

3.5 Ergebnisse der Umweltbilanzierung

Auf Basis der ermittelten Sachbilanzdaten wurden die Wirkungsabschätzungen für die beschriebenen Umweltwirkungskategorien vorgenommen. Die genutzten Methoden bzw. Kategorien berücksichtigen die Wirkzusammenhänge aller erfassten Emissionen, sodass sich anhand von wissenschaftlichen Modellen potenzielle Umweltwirkungen ermitteln lassen. Die Anwendung der CML-Methodik wurde mit Hilfe der GaBi-Software durchgeführt. Die folgende Abbildung 4 zeigt die Ergebnisse für die oben genannten Wirkungskategorien in den unterschiedlichen Nutzungsszenarien.

Insgesamt wird sichtbar, dass die untersuchten Fahrzeuge die größten Beiträge – bezogen auf die Gesamtumweltlasten in der Europäischen Union – in den Kategorien Treibhauseffektpotenzial (GWP), Versauerungspotenzial (AP) und Sommersmogbildungspotenzial (POCP) haben. Einen weitaus geringeren Einfluss haben die untersuchten Fahrzeuge beim Eutrophierungs- (EP) und Ozonabbaupotenzial (ODP). Besonders das Ozonabbaupotenzial ist so gering, dass eine lineare Darstellung zu keiner Aussage führt. Das Eutrophierungspotenzial spielt für die Automobilindustrie wiederum eine geringere Rolle; es hat als Indikator ein bedeutenderes Gewicht in der Landwirtschaft und der chemischen Industrie.

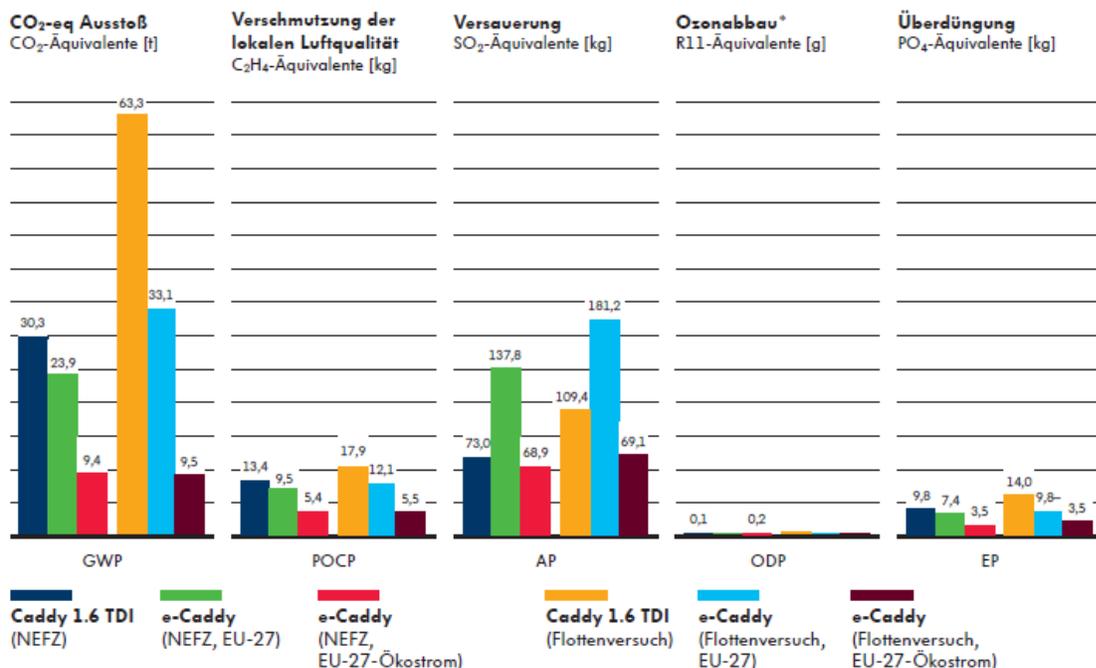


Abbildung 4: Ergebnisse für die Wirkungskategorien

Beim Treibhauspotential zeigen die Ergebnisse für den Lieferverkehr, dass über den Lebensweg bis zu 30 Tonnen Kohlendioxidäquivalente durch den Wechsel vom verbrennungsmotorischen zum elektrischen Lieferfahrzeug eingespart werden können. Aufgrund des großen Vorteils in der Nutzung ist der e-Caddy bereits ab einer Laufleistung von ca. 20.000 Kilometern gegenüber dem Caddy Kastenwagen 1.6 TDI im

Vorteil. Der Vorteil kann noch gesteigert werden, wenn der e-Caddy anstatt mit dem deutschen Strom Mix mit Ökostrom geladen wird. Über den Lebensweg können dann über 50 Tonnen Kohlendioxidäquivalente eingespart werden.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Studie im Lieferverkehr große umweltbezogene Vorteile durch den elektrischen Antrieb im Lieferverkehr. Gerade beim Treibhauseffekt ergibt sich ein großer Vorteil. Der Einsatz elektrisch angetriebener Lieferfahrzeuge kann daher einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz leisten.

4) AP3: Flottenversuch

4.1 Vorbereitung Flottenversuch

4.1.1 Kundenauswahl

Für den Flottenversuch in Deutschland wurde der e-Caddy interessierten Großkunden, Direktkunden und auch vereinzelt Gewerbeeinkunden von Volkswagen Nutzfahrzeuge zunächst aktiv zur Erprobung angeboten.

Aufgrund von Presseberichten oder Fahrzeugpräsentationen sind vor allem interessierte Gewerbeeinkunden, aber auch vereinzelt Großkunden, auf den e-Caddy aufmerksam geworden und haben danach aktiv Kontakt zu Volkswagen Nutzfahrzeuge aufgenommen, um an der Erfahrungsflotte teilnehmen zu können.

Als mögliche e-Caddy-Interessenten wurden im Projektzeitraum insgesamt 177 Kunden identifiziert. Aufgrund der vorgesehenen Betreuungsstandorte konnte zu 148 Kunden Kontakt aufgenommen werden. Die Kundeneignung wurde dann im persönlichen Gespräch unter Berücksichtigung der Nutzungsbedingungen und Betriebseinschränkungen der Fahrzeuge überprüft. Dabei wurden auch der Einsatzbereich und das Nutzungsverhalten der potentiellen Flottenpartner evaluiert. Somit konnten die Einsatzmöglichkeiten der Fahrzeuge jeweils dargelegt werden, um sicherzustellen, dass das Nutzungsprofil der Kunden zum Fahrzeug passt. Von Seiten Volkswagen Nutzfahrzeuge mussten Anfragen diverser Hochschulen abgelehnt werden, die den e-Caddy für eigene Forschungszwecke einsetzen wollten.

Eine Vielzahl von Interessenten hat ihre Teilnahme an der e-Caddy-Erfahrungsflotte aus verschiedenen Gründen abgesagt, wie z.B.:

- Keine Einsatzmöglichkeit im Fuhrpark
- Zu geringe Reichweite der Fahrzeuge
- Nutzungsbedingungen nicht akzeptabel
- Notwendige Fahrervorbereitung zu umfangreich

- Datenloggeraufzeichnung nicht gewünscht
- Beschaffung Serienelektrofahrzeug geplant

Im Projektzeitraum konnten 40 Fahrzeuge an 36 deutsche Flottenpartner übergeben werden, fünf Flottenpartner haben mehr als ein Fahrzeug gleichzeitig im Fuhrpark erprobt und 12 Flottenpartner haben den vertraglich vereinbarten Überlassungszeitraum des e-Caddy verlängert.

4.1.2 Werkstattauswahl und Qualifikation Betreuungspersonal

In Deutschland gab es zu Projektstart fünf e-Caddy Stützpunkte (Berlin, Hamburg, Hannover, Frankfurt a.M. und Düsseldorf). Im weiteren Verlauf des Projekts wurden weitere sechs Standorte (München, Wolfsburg, Dresden, Potsdam, Rostock und Nürnberg) qualifiziert. Es handelt sich dabei um durch den Zuwendungsempfänger autorisierte Händler bzw. Kundendienstwerkstätten. Diese waren für die Betreuung sämtlicher in Deutschland eingesetzten Fahrzeuge zuständig (z.B. sämtliche Wartungsarbeiten).

Aufgrund der Größe der Niederlande und der zentralen Lage des Importeurs wurden die Fahrzeuge ausschließlich durch den Importeur in dessen Werkstatt betreut.

Die Schulung für die Mitarbeiter der Werkstätten erfolgte zentral durch das Volkswagen Nutzfahrzeuge Qualifizierungszentrum. Bei der Veranstaltung wurden folgende Punkte thematisiert und durchgeführt:

- Vertragspunkte, Nutzungseinschränkung, Abrechnung, Ersatzmobilität
- Wartungskonzept (HV-Sensibilisierung, Checkliste, Diagnose, Aufladung)
- Bedienung e-Caddy (Quick Guide, begleitetes Fahren, Rekuperation)

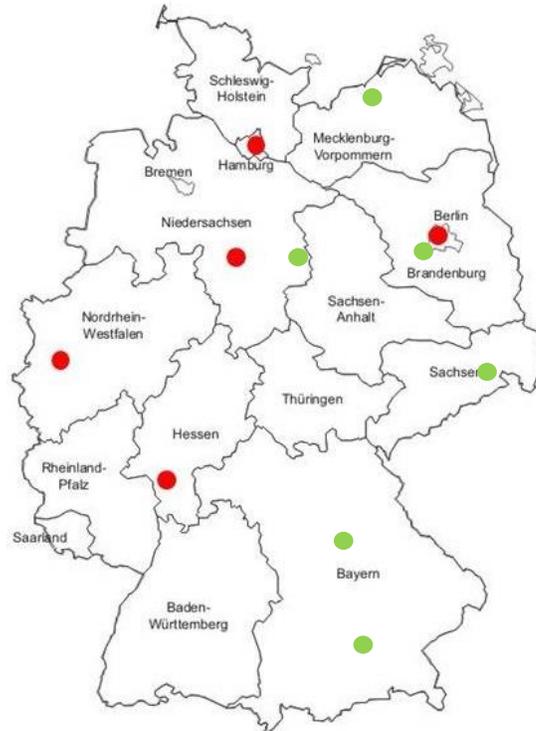


Abbildung 5: Übersicht Stützpunkte e-Caddy Flotte

4.1.3 Vorbereitung und Durchführung Fahrerschulung

Pro Fahrzeug wurden im Durchschnitt fünf bis sieben Fahrer geschult, d.h. für die ausgelieferten Fahrzeuge ca. 300 Fahrer. Für jeden Kunden wurde eine einzelne Schulung durchgeführt.

Die Fahrerschulungen in den Niederlanden erfolgten durch die Schulungsabteilung des Importeurs, welche wiederum von Volkswagen Nutzfahrzeuge in einer umfassenden Schulung in Hannover vorbereitet wurde. Das Schulungskonzept als auch die Dokumente (in Übersetzung) finden in den Niederlanden analog Anwendung.

4.2 Bereitstellung der Fahrzeuge

4.2.1 Konzepterstellung und Konstruktion Komponenten

Die in der Vorhabenbeschreibung beschriebenen Innovationen gegenüber den früheren BMU-Förderprojekten wurden alle in den Fahrzeugen umgesetzt. (siehe Abbildung)

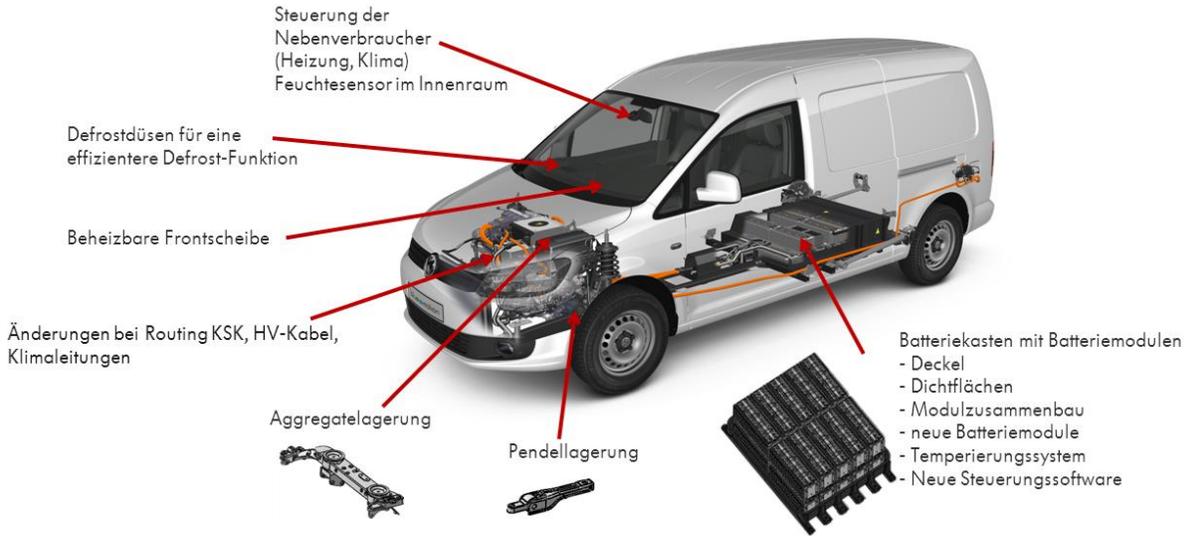


Abbildung 6: Technische Innovationen BEV

Die Entwicklungstätigkeiten erstreckten sich sowohl in konstruktive wie auch erprobende Tätigkeiten.

Einen Schwerpunkt nahm die Absicherung der neuen Lösungen für den Winterbetrieb ein. Deswegen wurden wesentliche Erprobungen im sogenannten „Kaltland“ absolviert. Darüber hinaus ist das angepasste Klimakonzept im „Warmland“ auf Tauglichkeit geprüft worden.

Grundsätzlich wurde bei der Konzeptionierung der Bauteile die längere Laufleistung bei der 40er-Flotte in Betracht gezogen. Mehrere Dauerfahrversuche wurden dazu erfolgreich abgeschlossen (z.B. Korrosionsdauerlauf). Ein weiterer Dauerfahrversuch für Elektrofahrzeuge (langer Radstand) wurde mit 90.000 km Laufleistung absolviert.

4.2.2 Erarbeitung eines integrierten Fertigungs- und Logistikkonzeptes

Ein Schwerpunkt dieses Projektes war die Entwicklung eines Fertigungskonzeptes, um den e-Caddy in die bestehenden Fahrzeugproduktionslinien mit herkömmlichen Verbrennungsmotoren zu integrieren. Zu diesem Zweck wurde der Karosseriebau in Poznań soweit ertüchtigt, dass die Trägerfahrzeuge im Serienbetrieb durch die Linie gefahren werden können.

Zu beachten war die besondere Komplexität der Fertigung im Werk Poznań, da hier neben den verschiedenen Karosserievarianten des Modells Caddy – kurzer Radstand, langer Radstand, Kastenwagen, PKW – auch verschiedene Derivate des Modells T5 – Transporter und Caravelle, d. h. Kastenwagen, PKW, offene Aufbauten – hergestellt werden. Die Produktionskonzepte waren so auszulegen, dass diese neuen Umfänge während der laufenden Produktion unter Berücksichtigung der

arbeitsfreien Tage in den Produktionsprozess integriert werden konnten, d. h. ohne Stilllegung der Caddy Serienproduktion.

Dafür wurde ein Prozess zum Aussteuern nicht benötigter Komponenten und zum Zusteuern hochvoltspezifischer Komponenten, welche bereits in der Montagelinie montiert werden können, aufgebaut.

Für die Pilotorganisation in Poznań wurden hochvoltspezifische Arbeitsplätze aufgebaut, sowie Hochvoltwerkzeug und –Messmittel beschafft. Zudem wurden hochvoltspezifische Qualifikationen aufgebaut sowie eine verantwortliche Elektrofachkraft (vEFK) implementiert.

4.2.3 Aufbau

Zum Ende des Jahres 2013 waren alle Flottenfahrzeuge aufgebaut und ausgeliefert bzw. standen zur Auslieferung bereit.

4.2.4 Qualitätssicherung

Im Bereich Qualitätssicherung wurde ein integratives Abnahmekonzept erarbeitet und für die Fahrzeuge des Flottenversuches umgesetzt. So war vor Inbetriebnahme sichergestellt, dass alle Fahrzeuge einen identischen technischen Stand haben und alle Baustände aus dem Fahrzeugaufbau (Software und Hardware) in den relevanten Systemen dokumentiert sind. Nur so ist eine systematische Feldbetreuung möglich.

4.3 Betreuung

4.3.1 e-Key Account Management und Feldteam

Die Koordination des Flottenversuchs wurde durch ein Team aus e-Key Account Manager, Produktbetreuung und After Sales wahrgenommen. Die ursprünglich geplante Bündelung der Aufgaben in einer e-Key Account Managementposition wurde leicht verändert umgesetzt. Um für verschiedene Fragestellungen die entsprechenden Fachexperten einbinden zu können, betreuten verschiedene Fachbereiche mit dem vorhandenen Personal das Thema. In den Niederlanden wurden die Kundengespräche, Vertragsabschlüsse und Fahrzeugübergaben durch den zuständigen Importeur übernommen.

Zu den Aufgaben gehörten:

- Kundenakquise
- Vorbereitung der Stützpunkte (Training)
- Wartungsplan/ Aufgaben für die jeweiligen Stützpunkte
- FAQ-Liste für Hotline
- Zusatzbordbuchliteratur
- Fahrerschulungen
- Steuerung der Fahrzeugdisposition
- Koordination von Fahrzeugpräsentationen

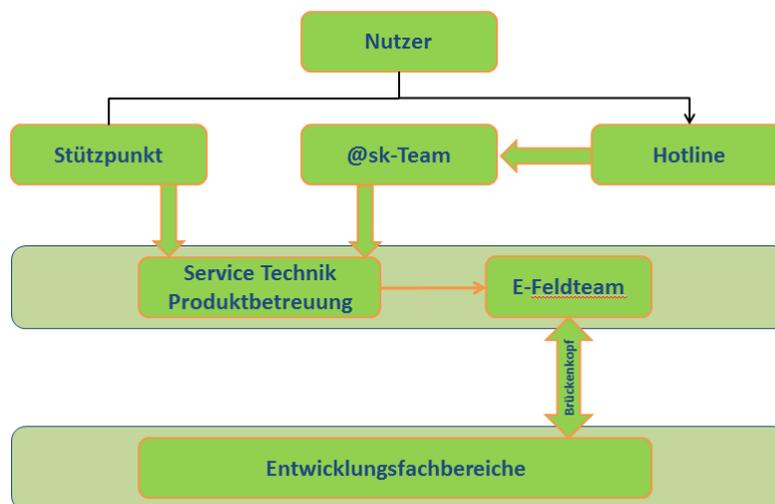


Abbildung 7: e-Caddy Betreuungskonzept

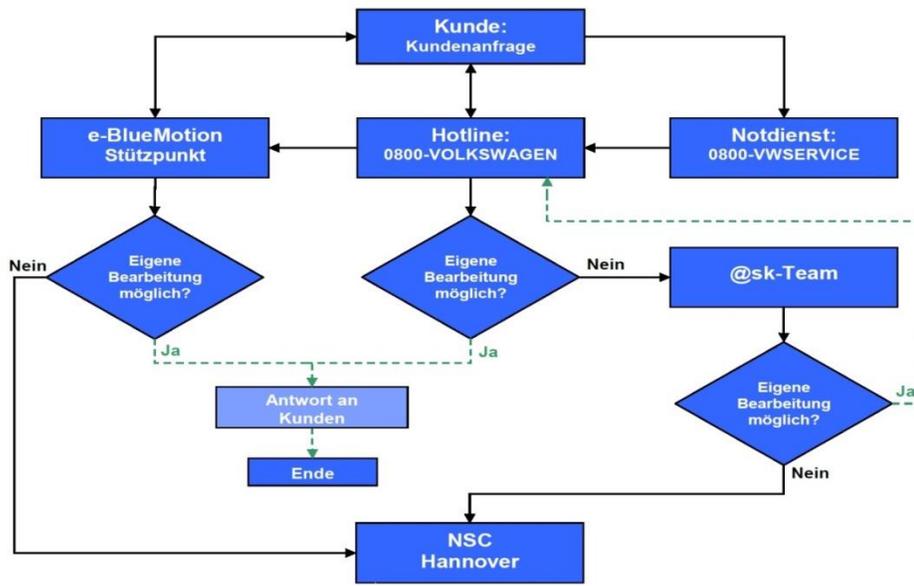


Abbildung 8: Ablaufplan Reparatur

In den Niederlanden wurde ebenfalls eine Hotline geschaltet. Bei Problemen mit dem Fahrzeug waren die Fahrer angehalten, diese zu kontaktieren, um Unterstützung bis hin zu einem Ersatzfahrzeug zu erhalten.

In Deutschland wurden 79 Wartungen durchgeführt, pro Wartung sind knapp 2 Stunden vorgesehen.

Generell ist festzustellen, dass sich die Kunden im Problemfall direkt beim Stützpunkt melden und somit den direkten Kontakt einer telefonischen Anfrage vorziehen.

Es wurden auf Grund von Beanstandungen ca. 17 Reparaturen durchgeführt. Unter anderem wurde bei einem Unfallfahrzeug die Heckklappe erneuert, bei einem weiteren Fahrzeug die fehlenden Navigationsdaten aufgespielt. Bei ca. 20 Fahrzeugen wurde mit jeweils halbstündigem Aufwand ein Update auf den Schalttafeleinsatz geflasht.

Die aufgeführte Tabelle 4 gibt eine Übersicht zu den vom Feldteam erfassten Fehlermeldungen. Technische Auffälligkeiten gab es z.B. bei einigen Fahrzeugen in Bezug auf eine fehlerhafte Datenloggerkonfiguration, die zur Entladung der 12V-Batterie führte.

Kategorie	Beschreibung
Kundenbeanstandung: Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> • Aktionsradius zu gering
Kundenbeanstandung: Laden	<ul style="list-style-type: none"> • Wallbox ohne Funktion • Probleme beim Mode 2 und/oder Mode3-Laden • Batterieentladung und eingeschränkte Leistung • Defekter Ladenetzverteiler
Technische Fehlermeldungen	<ul style="list-style-type: none"> • Zündschlüssel defekt • Wasserverlust • Defekte Unterdruckpumpe • Defekte Innenleuchte • Defekte Leistungselektronik
Externer Schaden	<ul style="list-style-type: none"> • Steinschlag • Karoserieschäden

Tabelle 4: Erfasste Fehlermeldungen

Darüber hinaus wurde bei Übergabe eines Fahrzeuges eine defekte mobile Wallbox festgestellt. Die Ladebox funktionierte nur kurzzeitig, somit erhielt der Kunde Ersatz aus dem Bestand. Eine weitere Kundenbeanstandung war die vermeintlich geringe Reichweite des Fahrzeugs, hier musste der Kunde darüber informiert werden, dass Heizung und Klimaanlage die Reichweite reduzieren. Bei einigen Fahrzeugen führten Fehlermeldungen bei der HV-Batterie zu Beanstandungen seitens der Kunden.

Dem niederländischen Importeur stand ein Fahrzeug als Ersatzfahrzeug zur Verfügung. Dieses war zudem als Servicefahrzeug im Einsatz.

Im Verlauf des Fahrzeugeinsatzes in den Niederlanden war ein Fahrzeug aufgrund eines Batterieschadens ausgefallen und musste zur Reparatur nach Wolfsburg gebracht werden. Alle anderen Fahrzeuge waren problemlos und zur Zufriedenheit der Kunden im Einsatz.

4.3.2 Betreuung Technische Bereiche

Die Fachbereiche der Entwicklung wurden bei Bedarf, gesteuert durch das Feldteam, eingebunden.

Kontinuierlich erfolgte eine Begleitung der Fahrzeuge, u.a. durch eine wöchentliche Auswertung von z.B. Fahrleistung und Beanstandungen. Kundenbeanstandungen wurden dokumentiert und in Zusammenarbeit mit dem Feldteam abgearbeitet. Bei Bedarf wurde zudem vor Ort in den Servicestützpunkten am Kundenfahrzeug gearbeitet.

4.3.3 Betreuung/ Fehlerabstellprozess Qualitätssicherung

Der Bereich Qualitätssicherung war ein integrativer Bestandteil des Feldteams. Die nachfolgenden, kundenrelevanten Schwerpunkte wurden im Rahmen des e-Caddy- Betriebs bearbeitet:

- Überwachung und Steuerung vorbeugender Maßnahmen im Serviceumfang (HV-Umfänge im Fahrzeug), ggf. Empfehlungen zur Anpassung des Serviceumfangs,
- sporadisch auftretende bzw. zunächst nicht zu erklärende Fehlermeldungen und Anzeigen im Fahrzeug,
- Funktionsbeeinträchtigungen in der Ladeinfrastruktur, bei den mobilen Wallboxen und den Ladekabeln, sowie im Elektroantrieb,
- jeweils Detailanalyse der Fehlerbilder, Dokumentation und Mithilfe bei der Fehlerabstellung.

Je nach Fehlerbild und Analyseergebnis wurden Bauteile erneuert und/oder die Kunden und Fahrer über Betriebsspezifika des e-Caddy informiert (z.B. Ladeverhalten, Reichweite, Anzeigesystematiken).

Zu allen Fehlerbildern wurden Detailanalysen erstellt und dokumentiert. Mit Hilfe dieser Analysen wurde eine Fehlerabstellung ermöglicht. In Einzelfällen gab es vertiefende technische Recherchen mit Lieferanten, auch um Verantwortungsübergänge und Schnittstellen zu definieren.

4.4 Begleitforschung

An dieser Stelle erfolgt zunächst eine Bemerkung zum Abschnitt 2.2: Ursprünglich wurde zu Beginn der Projektlaufzeit eine Vorbefragung potenziell teilnehmender Kunden von der beauftragenden Abteilung von VW und dem Institut für Transportation Design der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig geplant. Dies hätte den Zweck erster Erkenntnisse zur Entwicklung der Befragungsmethoden für die späteren Befragungen im Projekt verfolgt. Nach Rücksprache mit der Marktforschungsabteilung von VW wurden dieser geplanten Gruppendiskussion aus AP1 auf einen späteren Bearbeitungszeitraum von AP3 verschoben. Diese Gruppendiskussion fand dann in Form eines eintägigen Workshops im Oktober 2014 statt.

Der Vorteil der Verschiebung war, dass die Teilnehmer der Gruppendiskussion dann bereits einschlägige Erfahrung mit dem e-Caddy besaßen, was aus folgendem Grund entscheidend war: Die Gruppendiskussion im Oktober beinhaltete u.a. die Beurteilung eines Transporter-Prototypen und dem zum damaligen Zeitpunkt gerade erschienene VW e-Load Up. Diese zwei Fahrzeuge konnten dann von den Teilnehmern aus Perspektive Ihrer Erfahrung mit dem e-Caddy beurteilt werden. Die Verschiebung der Gruppendiskussion hatte keine nachteilige Wirkung auf die Projektlaufzeit.

Das Institut für Transportation Design untersuchte die teilnehmenden Kunden im Rahmen der Begleitforschung nach folgendem Schema:

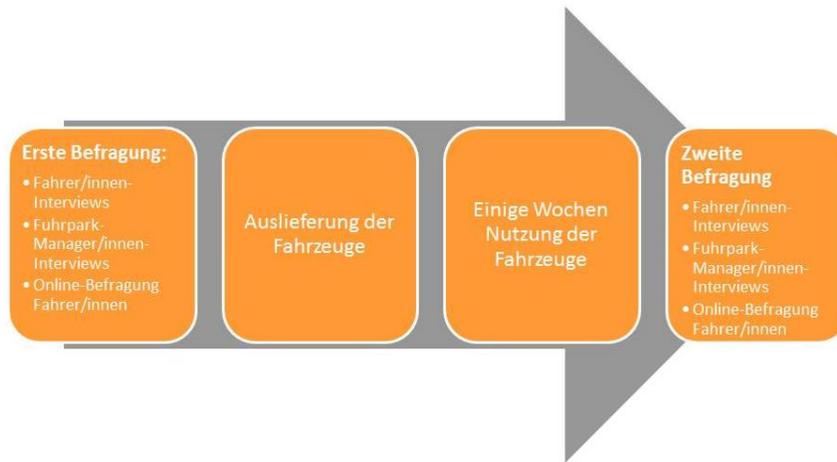


Abbildung 9: Schema Begleitforschung

Die Vor- und Zweitbefragung beinhaltete jeweils bei jedem Kunden qualitative Face-To-Face-Interviews (mit den Fuhrparkmanagern und einer Auswahl der Fahrer) sowie zu beiden Zeitpunkten einen quantitativen Online-Fragebogen (für alle Fahrer).

Ab Beginn der Projektlaufzeit wurden in sämtlichen sieben Firmen, die bis dato den Nutzungsvertrag unterschrieben haben, Befragungen durchgeführt. Dabei wurden insgesamt acht Vertreter der Fuhrparkmanagement-Ebene und 20 Fahrer interviewt. Mit der Auswertung der Gespräche wurde begonnen. Die befragten Branchen umfassten bisher Energieversorger, Verwaltungen und Abfallentsorger.

Einige erste Erkenntnisse der Manager-Interviews zeigten, dass das Thema Elektromobilität sehr geteilt wahrgenommen wird: Einige Befragte sahen ein breites Einsatzspektrum, andere sahen nur sehr kleine Nischen, in denen die Elektrotraktion in nächster Zukunft eine Rolle spielen wird. Die Motivation, an der Studie teilzunehmen beinhaltete hauptsächlich wirtschaftliche Interessen oder die Bekenntnis zur politischen Agenda der Bundesregierung. In Einzelfällen stand auch das Thema Nachhaltigkeit auf der Prioritätenliste ganz oben.

Auf Ebene der Fahrer herrschte eine Mischung aus Vorfreude und Skepsis in Hinblick auf die Teilnahme am Versuch und der Nutzung des Caddys. Der Reifegrad des Themas Elektromobilität auf technischer Ebene wurde häufig in Frage gestellt. Meistens wurde die Kritik an den Punkten Ladedauer und Reichweite festgemacht.

Bis Ende des Berichtszeitraums 01.07.2013 – 31.12.2013 wurden insgesamt 22 Kunden befragt. Diese Befragungen umfassten 28 Vertreter/innen der Fuhrparkmanagement-Ebene und 42 Fahrer/innen. Wie oben beschrieben (siehe Abbildung), war das die erste Ebene der Untersuchung, die vor der Auslieferung der e-Caddys zu den Kunden stattfanden. Die erste Befragung deckte Fragestellungen ab, die sich auf allgemeine Einstellungen und Einschätzungen zum Thema Elektromobilität sowie auf die Erwartungen dem e-Caddy gegenüber bezogen. Die Tätigkeitsbereiche der Kunden beinhalteten Chemie, Energie- bzw. Wasserversorgung, staatliche Administration, Kurierdienste, Abfallentsorgung und Nahrungsmittel. Die Auswertung dieser Gespräche bildete die Basis der zweiten Ebene der Untersuchung, in denen die Kunden über Ihre Erfahrungen mit dem Fahrzeug befragt wurden. Für diese zweite Stufe wurden die Methoden für die Interviews und der Online-Befragung im damaligen Berichtszeitraum entwickelt.

Zu den Inhalten der Interviews konnten damals folgende Auffälligkeiten festgehalten werden: Unter den Kunden konnte sich langsam eine gewisse Typologie ausmachen, die auf der Rolle des Themas Elektromobilität und dem Tätigkeitsbereich der Firmen und Institutionen basiert. Grob gesagt, teilte sich das Thema zwischen Nachhaltigkeit und Ökonomie. Ein Teil der Kunden interessierte sich für das Thema ausschließlich aus ökonomischen Interessen heraus und/oder befolgt eine politische Vorgabe ohne höhergelagertes, intrinsisches Interesse zu zeigen. Hier spielten Außenwirkung und Nachhaltigkeit reduzierte Rollen. Bei anderen Kunden sind gerade diese Faktoren von höchster Wichtigkeit: Hier werden Kosten nicht gescheut, die Firmen auf allen Ebenen unter der Maßgabe von Nachhaltigkeitsgesichtspunkten auszurichten und dieses Vorgehen als ‚Image-Faktor‘ nach außen zu tragen. Diese Beschreibung basiert auf den Aussagen der Fuhrparkmanager/innen, die in diesem Berichtszeitraum befragt wurden. Für die Ebene der Fahrer/innen zeigte sich vor allem, dass bei den Erwartungen an den e-Caddy nur selten der tatsächliche Elektroantrieb im Fokus stand, sondern eher die Eignung und Integration in den Arbeitsablauf. Erwartet wurde ein zum Verbrennungsmotor gleichwertiges Fahrzeug, vor allem in Hinblick auf die Zuverlässigkeit. Änderungen oder ein Mehraufwand in der gewohnten Routine sind nicht gewünscht. Ein Großteil der befragten Personen beschrieb eine gewisse Unsicherheit und Skepsis gegenüber der Antriebsart. Besonders häufig wurden Bedenken über die Leistungsfähigkeit und die Reichweite des Fahrzeugs geäußert. Der zu erwartende Fahrkomfort wurde hingegen fast durchweg positiv antizipiert, genauso wie die zu erwartenden CO₂-Einsparungen.

Im Rahmen des Berichtszeitraums 01.01.2014 bis 30.06.2014 wurde die Feldphase für die Zweitbefragung der Kunden wie geplant größtenteils abgeschlossen. Inzwischen handelte es sich um 27 teilnehmende Firmen bzw. Institutionen. Diese Zahl hatte sich seit dem vorangegangenen Berichtszeitraum um fünf teilnehmende Firmen / Institutionen erhöht, die den Befragungszyklus einer

Vorbefragung (vor Erhalt der Fahrzeuge) und einer Zweitbefragung (nach einigen Wochen der Nutzung) durchlaufen hatten. Die Auswertung der gesammelten Online- und Offline-Daten war zum damaligen Zeitpunkt zu ca. 60% abgeschlossen. Zum damaligen Zeitpunkt zeigten die Auswertungen u.a. folgende Gesichtspunkte: Inhaltlich ergaben sich bei der Auswertung der Interviews mit den Fuhrparkmanagern bemerkenswerte Muster im Bereich der Anforderungen und Erwartungen, die an den e-Caddy von den Befragten gestellt wurden bzw. die sich im Umgang mit dem e-Caddy zeigten. Besonders wichtig erscheint, dass zwar ein großer Teil der Befragten durchaus das ökonomische Potenzial im Thema Elektromobilität erkannte – bspw. durch günstigeren Treibstoff oder geringere Abnutzung eines Elektrofahrzeugs im Vergleich zu einem Verbrenner vor allem auf kurzen Strecken – trotzdem spielten diese Einsparungen bei einigen Kunden nicht die größte Rolle. In diesem Kunden-Cluster war das Thema Nachhaltigkeit besonders hoch aufgehängt und zu deren Durchsetzung werden Mehrausgaben nicht gescheut. Daraus leitet sich aus Perspektive des Marketings u. a. die Notwendigkeit einer differenzierten Strategie und Herangehensweise an solche Kundengruppen ab. Das Fazit im Folgenden geht noch deutlich genauer auf die Typologie der Kunden ein.

Bei den Fahrern bestanden vor Beginn der Nutzungsphase der e-Caddys vor allem Unsicherheiten über die Zuverlässigkeit des Fahrzeuges und die Integration in den Arbeitsablauf. In der Zweitbefragung zeigte sich, dass im Zuge der Nutzung diese Bedenken weitestgehend nicht bestätigt wurden. Die Eingewöhnungsphase wurde als sehr kurz beschrieben und das Fahrverhalten, die Umweltfreundlichkeit des Fahrzeuges und das damit verbundene positive Image, sowie die gute Eignung für kurze Strecken besonders hervorgehoben. Auch im Vorfeld eher skeptisch eingestellte Versuchsteilnehmer, äußerten sich nach der Gewöhnung an das Fahrzeug positiv.

Insgesamt ist für den Großteil der Teilnehmer die dauerhafte Nutzung des Fahrzeuges im Arbeitsalltag vorstellbar oder sogar gewünscht. Besonders bei Fahrern, die eine geringe Fahrleistung aufweisen und/oder bei denen die Planbarkeit der Routen hoch ist (z. B. Post- und Kurierfahrten), scheint die Integration in den Arbeitsablauf reibungslos abzulaufen. Dies wird auch von den Fuhrparkmanagern durchweg bestätigt.

Parallel zu den Face-to-Face-Interviews wurden die Fahrer gebeten, zusätzlich eine kurze Online-Umfrage zu beantworten (vgl. Befragungsschema, Abbildung oben). 45 Fahrer nahmen an der Erstbefragung und 44 an der Zweitbefragung teil. Der Rücklauf entspricht in etwa der Anzahl der Fahrer, die auch tatsächlich mit dem Fahrzeug gefahren sind. Inhaltliche Schwerpunkte der Online-Umfrage liegen in den Themenbereichen Einstellungen & Erwartungen zum Thema Elektromobilität, sowie in der Bewertung des Caddy e-BlueMotion.

Im letzten Abschnitt des Berichtszeitraums (01.07.2014 – 31.12.2014) traten zur Begleitforschung des Instituts für Transportation Design noch zwei Kunden hinzu, welche zur Erstbefragung vor Auslieferung der Fahrzeuge besucht wurden. Ende Juli fand eine Präsentation von Zwischenergebnissen vor

Mitgliedern der beauftragenden Abteilung von Volkswagen Nutzfahrzeuge statt. Eine weitere Zwischenpräsentation fand Anfang August, diesmal mit Vertretern des BMU sowie VDI/VDE statt

Die Feldphase der Begleitforschung und die Auswertungsphase wurden bis Mitte September wie geplant und vollständig abgeschlossen und der Abschlussbericht hierzu fertig gestellt.

Der ursprünglich in einer früheren Projektphase terminierte Workshop mit einer Auswahl der befragten Fahrer des e-Caddy fand am 22.10.2014 in einem Schulungszentrum der Volkswagen AG statt und wurde von wissenschaftlichen Mitarbeitern des Instituts für Transportation Design moderiert. Die elf teilnehmenden Fahrer aus unterschiedlichen Branchen wurden zu verschiedenen Gesichtspunkten ihres Arbeitsalltags befragt. Danach wurden sie vor dem Hintergrund ihrer typischen Tätigkeiten zu ihren Eindrücken bzgl. zweier dort präsentierter Fahrzeuge (e-Co-Motion und e-Load Up!) befragt. Die Auswertung dieses Workshops wurde zum Ende des Jahres abgeschlossen. Eine Präsentation und die Übergabe der Ergebnisse wurde für Mitte Januar 2015 terminiert und durchgeführt.

4.5 Fazit

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der sozialwissenschaftlichen Begleitforschung des Instituts für Transportation Design komprimiert dargelegt. Zunächst geschieht dies mit den Einschätzungen und Bewertungen zum e-Caddy selbst. Danach folgen Ergebnisse zu den Einstellungen der Fahrer gegenüber dem Thema Elektromobilität und im Anschluss werden die Ergebnisse der Themen zusammengefasst, die in den Gesprächen mit den Fuhrparkmanagern von besonderer Bedeutung waren.

Zuletzt werden die Ergebnisse diskutiert und offene Fragen genannt, die in zukünftigen Projekten untersucht werden sollten.

Die Zusammenfassung basiert auf dem detaillierten Gesamtbericht des Instituts für Transportation Design.

4.5.1 Zusammenfassung e-Caddy

Zusammenfassend lassen sich für den e-Caddy folgende Punkte festhalten:

Die Fahrer konnten sich schnell an den e-Caddy gewöhnen, eine vertraute Anordnung der Bedienelemente erleichterte den Einstieg. Die Weiternutzungsbereitschaft ist stark von den Anforderungen im Arbeitsalltag abhängig. Fahrer, die in Zukunft die Nutzung eines Verbrenners bevorzugen würden, lehnen Elektromobilität nicht ab. Die Ursache liegt in tätigkeitsspezifischen Anforderungen. Die Fuhrparkmanager sind mit der Alltagstauglichkeit des e-Caddy in aller Regel sehr zufrieden.

Die Reichweite des e-Caddy könnte zum Stressfaktor im Arbeitsalltag werden. Viele Fahrer würden sich einen kleinen Puffer zusätzlich wünschen. Das würde die planerische Flexibilität für die Fuhrparkmanager weniger strapazieren. Verbesserungspotenzial liegt auch in der Restreichweitenanzeige: Der hohe Energieabfall zu Beginn der Fahrt führt zu Verunsicherung.

Besondere Eignung des e-Caddy zeigte sich demnach bei Fahrern mit Tagesdistanzen bis zu 50 km bzw. gut planbaren Einsatzfeldern, z.B. im Rahmen von Post- und Kurierwegen.

Bei Fahrern, die fast ausschließlich Kurzstrecken fahren, wird der Elektroantrieb dem Dieselmotor als überlegen angesehen – u.a. wg. des Problems der Verrußung. Besonders ungeeignet erscheint der e-Caddy allerdings für Betriebe mit Mehrschichtbetrieb, unregelmäßigen Einsatzfeldern mit vielen spontanen Fahrten oder häufigen Umlanungen und für lange Distanzen.

Die großen Stärken des e-Caddy liegen in den Bereichen Fahrverhalten und Fahrkomfort. Von den Fahrern wird häufig angegeben, dass das Fahren mit E-Mobilität durch geringere Lärmbelastigung und ruhigeres Fahren entspannter ist. Gerade das sind Eigenschaften, die im Vorfeld nicht bekannt sind bzw. erst durch das Erleben erfahrbar oder wertgeschätzt werden. Solange jedoch noch keine Gewöhnung anderer Verkehrsteilnehmer an Elektrofahrzeuge besteht, wird der Soundgenerator als unerlässlich betrachtet.

Berührungsängste oder Vorurteile konnten genommen werden, großes Problem bleibt aber die (gefühlte) geringe Flexibilität im Arbeitsalltag bedingt durch Reichweite und Dauer des Ladevorgangs: Das Laden ist nur an bestimmten Stellen möglich und dauert recht lange. Das macht das Tourenmanagement aufwendiger, wenn bspw. morgens eine lange Tour stattfindet und dadurch das Fahrzeug am Nachmittag nicht mehr einsatzfähig ist. Eine einfachere Bedienung der Wallbox, mehr Ladeanschlussmöglichkeiten am Fahrzeug, einheitliche Stecker und flexible Lademöglichkeiten werden gewünscht. Jedoch wird hier aber auch angeführt, dass diese Umstände eine Frage der Gewöhnung sind. Allgemein konnte eine steile Lernkurve beobachtet werden, was bei den Fahrern dazu führte, den e-Caddy auch in allen Facetten zu nutzen. Das gilt vor allem für die Rekuperation, an die sich die Fahrer schnell gewöhnen konnten und sie

positiv bewerteten. Eine einheitliche Bedienung der Rekuperation über verschiedene Elektrofahrzeuge hinweg wird allerdings gewünscht.

4.5.2 Zusammenfassung Einstellungen

Ergebnisse, die nicht direkt den e-Caddy betreffen, sondern sich eher im Bereich der allgemeinen Einstellungen zur Elektromobilität ansiedeln, sehen wie folgt aus:

Die Einstellung der Fahrer gegenüber dem Thema Elektromobilität hat sich durch die Nutzung nicht wesentlich verändert, sie bleibt tendenziell positiv. Die geringe Veränderung lässt sich durch die Vorerfahrung mancher Fahrer sowie der unemotionalen Einstellung zum Fahrzeug als Arbeitsgerät erklären.

Bereits gemachte Erfahrungen mit alternativen Antrieben sind grundsätzlich positiv. Das Vorwissen der Fahrer ist in Unternehmen am größten, in denen bereits Erfahrungen mit alternativen Antrieben gesammelt werden konnten. Nur vereinzelt besteht ein starkes Eigeninteresse der Fahrer. Durch die Versuchsteilnahme gewinnt Elektromobilität an Bedeutung und wird zum Gesprächsthema unter Freunden und Familie - aber besonders im Kollegenkreis. Fuhrparkmanager sind grundsätzlich gut über Elektromobilität informiert und haben ein differenziertes Bild.

4.5.3 Zusammenfassung Themen des Fuhrparkmanagements

Themen, die vor allem in den Gesprächen mit den Fuhrparkmanagern von Bedeutung waren, waren das Thema Förderung, Telematik sowie Fragen zu Purpose und Conversion Design. Eine Ableitung aus diesen Interviews stellt die Kundentypologie dar, deren Zusammenfassung hier ebenfalls erfolgt.

a) Förderung

Das Metier des Fuhrparkmanagements ist in den meisten Fällen sehr ökonomisch geprägt. Daher ist die größte Hürde der Elektromobilität deren Anschaffungspreis aus Perspektive der Fuhrparkmanager. Eine Vergünstigung auf dieser Ebene wird unter den Fördermaßnahmen als häufigster Wunsch genannt. Dieser wurde von den Befragten implizit an die Hersteller gerichtet. Weitere Fördermöglichkeiten stehen aus Perspektive der Fuhrparkmanager in der Verantwortung der Politik: Eine Senkung der Strompreise, steuerliche Vergünstigungen und infrastrukturelle Maßnahmen.

b) Purpose & Conversion-Design

Dass gestalterische Gesichtspunkte für die Fuhrparkmanager eine zweitrangige Bedeutung besitzen, hat sich in den Gesprächen beim Thema Purpose und Conversion Design gezeigt. Auf was es ankommt ist a)

ein möglichst geringer Aufwand der Umstellung für die Fahrer auf ein neues (elektrisches) Fahrzeug und b) dass die veränderte Gestaltung nicht auf Kosten wichtiger Komponenten wie der Ladefläche gehen darf. Dass Purpose Design durchaus Vorteile bspw. für die Fahrleistung erbringen kann, wird nur selten assoziiert.

c) Telematik

Die befragten Fuhrparkmanager assoziieren drei Anwendungen mit dem Thema Telematik: Direkte, verbale Kommunikation des Betriebs mit Fahrern, passive Kommunikation von Fahrzeugen untereinander und das Auslesen von Fahrzeugdaten aus der Ferne. Für die ersten zwei Anwendungen besteht hauptsächlich bei Firmen ein Interesse, die komplexe Streckenprofile arbeitstäglich bewältigen – bspw. mit mehreren Zwischenstopps und spontanen Umplanungen. Die Größe des Fuhrparks ist bei diesen Anwendungen weniger wichtig. Diese Kunden sind typischerweise im PEK-Bereich angesiedelt, bzw. verrichten Montagearbeiten.

Das Auslesen von Fahrzeugdaten bzgl. Wartungszustand, Verbrauch, Bewegungsdaten etc. ist für mehr Firmen interessant, da damit häufig die Instandhaltung des Fuhrparks assoziiert wird. Problematisch werden dabei aber der Auswertungsaufwand und die Einhaltung des Datenschutzes gesehen.

d) Kundentypologie

Die befragten VW-Kunden lassen sich anhand der Bedeutung, die sie der Elektromobilität zuschreiben und zu welchem Zweck sie Elektromobilität einsetzen in eine Typologie einordnen.

Der Typus des Ökonomikers setzt E-Fahrzeuge in erster Linie zur Reduzierung der Treibstoffkosten ein. In diesen Typ fallen bspw. auch die Energieversorger. Bei diesen wird Elektromobilität außerdem als Werbemaßnahme eingesetzt, um bei deren Kunden Interesse und in Folge erhöhten Energiebedarf zu generieren.

Der Kundentyp der Passiven besitzt eine homogene Branchenstruktur und enthält ausschließlich Bundesämter. Dieser werden durch zwei Agenden der Bundesregierung gesteuert. Das ist einerseits die Reduzierung der CO₂-Emissionen in Fuhrparks und zweitens der Plan, bis 2020 eine Million E-Fahrzeuge auf deutschen Straßen zu haben. Die Passiven haben kein intrinsisches Interesse an E-Mobilität. Daher wird sie hier auch ohne Gesamtzusammenhang wie Car Policies o.ä. eingesetzt.

Die Pragmatiker setzen E-Fahrzeuge zum Ziel der Emissionsreduzierung ein. Das ist einerseits eine Kostenersparnis, andererseits sehen sich die VW-Kunden in diesem Typus darin verantwortlich, die Städte mit weniger Emissionen zu belasten. Die Pragmatiker sind zwar sehr preisgetrieben, andererseits sind sie zu Mehrausgaben bereit und erfüllen das Ziel der Emissionsreduzierung durch strenge, selbstaufgelegte Car Policies.

Die Grünaktiven gehören in Branchen, die sich mit Gütern und Prozessen befassen, die in der Öffentlichkeit häufig kritisch betrachtet werden – z.B. Chemie. Sie sind sich der möglichen Kritik bewusst und kompensieren dieses Stigma mit einer radikalen Umstrukturierung ihrer Firmen in Richtung Nachhaltigkeit. Hierzu gehört natürlich auch der Fuhrpark, der strenge Car Policies aufweist. Aus diesem Grund ist dieser Typus auch ausdrücklich zu Mehrausgaben bereit.

4.5.4 Diskussion

Der e-Caddy kommt sowohl bei den Fahrern wie bei den Fuhrparkmanagern wirklich gut an. Es gibt kaum technologiebezogene Akzeptanzprobleme - Elektromobilität wird nicht an sich abgelehnt, sondern es gibt hauptsächlich eine tätigkeitsspezifische Ablehnung von Elektromobilität. Sie passt einfach nicht zu allen Arbeitsanforderungen. Bei der im Allgemeinen guten Bewertung dürfen aber zwei Dinge nicht vergessen werden:

Erstens handelt es sich um einen Test-Einsatz, d.h. dass bei den Befragten stets die Bewusstheit der zeitlichen Begrenztheit des Einsatzes zu bedenken gilt. Es handelt sich also nicht um eine dauerhafte Entscheidung für ein elektrisches Nutzfahrzeug. Es lässt sich vermuten, dass das die Bewertung des Fahrzeugs in geringem Maße positiv beeinflusst hat. Kleine Ärgernisse und Einschränkungen wären ggf. negativer bewertet worden, hätte es sich um ein gekauftes Fahrzeug gehandelt.

Der zweite zu beachtende Faktor ist, dass es stets Dinge zu verbessern gibt. Das bezieht sich nicht nur auf das Fahrzeug, sondern auch um die Randbedingungen. Die Schulungen wurden bspw. als sehr gut bewertet. Dies wurde in den Interviews häufiger erwähnt, auch wenn das nicht Teil der Leitfäden war. Kritisch wurden aber die Einschränkungen in den Nutzungsverträgen von den Fuhrparkmanagern betrachtet. Diese verunmöglichten einen Einsatz des Fahrzeugs unter realistischen Bedingungen des Arbeitsalltags teilweise und sollten bei einem weiteren Versuch überdacht werden. Feldwege müssen befahren werden dürfen und eine Form der Eigenhilfe in Pannensituationen sollte möglich sein.

In diesem Zusammenhang wurde auch die Koordination mit den Werkstätten bemängelt. Diese waren teilweise sehr weit von den teilnehmenden Firmen entfernt, so dass auch einfache Maßnahmen wie das Wechseln von Reifen o.ä. mit hohem Zeitaufwand verbunden waren. Ebenfalls wurde die Kommunikation bei Ausfällen des Fahrzeugs als eher träge beschrieben. Es kam vor, dass von Seiten der Firmen mehrfach nachgehakt werden musste, um Informationen über die Dauer der Reparaturmaßnahmen zu erhalten.

Wie beschrieben handelt es sich hier um die Ergebnisse eines Tests. Für manche der Firmen steht eine tatsächliche Einbindung von elektrischen Nutzfahrzeugen auf einem anderen Blatt. Bis elektrische

Nutzfahrzeuge eher den Charakter eines Selbstläufers erhalten, sind noch einige Hürden zu überwinden. Hier stehen zwei zentrale Themen im Mittelpunkt:

Erstens müssen die Hersteller mehr Stakeholder an den runden Tisch laden. Der Aufbau der Infrastruktur muss bspw. koordinierter und benutzerfreundlicher stattfinden. Hier ist die Kooperation mit Finanzinstituten und Energieversorgern sowie mit Städten und Kommunen zielführend.

Zweitens muss den (potenziellen) Nutzern die Möglichkeit der Selbsterfahrung gegeben werden. Demonstrationsprojekte, Workshops, Anforderungsanalysen etc. sind von größter Wichtigkeit, um dem Kunden maßgeschneiderte Angebote machen zu können. Denn aus Perspektive der Innovationssoziologie befindet sich die Elektromobilität derzeit noch in einer Nische. In einer solchen Nische haben technische Systeme die Möglichkeit, sich zu verändern, zu verbessern und stärker zu werden, bevor sie über den offenen Markt den Versuch wagen, sich zu etablieren und andere technische Regime abzulösen. Bleiben diese Technologien aber zu lange in einer Nische, verliert der Prozess seine Eigendynamik und droht zu kollabieren (vgl. Hoogma, Kemp, Schot, & Truffer, 2002).

Egal, ob es sich um gewerblichen Verkehr oder die Privatnutzer handelt – in beiden Fällen geht es um den Menschen, der sich auf ein neues Konzept einlassen muss. Daher ist der direkte Kontakt zur Elektromobilität so wichtig. Eine Grundannahme der Elektromobilitätsforschung des Instituts für Transportation Design, dass Akzeptanz gegenüber neuen technischen Systemen durch den Gebrauch entsteht (vgl. Schlager, 2010), konnte erneut bestätigt werden. Nur durch den erfahrenen Umgang können Hemmnisse am nachdrücklichsten abgebaut werden. Dabei geht es hier konkret darum einen neuen Bewusstseinsrahmen zu etablieren und den Nutzern nahe zu bringen, dass Elektrofahrzeuge und herkömmliche Fahrzeuge zwei verschiedene Mobilitätskonzepte sind und nicht direkt verglichen werden können.

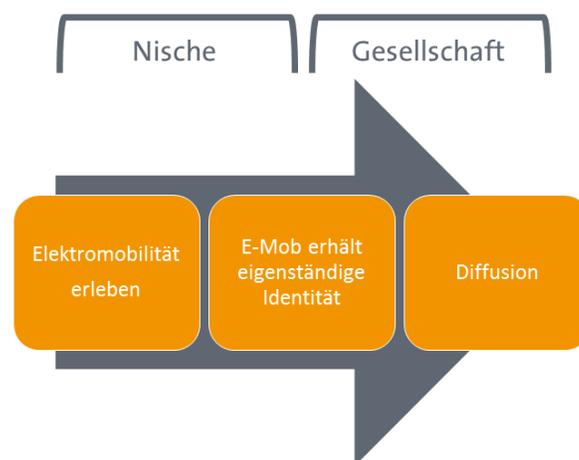


Abbildung 10: Gesellschaftliche Diffusion der Elektromobilität

Dabei ist eines der wichtigsten Ergebnisse der Begleitforschung von Ecargo zu beachten: Die Kunden unterscheiden sich sehr stark darin, welche Bedeutung sie der Elektromobilität zuschreiben. Daher müssen die Hersteller die Kunden besser kennen lernen und analysieren, wie sich die Kunden selbst wahrnehmen und wie sie sich selbst in der Gesellschaft verorten und von außen gesehen werden wollen. Das ist ein notwendiger Schritt, um dem Kunden auf der Ebene begegnen zu können, auf der er sich verstanden sehen will. So ist es möglich, bspw. dem ökonomisch orientierten Kunden ein einfaches, werbewirksames Elektrofahrzeug mit Conversion Design anzubieten und einem an Nachhaltigkeit interessierten Kunden ein herausragend innovatives Fahrzeug, das auch durchaus mehr kosten darf. Den Kunden besser kennen zu lernen und zu verstehen ist, so lange elektrische Nutzfahrzeuge sich noch nicht in der Phase der Massenverbreitung befinden, ist dringend notwendig. Denn nicht zuletzt ist die Integration von elektrischen Nutzfahrzeugen in gewerblichen Flotten ein essenzieller Schritt, um auch die Lebenswelt der Privatanutzer zu prägen und dadurch Elektromobilität aus der Nische in die Gesamtgesellschaft zu tragen.

4.5.5 Ausblick und offene Fragen

Die Begleitforschung dieses Projektes hat viele interessante Ergebnisse erzeugt. Gleichzeitig ist aber dadurch auch eine nicht minder große Zahl an neuen Fragen entstanden. Daher gilt es, in Anschlussprojekten diese Fragen näher zu beleuchten, um die gesamtgesellschaftliche Diffusion der Elektromobilität noch besser unterstützen zu können.

Nur eine kleine Auswahl der offenen Fragen lautet:

Die Frage nach einer Wirtschaftlichkeitsabschätzung des e-Caddy wurde zwar in den Zweitbefragungen an die Fuhrparkmanager gerichtet, konnte aber nicht beantwortet oder nur grob geschätzt werden. Das lag daran, dass eine feste Miete für das Auto bezahlt wurde, also kein fester Kaufpreis o.ä. entrichtet wurde und die Nutzungsdauer auch meist für eine solche Abschätzung nicht ausreichte. Daher stellt sich die Frage, wie weit elektrische Nutzfahrzeuge aus Perspektive der Fuhrparkmanager von der Wirtschaftlichkeitsschwelle entfernt sind. Daran anschließend stellen sich weitere Fragen, die sich darauf beziehen, wie Kosten und Nutzen in die Gesamtbetriebskosten eines einzelnen E-Fahrzeugs bzw. in die Gesamtbilanz einfließen. Und inwieweit können „weiche Faktoren“ wie ein Imagegewinn in einer solchen Bilanz verortet werden?

Die Branchenauswahl war bei Ecargo aus verschiedenen Gründen etwas begrenzt. Eine deutliche Zahl gerade von innerstädtischen Dienstleistungen, bei denen Elektromobilität einen klaren Vorteil böte, müssten in einem Anschlussprojekt integriert werden. Hier ergäbe sich auch die Möglichkeit der Überprüfung und Erweiterung der oben beschriebenen Kundentypologie. Eine Auswahl von solchen Dienstleistern wären Taxiunternehmen, Pflegedienste, Pizzaliefersdienste, Kurierdienste, Behörden und

viele mehr. Hier ist eine stärker ausdifferenzierte Untersuchung dringend nötig, um relevante Hemmnisse und Treiber zu speziellen Branchen besser zuordnen und analysieren zu können.

Die Kundentypologie hat zwei Typen aufgezeigt, die zu Mehrausgaben für nachhaltigere Fahrzeuge bereit sind (vgl. Abschnitt oben und Kapitel 9 der Gesamtstudie). Aber wie hoch ist diese Aufpreisbereitschaft? Hier ist eine genaue Einschätzung und valide Messung notwendig. Dasselbe gilt für die eher ökonomisch orientierten Kunden: Wie sieht es bei diesen mit der Zahlungsbereitschaft aus? Wo liegen die „finanziellen Schmerzgrenzen“?

Die Fuhrparkmanager haben sich zur Frage geäußert, welche Fördermaßnahmen einen Anreiz böten, mehr elektrische Nutzfahrzeuge in die Flotten zu integrieren (vgl. Abschnitt oben und Kapitel 11 der Gesamtstudie). Was gibt es noch für weitere Anreizsysteme außer der Reduzierung des Einstandspreises? Welche Dienstleistungen könnten mit dem Kauf eines E-Fahrzeugs kombiniert werden, um Vorteile für den Kunden zu erzeugen?

In diesem Zusammenhang wurde auch der Ruf nach dem Ausbau der Ladeinfrastruktur laut. Aber wie müsste diese aussehen? Wie dicht sollte ein Netz von Ladesäulen aus Perspektive der Fuhrparkmanager sein? Wie müssten diese organisiert sein, welche Eigenschaften müssten sie haben, wie müssten bspw. auch Bezahlungsmodalitäten geregelt sein um dem gewerblichen Verkehr einen Mehrwert zu bieten? Ist eine öffentliche Ladeinfrastruktur für den gewerblichen Verkehr überhaupt von Bedeutung oder ist der Ruf nach deren Etablierung eher mit der Signalwirkung verbunden, mit dem Erwerb eines Elektrofahrzeugs in eine strukturell und gefühlt sicherere Zukunft fahren zu können?

Auch sind auf eher technischer Ebene viele Fragen offen:

Die Eigenschaft, die in der Bewertung des e-Caddy am schlechtesten abgeschnitten hat, ist die Reichweite (vgl. Kapitel 8.5.1 der Gesamtstudie). Interessant wäre daher eine Untersuchung, inwieweit die Bewertung der Reichweite mit der Dauer der Ladezeiten interagiert. Kompensiert eine kürzere Ladezeit also eine geringe Reichweite?

Die Fahrer hatten teilweise mit starken Einwirkungen des Klimas auf die Reichweite zu kämpfen (vgl. Kapitel 8.6.6 der Gesamtstudie). In diesem Zusammenhang wäre die Frage zu stellen, wie groß ein zusätzlicher Reichweiten-Sicherheitspuffer sein müsste, um den Einsatz von Zusatzverbrauchern zu kompensieren.

In diesem Zusammenhang stellt sich ebenfalls auf Ebene der Wahrnehmung die basale Frage, wie Mobilitätsanforderungen und die vorhandene Reichweite eines E-Fahrzeugs zusammen hängen?

Diese vielen Fragen sind nur eine kleine Auswahl offener Punkte, die es bald zu untersuchen gilt. Aktuell hat das Thema Elektromobilität eine besondere Dynamik in der öffentlichen Diskussion, in den Medien, der Politik, den Anwendern und bei den Herstellern. Daher gilt es jetzt, diese Dynamik zu bewahren und

die notwendigen Schritte einzuleiten. Dazu gehört die die dauerhafte Implementierung sozialwissenschaftlicher Begleitforschung, die in ihrer Rolle als zentraler Moderator zwischen den Parteien und nicht zuletzt für den Markterfolg einen essenziellen Beitrag liefert. Zur Rolle als Moderator ist hier abschließend die Abbildung 11 aufgeführt.



Abbildung 11: Begleitforschung als Moderator

5) AP4: Datendokumentation und Auswertung

5.1 Datalogging - Ermittlung der Energieverbräuche

Die Energieverbräuche wurden für jedes einzelne Fahrzeug ermittelt und lassen sich individuell darstellen. Die Tabellen 5 und 6 geben einen statistischen Überblick der ermittelten Energieverbräuche für kurzen Radstand und Maxi. Im Schnitt liegt der Verbrauch auf ähnlichem Niveau (21,32 kWh/100km für den kurzen Radstand und 21,80 kWh/100km für den Maxi). Aufgrund der größeren Batterie ist die Energie pro Ladevorgang beim Maxi größer, was beim ähnlichen Durchschnittsverbrauch eine längere Strecke pro Ladevorgang bedeutet. Die maximale Energiemenge pro Ladevorgang beträgt sowohl beim kurzen Radstand als auch beim Maxi ca. die halbe Batteriekapazität. Anscheinend wurden die Routen und Ladezeiten von den Kunden so geplant, dass genug Reserve übrigbleibt. Bei der Betrachtung der minimalen Energiemenge pro Ladung fällt auf, dass bereits ab ca. 80% SOC nachgeladen wird. Einige Kunden nutzen scheinbar jede Gelegenheit die Autos nachzuladen.

Flotte		geloggte Laufleistung [km]	Lade- vorgänge	∑ entladene kWh	∑ rekuperierte kWh	∅ Verbrauch kWh/100km	∑ geladene kWh (BMS)	∑ geladene kWh (LAD)	∅ Ladung / Ladevorgang [kWh]
KR All	∅	6465	284	1807	445	21,32	1491	1645	6,01
	min.	1581	47	375	71	17,59	322	351	3,57
	max.	20122	718	5040	1187	26,77	4194	4577	8,55

Tabelle 5: Energiebilanzen BMS, kurzer Radstand

Flotte		geloggte Laufleistung [km]	Lade- vorgänge	∑ entladene kWh	∑ rekuperierte kWh	∅ Verbrauch kWh/100km	∑ geladene kWh (BMS)	∑ geladene kWh (LAD)	∅ Ladung / Ladevorgang [kWh]
Maxi All	∅	9769	338	2750	607	21,80	2321	2562	7,73
	min.	3382	90	754	159	17,62	692	780	4,86
	max.	16850	586	4756	1314	28,07	3907	4334	10,33

Tabelle 6: Energiebilanzen BMS, Maxi

5.2 Fahrprofil- und Energieverbrauchsanalyse

Die Fahrzeuge wurden nach Branchen aufgeteilt. Die Tabellen 7 bis 10 geben einen Überblick über die Fahrzeugzuordnung, die Betrachtungszeiträume und die entsprechenden zurückgelegten Laufleistungen. Da einige Fahrzeuge mehrere Nutzer hatten, können sie in mehreren Tabellen erscheinen. Die ausgewerteten Zeiträume wurden in solchen Fällen entsprechend eingeschränkt. Da die Karosserieform einen untergeordneten Einfluss auf den Verbrauch hat (vgl. Punkt 5.1), wurde nicht mehr nach kurzem Radstand und Maxi unterschieden. Auf diese Weise konnte vermieden werden, dass sich bei einigen Branchen nur einzelne Fahrzeuge darstellen lassen

Gruppen	Fahrzeuge (Zeitraum)	Strecke gerundet [km]				
		Gang1	GangD	GangB	GangR	Gesamt
Bank	VN337 30090 (2013-09-17 07:15:08 bis 2014-03-04 09:29:32)	2.148,37	1.954,08	194,29	3,90	2.152
	VN337 30091 (2014-11-19 08:02:05 bis 2015-02-04 08:01:05)	1.493,85	42,14	1.451,71	3,52	1.497
	VN337130034 (2014-03-20 10:52:02 bis 2015-06-24 14:53:07)	4.802,58	2.700,28	2.102,30	11,14	4.814
	VN337130044 (2014-03-19 18:38:03 bis 2015-04-22 16:09:05)	4.989,97	2.405,43	2.584,54	12,62	5.003
	VN337130047 (2014-03-12 19:06:05 bis 2015-06-10 07:43:06)	7.412,71	2.582,58	4.830,13	14,72	7.427
	Gesamt	20.847,48	9.684,51	11.162,97	45,90	20.893
Handel	VN337 30086 (2013-09-13 18:30:19 bis 2015-03-18 09:35:05)	11.907,39	409,72	11.497,67	34,32	11.942
	VN337 30103 (2014-07-09 09:10:04 bis 2015-07-01 09:58:03)	17.085,62	235,13	16.850,48	25,59	17.111
	VN337130029 (2013-09-25 08:11:13 bis 2014-03-03 14:35:08)	6.187,32	660,21	5.527,11	13,58	6.201
	VN337130040 (2013-08-20 08:33:47 bis 2014-09-10 13:21:06)	4.784,80	4.240,83	543,98	9,69	4.794
	Gesamt	39.965,12	5.545,89	34.419,24	83,18	40.048
Ministerium	VN337 30085 (2013-06-17 07:59:09 bis 2014-01-22 11:12:25)	4.839,51	3.422,02	1.417,49	22,10	4.862
	VN337 30085 (2014-05-14 10:47:03 bis 2014-12-17 08:50:23)	4.667,90	116,82	4.551,08	11,95	4.680
	VN337130031 (2013-08-23 14:44:05 bis 2014-08-27 08:17:03)	4.109,86	68,27	4.041,60	16,45	4.126
	VN337130032 (2013-08-12 14:09:02 bis 2015-07-08 13:04:07)	11.034,60	343,14	10.691,46	241,84	11.276
	VN337130039 (2013-08-15 16:06:04 bis 2015-06-24 07:49:04)	16.936,27	1.560,47	15.375,80	52,17	16.988
	VN337130048 (2015-01-21 00:01:07 bis 2015-07-08 02:52:33)	2.469,76	1.858,03	611,72	4,32	2.474
Gesamt	44.057,90	7.368,77	36.689,14	348,82	44.407	

Tabelle 7: Laufleistungsübersicht nach Branchen (1/4)

Gruppen	Fahrzeuge (Zeitraum)	Strecke gerundet [km]				Gesamt
		Gang1	GangD	GangB	GangR	
EVU / WV	VN337 30087 (2013-11-13 10:17:06 bis 2014-12-10 14:20:05)	11.935,72	141,71	11.794,01	27,01	11.963
	VN337 30090 (2014-03-19 07:46:13 bis 2014-07-30 06:44:23)	3.041,06	2.887,67	153,39	5,54	3.047
	VN337 30091 (2013-10-21 15:16:33 bis 2014-06-11 12:20:06)	2.967,90	222,09	2.745,81	7,03	2.975
	VN337 30100 (2015-03-18 16:43:04 bis 2015-04-08 11:17:04)	1.019,24	970,80	48,45	5,59	1.025
	VN337 30101 (2013-10-23 12:49:31 bis 2015-06-24 15:05:06)	7.516,76	286,23	7.230,53	16,85	7.534
	VN337130031 (2015-06-24 14:28:04 bis 2015-07-01 14:33:04)	543,06	438,79	104,27	0,57	544
	VN337130033 (2013-09-12 16:10:13 bis 2014-06-18 08:57:56)	2.096,75	1.683,88	412,87	6,63	2.103
	VN337130035 (2013-09-24 15:14:49 bis 2014-03-04 15:00:13)	14.704,48	1.219,51	13.484,97	7,91	14.712
	VN337130037 (2013-09-23 16:08:02 bis 2014-03-12 16:06:03)	2.791,75	2.009,89	781,86	19,11	2.811
	VN337130038 (2013-10-30 15:12:38 bis 2015-07-08 13:55:05)	10.224,38	745,01	9.479,38	18,92	10.243
	VN337130041 (2014-02-05 08:35:46 bis 2014-07-16 05:53:04)	5.358,16	444,22	4.913,95	4,66	5.363
	VN337130042 (2013-09-23 14:18:24 bis 2014-09-17 06:58:02)	11.719,49	10.034,26	1.685,22	19,62	11.739
	VN337130042 (2014-11-13 10:09:53 bis 2015-06-03 10:37:05)	3.394,96	791,53	2.603,43	8,59	3.404
	VN337130043 (2013-09-12 14:09:01 bis 2014-12-17 15:05:08)	5.834,01	1.310,95	4.523,06	9,61	5.844
	VN337130048 (2013-10-21 16:34:12 bis 2014-11-14 12:33:23)	14.428,55	6.388,02	8.040,55	14,52	14.443
	Gesamt	97.576,27	29.574,55	68.001,74	172,15	97.748

Tabelle 8: Laufleistungsübersicht nach Branchen (2/4)

Gruppen	Fahrzeuge (Zeitraum)	Strecke gerundet [km]				Gesamt
		Gang1	GangD	GangB	GangR	
Hochschule	VN337 30095 (2014-10-16 10:10:14 bis 2015-07-08 14:03:29)	5.961,35	404,20	5.557,14	21,39	5.983
	VN337 30097 (2014-08-06 13:38:08 bis 2015-06-15 12:05:39)	5.471,72	1.406,51	4.065,21	13,86	5.486
	VN337 30099 (2014-08-13 14:10:05 bis 2015-07-08 10:41:04)	2.263,16	602,45	1.660,70	5,88	2.269
	VN337 30102 (2014-08-06 09:51:22 bis 2014-11-26 09:54:04)	2.503,65	2.273,16	230,49	2,54	2.506
	VN337130031 (2015-05-06 06:53:26 bis 2015-06-12 10:39:00)	2.467,04	1.349,28	1.117,75	3,42	2.470
	VN337130040 (2014-09-10 13:21:06 bis 2015-06-24 00:01:06)	3.314,67	893,24	2.421,44	9,47	3.324
	VN337130041 (2014-09-03 09:29:51 bis 2015-06-10 13:35:06)	4.318,65	394,96	3.923,69	18,13	4.337
	VN337130045 (2014-09-03 07:59:12 bis 2015-07-08 14:37:03)	7.085,09	3.630,68	3.454,41	20,33	7.105
	Gesamt	33.385,32	10.954,49	22.430,84	95,01	33.480
	Kur. / Log.	VN337 30088 (2014-06-18 13:58:05 bis 2014-12-31 15:18:05)	2.768,19	110,22	2.657,98	44,59
VN337 30089 (2014-06-18 13:25:04 bis 2014-12-08 13:56:32)		4.110,58	259,43	3.851,14	59,83	4.170
VN337 30096 (2013-12-11 12:49:14 bis 2014-05-28 11:06:02)		3.737,00	745,52	2.991,47	11,80	3.749
VN337 30100 (2014-06-03 10:52:20 bis 2014-08-27 12:38:03)		1.520,71	1.475,35	45,36	3,55	1.524
VN337 30103 (2013-11-13 07:59:42 bis 2014-05-07 13:12:13)		4.688,51	536,88	4.151,64	10,84	4.699
VN337130036 (2013-08-22 10:45:05 bis 2014-06-02 15:02:42)		5.891,46	5.314,28	577,18	10,14	5.902
VN337130036 (2014-09-03 13:22:05 bis 2015-07-08 12:35:05)		5.905,33	5.856,70	48,62	12,68	5.918
VN337130046 (2014-03-26 14:26:02 bis 2014-08-06 06:45:14)		5.990,06	397,61	5.592,45	42,57	6.033
Gesamt		34.611,84	14.695,99	19.915,84	196,00	34.808

Tabelle 9: Laufleistungsübersicht nach Branchen (3/4)

Gruppen	Fahrzeuge (Zeitraum)	Strecke gerundet [km]				Gesamt
		Gang1	GangD	GangB	GangR	
Sonstige	VN337 30084 (2013-09-24 12:06:06 bis 2014-02-26 08:53:05)	4.851,80	2.660,89	2.190,92	11,78	4.864
	VN337 30092 (2014-11-17 16:37:25 bis 2015-06-24 15:10:55)	137,63	89,16	48,48	1,13	139
	VN337 30093 (2013-09-24 12:15:05 bis 2014-03-03 15:47:29)	2.743,76	161,92	2.581,84	9,24	2.753
	VN337 30094 (2013-12-11 11:48:05 bis 2015-04-29 16:32:07)	5.809,16	5.437,54	371,62	19,41	5.829
	VN337 30096 (2015-05-07 15:45:25 bis 2015-07-08 08:25:20)	917,99	415,23	502,76	3,16	921
	VN337 30098 (2013-10-30 16:58:05 bis 2015-07-08 15:07:06)	10.769,39	8.461,40	2.307,98	14,99	10.784
	VN337 30102 (2014-01-15 12:06:03 bis 2014-08-06 09:51:22)	613,88	490,47	123,41	1,02	615
	VN337 30102 (2014-12-10 13:18:05 bis 2015-04-29 18:37:04)	98,18	77,17	21,01	0,32	99
	VN337 30102 (2015-04-29 18:37:04 bis 2015-06-12 11:40:58)	416,12	397,07	19,05	1,48	418
	VN337130029 (2014-03-19 11:30:02 bis 2014-08-13 13:39:04)	3.033,76	1.298,03	1.735,73	11,65	3.045
	VN337130030 (2013-09-16 08:36:39 bis 2014-03-04 08:31:27)	4.879,63	4.480,67	398,96	7,79	4.887
	VN337130030 (2014-04-30 08:55:06 bis 2014-07-09 07:10:05)	1.122,95	37,38	1.085,57	0,98	1.124
	VN337130031 (2014-09-17 13:31:03 bis 2015-01-08 10:10:16)	1.224,27	316,39	907,88	3,46	1.228
	VN337130033 (2014-12-03 12:31:00 bis 2015-06-24 14:53:22)	2.144,63	1.693,11	451,52	2,55	2.147
	VN337130034 (2013-08-26 12:38:46 bis 2014-01-23 15:20:53)	5.007,88	3.105,88	1.902,00	15,84	5.024
	VN337130035 (2014-03-19 13:21:21 bis 2014-05-28 14:34:04)	946,15	916,93	29,21	1,57	948
	VN337130037 (2014-05-14 10:14:03 bis 2015-07-08 14:22:05)	10.377,88	421,24	9.956,64	12,00	10.390
	VN337130042 (2015-06-03 10:37:05 bis 2015-07-08 00:01:04)	1.367,59	1.213,42	154,17	2,18	1.370
	VN337130045 (2014-01-22 00:01:06 bis 2014-07-16 07:16:16)	2.181,60	1.902,03	279,57	3,26	2.185
	VN337130046 (2013-09-25 12:15:06 bis 2014-03-03 10:49:49)	1.620,20	251,51	1.368,69	1,97	1.622
	Gesamt	60.264,46	33.827,46	26.436,99	125,78	60.390

Tabelle 10: Laufleistungsübersicht nach Branchen (4/4)

Die Tabellen 11 bis 14 zeigen die branchenspezifischen Energieverbräuche. Der geringste Verbrauch wird bei Energie- bzw. Wasserversorgern erreicht (20,18 kWh/100km), der höchste bei Banken (23,97kWh/100 km). Es bedeutet einen branchenspezifischen Unterschied von 15%.

Flotte		geloggte Laufleistung [km]	Lade- vorgänge	∑ entladene kWh	∑ recuperierte kWh	Ø Verbrauch kWh/100km	∑ geladene kWh (BMS)	∑ geladene kWh (LAD)	Ø Ladung / Ladevorgang [kWh]
Bank	Ø	3887	174	1159	253	23,97	984	1071	5,86
	min.	1340	88	488	82	20,55	436	473	3,64
	max.	6733	260	2011	435	30,26	1723	1877	7,22
Handel	Ø	9254	402	2699	661	22,68	2218	2492	6,85
	min.	4640	172	1402	317	18,83	1187	1327	5,12
	max.	15275	712	3990	1172	25,14	3111	3649	9,24
Ministerium	Ø	6691	259	2169	596	22,91	1714	1872	7,53
	min.	2000	79	571	109	18,89	491	544	5,38
	max.	15489	579	4725	1303	28,08	3603	3931	11,07

Tabelle 11: Energiebilanzen nach Branchen (1/4)

Flotte		geloggte Laufleistung [km]	Lade- vorgänge	∑ entladene kWh	∑ recuperierte kWh	Ø Verbrauch kWh/100km	∑ geladene kWh (BMS)	∑ geladene kWh (LAD)	Ø Ladung / Ladevorgang [kWh]
EVU / WV	Ø	6281	198	1636	366	20,18	1368	1515	8,00
	min.	97	2	22	5	16,00	11	12	5,16
	max.	14539	457	3537	1120	27,24	3333	3718	12,10

Tabelle 12: Energiebilanzen nach Branchen (2/4)

Flotte		geloggte Laufleistung [km]	Lade- vorgänge	∑ entladene kWh	∑ recuperierte kWh	Ø Verbrauch kWh/100km	∑ geladene kWh (BMS)	∑ geladene kWh (LAD)	Ø Ladung / Ladevorgang [kWh]
Hochschule	Ø	3383	190	964	221	21,18	813	894	5,25
	min.	1297	28	224	46	13,69	186	207	3,12
	max.	6614	366	1886	398	25,99	1614	1760	7,41
Kur. / Log.	Ø	4045	127	1193	279	22,12	1000	1105	8,47
	min.	1441	50	366	94	18,88	311	335	6,71
	max.	5742	222	1884	435	27,04	1696	1886	10,62

Tabelle 13: Energiebilanzen nach Branchen (3/4)

Flotte		geloggte Laufleistung [km]	Lade- vorgänge	∑ entladene kWh	∑ recuperierte kWh	Ø Verbrauch kWh/100km	∑ geladene kWh (BMS)	∑ geladene kWh (LAD)	Ø Ladung / Ladevorgang [kWh]
Sonstige	Ø	2745	102	725	143	20,99	629	693	7,05
	min.	39	2	12	3	17,72	4	5	2,26
	max.	10526	404	2519	665	26,79	2315	2524	12,95

Tabelle 14: Energiebilanzen nach Branchen (4/4)

5.3 Vergleich der Energieverbräuche BEV vs. VKM

Um die Energieverbräuche der zwei Antriebskonzepte (Battery Electric Vehicle (BEV) und Verbrennungskraftmaschine (VKM)) möglichst realitätsnah vergleichen zu können wurde eine Simulationsrechnung durchgeführt. Da die Energieverbräuche der e-Caddys für jedes einzelne Auto gemessen wurden (vgl. Punkt 5.1), galt es die Energieverbräuche für die VKM-Version rechnerisch zu ermitteln. Hätte man die Energieverbräuche für die VKM-Version ebenfalls messtechnisch ermitteln wollen, wäre eine zusätzliche VKM-Flotte notwendig gewesen. Dann wäre die Vergleichbarkeit trotzdem fraglich gewesen, da die beiden Flotten durchaus unterschiedliche Fahrprofile hätten fahren können.

Stattdessen wurde auf Basis der gemessenen Fahrprofile der e-Caddys eine Simulationsrechnung durchgeführt, in der das Fahrprofil auf ein VKM getriebenes Fahrzeug abgebildet worden ist. Abbildung 12 zeigt den Ablauf der Simulation. Die wichtigsten Eingangsdaten bilden die Fahrzeuggeschwindigkeit und das Radmoment. Daraus kann der Energiebedarf für den Vortrieb berechnet werden, den ein Verbrennungsmotor abdecken müsste. Damit lassen sich unsichere Annahmen für Beladung, Steigung und Fahrwiderstände gänzlich vermeiden. Darüber hinaus wird die Leistung der Nebenaggregate eingelesen und mit entsprechenden Wirkungsgraden als Mehrverbrauch der VKM berücksichtigt. Über die Außentemperatur wird mit Hilfe eines Thermomodells die Abkühlung des Motors in Standphasen ermittelt und mit temperaturabhängigem Mehrverbrauch versehen.

Um einen fairen Vergleich zwischen BEV und VKM zu erreichen, wurde eine Motorisierung ausgewählt, deren Fahrleistungen am besten mit der BEV-Variante übereinstimmen: 1.6l TDI mit 77kW und 7 Gang Doppelkupplungsgetriebe. Ausschlaggebend für die Wahl des Getriebes war, dass ein e-Caddy im Prinzip ein „Automatik-Fahrzeug“ ist.

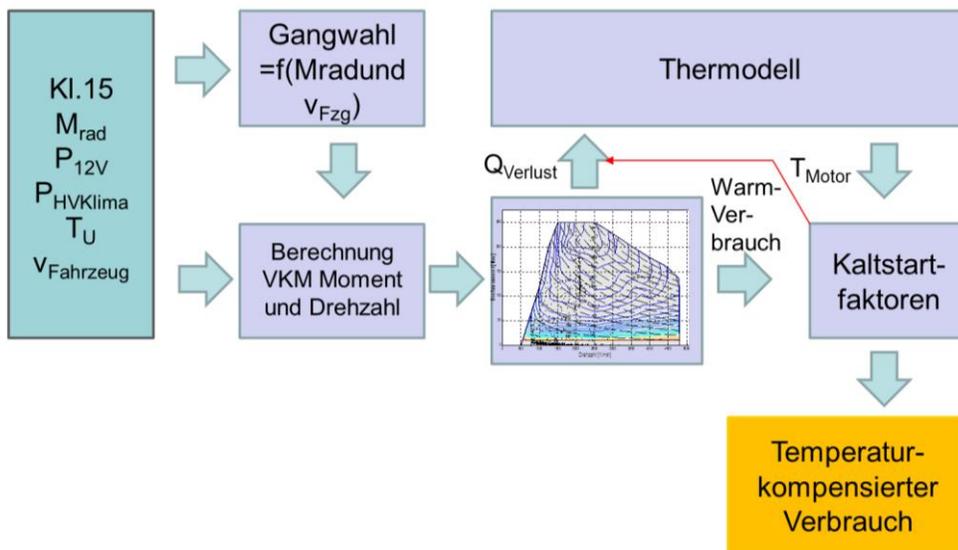


Abbildung 12: Simulationsablauf VKM

Auf diese Weise können die beiden Antriebskonzepte unter Berücksichtigung der Witterungsbedingungen und des Kundenverhaltens verglichen werden. Die Tabelle 15 stellt einen Auszug der Ergebnisdatei dar. In den Zeilen sind die Fahrzeuge und Ausleseläufe enthalten. In den weißunterlegten Spalten sind die dazugehörigen Messergebnisse bzw. Rechengrößen dargestellt, die direkt aus den Dataloggerdaten der e-Caddy-Flotte abgeleitet wurden, z.B.: Laufstrecke innerhalb eines Ausleselaufes, Durchschnittsgeschwindigkeit, Energie Klimakompressor, Durchschnittsverbrauch usw. In den grau hinterlegten Feldern sind die simulierten Verbräuche für eine VKM abgelegt.

In dem ersten Ausleselauf hat der E-Caddy beispielhaft eine Strecke von 288,3 km zurückgelegt mit einem Durchschnittsverbrauch von 24,79kWh/100 km. Darin enthalten sind 6,6Wh/km für Klimakompressor und 63 Wh/km für PTC-Heizung. Ein gleicher Caddy mit einer VKM hätte in demselben Fahrprofil einen Kraftstoffverbrauch von 8,9l/100km gehabt. Darin ist der Mehrverbrauch für die Nebenaggregate bereits enthalten. Ebenfalls enthalten sind die 4,2l, die der Motor im Leerlauf verbraucht.

Auf Basis dieser Ergebnisdatei können ein Batterie- und VKM-angetriebener Caddy über die komplette Nutzungsdauer (insgesamt fast 300.000 km) verglichen werden. Die Auswertung lässt sich ebenfalls branchen- oder seasonspezifisch durchführen.

5.4 CO₂-Bilanz bezogen auf die Kundenflotten

Auf Basis der gemessenen Fahrprofile der e-Caddys wurden Simulationsrechnungen durchgeführt, in denen das Fahrprofil auf ein VKM getriebenes Fahrzeug mit Start-Stopp-Technologie umgerechnet wurde. Die Ergebnisse wurden auf Plausibilität geprüft und unplausible Daten für die Betrachtung nicht berücksichtigt.

Durch setzen entsprechender Filter nach Branche, Firma, Ort oder Fahrzeug lassen sich gezielt Vergleiche der Energieverbräuche und -kosten darstellen. Um die konzernweit einheitliche Kommunikation bezüglich CO₂ beizubehalten wurden die CO₂ Kennzahlen der Auswertung mit der Konzernumweltforschung abgestimmt und basieren auf validierten Daten des Jahres 2011. Die CO₂-Emissionen für Dieselkraftstoff betragen, ohne Vorkette zur Herstellung des Kraftstoffs, 2630g CO₂ pro Liter Dieselkraftstoff bei einem Biokraftstoffanteil von 5%. Nach dem EU-Strommix ergeben sich CO₂-Emissionen für den elektrischen Verbrauch 472g CO₂ pro Kilowattstunde. Um die Daten aus Sicht des Kunden zu bewerten, wird beim elektrischen Verbrauch der entnommene Strom aus der Steckdose betrachtet. Somit ist der entsprechende Vergleich zum Kraftstoff aus der Tanksäule geboten.

Die Energiepreise beziehen sich auf einen Mittelwert für das Jahr 2014. Bei den Kraftstoffkosten für Diesel wird eine Statistik des ADAC herangezogen und bei den Stromkosten die Veröffentlichung des BDEW.

Die nachfolgenden Diagramme geben eine Übersicht der CO₂-Emissionen und damit der Energieverbräuche der Branchen.

Dabei wird deutlich, dass der e-Caddy bei allen Fahrprofilen einen signifikanten CO₂ Vorteil gegenüber der VKM-Variante aufweist.

Hervorzuheben ist die Fahrprofil abhängige Spanne in Höhe von 56 gCO₂ pro Kilometer zwischen dem verbrauchsgünstigsten und -ungünstigsten Fahrprofil beim Verbrennerfahrzeuge. Diese fällt beim e-Caddy mit 28 gCO₂ pro Kilometer deutlich geringer aus.

Dementsprechend fallen auch die spezifischen Kosten pro Kilometer bei dem e-Caddy deutlich geringer aus. Hier geben sich Kostenvorteile von bis zu 48% gegenüber dem VKM-Fahrzeug.

Branche	Ø Geschwindigkeit [km/h]	Ø zurückgelegte Kilometer pro Tag [km]	Ø Verbrauch Elektrisch ex-Steckdose [kWh/100km]	Ø Verbrauch CO2 Elektrisch EU-Mix 2011 [gCO2/km]	Ø Verbrauch CO2 Öko-Strom 2011 [gCO2/km]	Ø Verbrauch Diesel Simuliert [l/100km]	Ø Verbrauch CO2 Diesel simuliert [gCO2/km]
Banken	22,53	22,68	22,17	104,66	0,22	9,11	239,47
EVU/WV	23,99	42,03	21,40	101,02	0,21	7,44	195,61
Handel	21,11	27,35	25,20	118,95	0,25	8,80	231,36
Hochschule	23,85	30,27	20,31	95,87	0,20	7,75	203,76
Kur./Log.	22,07	39,08	21,97	103,71	0,22	8,65	227,38
Ministerien	17,13	33,43	26,17	123,53	0,26	9,59	252,17
Sonstige	29,53	31,06	22,95	108,33	0,23	7,67	201,68

Tabelle 16: e-Caddy (KR+LR) CO₂-Analyse Kosten

Branche	Ø Kosten Elektrisch [€/100km]	Ø Kosten Diesel [€/100km]	10.000 km p.a. Elektrisch [€]	10.000 km p.a. Diesel [€]	Ersparnis p.a. [€]	Kilometer ausgewertet [km]
Banken	6,46	12,29	645,91	1.229,24	583,32	7.906
EVU/WV	6,23	10,04	623,47	1.004,09	380,61	68.892
Handel	7,34	11,88	734,12	1.187,60	453,48	10.802
Hochschule	5,92	10,46	591,70	1.045,89	454,20	9.465
Kur./Log.	6,40	11,67	640,07	1.167,16	527,09	38.746
Ministerien	7,62	12,94	762,38	1.294,40	532,02	24.111
Sonstige	6,69	10,35	668,54	1.035,23	366,69	30.479

Tabelle 17: e-Caddy NEFZ-Fahrzyklus 5,45 €/100km (kombiniert)

5.5 Demontageanalyse

Die Demontageanalyse bildete eine der Grundlagen für die Durchführung der LifeCycle-Analyse.

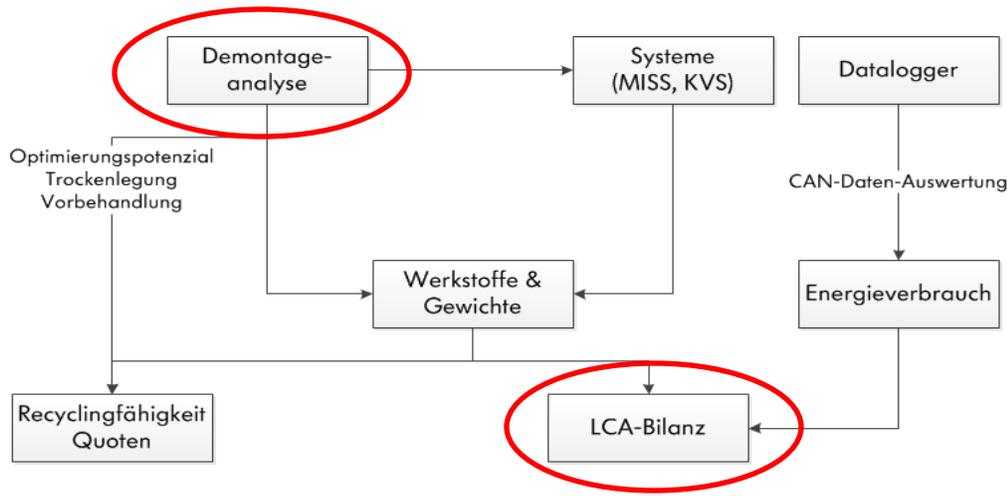


Abbildung 13: Analysestruktur

Das Fahrzeug wurde bei der Demontageanalyse in einem definierten Prozessablauf zerlegt. Daraus ergaben sich Faktoren wie z.B. Zeit, Zerlegungsgrad, die in die Recyclingfähigkeit eingehen. Beurteilt wurde dabei auch der Trockenlegungsgrad des Fahrzeuges. Kritische Prozessstemen wie schlecht zugängliche Verschraubungen und unlösbare Verbindungen gingen in die Bewertung mit ein. Obwohl es sich bei dem e-Caddy um einen Prototypen handelt, konnten für zukünftige Projekte Hinweise gegeben werden.

Die Schwerpunkte der Zerlegung waren Folgende:

- Durch neues Konzept der Kühlwasserschläuche verbleiben dort mehr Restmengen.
- HV-Komponenten und Kabel sind verschraubt, besser wäre hier die Nutzung von Schnellverbindern.
- Gehäuse der HV-Batterie ist verschraubt, besser wäre hier eine Verklebung (für eine Zerlegung).
- Verschraubungen von Gerätehaltern der HV-Komponenten sind teils schwer bis nicht zugänglich.
- Unterschiedliche Verschraubungen bei Demontage einzelner Komponenten. Vereinheitlichung vermeidet Werkzeugwechsel.

Anhand der folgenden Tabelle 18 sieht man die Aufführung zum Thema Trockenlegung:

Betriebsflüssigkeit	Entnahmezeit [s]	Entnahmemenge [g]	Restmenge [g]	Trockenlegungsgrad [Gew.-%] E-Caddy
Bremsflüssigkeit	363	542	112	82,87%
Getriebeöl	99	560	144	79,55%
Kältemittel	224	460	35	92,93%
Kühflüssigkeit	217	5330	2047	72,25%
Reifendichtmittel	14	533	0	100,00%
Scheibenwaschflüssigkeit	37	2000	72	96,53%
Stoßdämpferöl	226	809	86	90,39%
Summe:	1180	10234	2496	
Mittelwert:				80,4%

Tabelle 18: Zerlegung

6) AP5: Konzepterstellung PHEV Transporter

Im Rahmen des Projektes wurden zwei T5 PHEV entwickelt, aufgebaut und getestet. Die zwei T5 sollten Fahrzeuge im gewerblichen Sektor repräsentieren. Beide Fahrzeuge sind mit überschaubarem Umrüstaufwand sowohl zum Personen- wie auch zum Gütertransport nutzbar. Bei beiden Fahrzeugen können unterschiedliche Konzepte bei der technischen Umsetzung des Antriebs verfolgt werden. Es handelt sich hier um Prototypen-Demonstrationsfahrzeuge für Erprobungszwecke.

Innerhalb dieses Arbeitspaketes wurde ein weiterer Vorgang „Applikation und Freigabe“ eingefügt (siehe auch Terminplan im Anhang). Da der Betrieb auf öffentlicher Straße einen erheblichen Mehraufwand hinsichtlich der Freigabe und Applikation darstellt, wurde dies notwendig, um den zusätzlichen Qualitätsaufwand abzubilden.

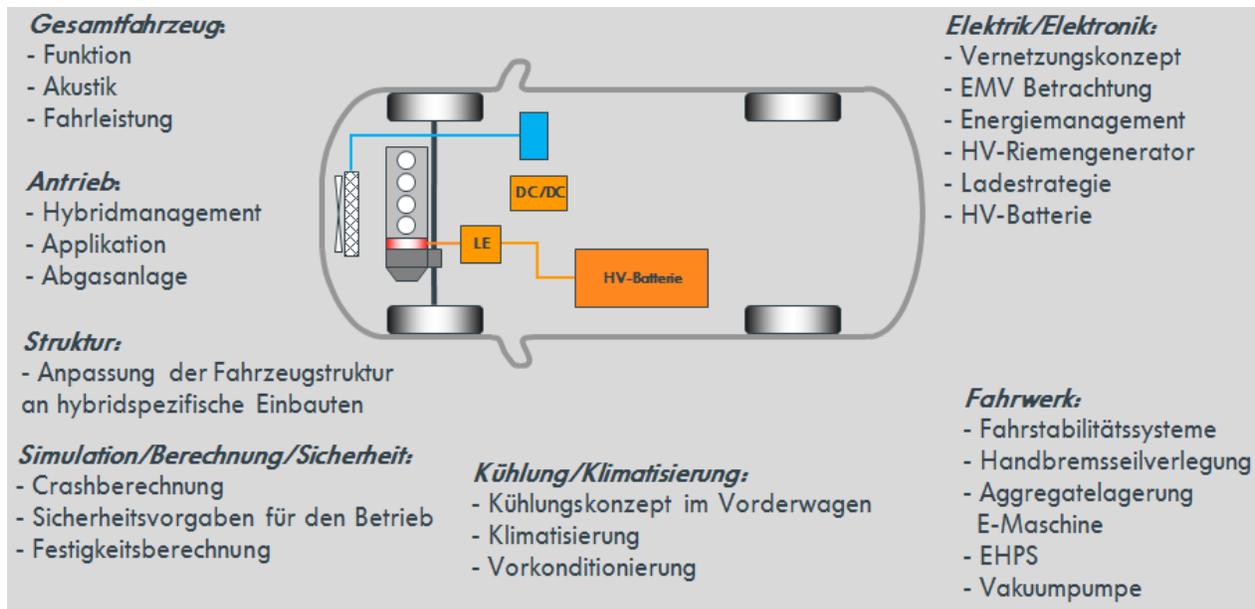


Abbildung 14: Technische Schwerpunkte T5 PHEV

6.1 Technische Anforderungen

Für den Einsatz von elektrifizierten Fahrzeugen im gewerblichen Einsatz wurden für das Gesamtfahrzeug und für die Hauptbaugruppen (E-Antriebe, Architektur/Vernetzung, Kühlung/Klimatisierung und Motor-/Hybridsteuerung) technische Ziele formuliert:

Gesamtfahrzeug:

- Allgemeine technische Anforderungen: Elektrische Reichweiten, Nutzlasten, max. Geschwindigkeit, Hybridkonzept und das Sicherheitskonzept.
- Erarbeitung von Vorschlägen für elektrische Komponenten: Angelehnt an die technischen Anforderungen ergaben sich mehrere Varianten der Umsetzung. Schwerpunktthemen bildeten der Antrieb (Getriebe, E-Maschine), die Komfortfunktionen (Heizen, Kühlen), die HV-Architektur (Topologie, Ladegeräte etc.) und die HV-Batterie (Zellmodule, Anschlüsse, mechanische Integration etc.)
- Erstellung der Technischen Konzeptbeschreibung/Zielkatalog/TPB/ Projektlastenheft: Abgeleitet aus technischen Anforderungen und den möglichen Umsetzungsalternativen wurde das Projekt mit den Zielen beschrieben.

E-Antrieb

In Bezug auf den elektrischen Antrieb wurden Vorschläge und Empfehlungen zum Einsatz geeigneter HV-Komponenten, speziell Leistungselektronik (LE) und E-Maschine (EM) erarbeitet.

- Erstellung eines Verschaltungskonzeptes und Support Kühlung: Jede Komponente muss mit Energie (Hochvolt) versorgt und die Abwärme abgeführt werden.
- Not-Aus-Konzept: Prototypen werden grundsätzlich mit einem „Not-Aus“-System ausgestattet, da keine vollständige Absicherung durchgeführt wurde.
- Gateway für den Antriebs-CAN (Spezifikation): Der zusätzliche Antrieb wurde mittels Gateway in die Steuerung integriert.

Architektur / Vernetzung

- Erstellung eines Vernetzungskonzeptes unter Einbeziehung der Fahrzeugarchitektur: In das vorhandene Bordnetz wurden die spezifischen Funktionen für die E-Traktion mittels zusätzlichen Bus-Systemen integriert.
- Einsatz eines Gateways zur Einbindung der Hochvolt-Komponenten in die bestehende Fahrzeugvernetzung.

Kühlung / Klimatisierung

- Kühlungskonzept für den HT/NT Temperaturkreislauf: Die Vielzahl der zu konditionierenden Baugruppen (Verbrennungskraftmaschine, HV- Komponenten etc.) mussten durch ein intelligentes Kühlungssystem vernetzt werden.

Motorsteuerung / Hybridsteuerung

- Abstimmung der elektrischen und verbrennungsmotorischen Antriebe: Die beiden Antriebsmaschinen mussten auf Grund deren unterschiedlichen Ansprechverhalten sinnvoll miteinander in Einklang gebracht werden.

6.2 Konzeptalternativen

Zu den technischen Anforderungen aus dem vorherigen Arbeitspaket wurden verschiedene Konzeptalternativen erarbeitet und zur weiteren Auswahl gestellt. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Anforderungen an die Fahrzeuge für den Personentransport und Warentransport waren unterschiedliche Konzepte in Hinsicht auf Nutzlast und elektrisch fahrbarer Reichweite möglich. Daher wurden pro Fahrzeug zwei Konzeptalternativen erarbeitet, aus denen dann das umzusetzende Konzept ausgewählt wurde. Die erarbeiteten Konzepte wurden in enger Zusammenarbeit mit der IAV GmbH bewertet.

6.2.1 Konzepterstellung

6.2.2 Alternative Verbesserung der Konzeptvorschläge

In der Konzeptphase wurden zunächst verschiedene Ansätze hinsichtlich Antrieb, Package, Batterielagerung und –verbau, Fahrwerk, Materialien und Bordnetze erarbeitet und unter den Gesichtspunkten der Umsetzbarkeit in das Gesamtkonzept integriert. Schwerpunkt im Rahmen der Konzepterstellung war die Erstellung eines geeigneten Antriebskonzepts für einen PHEV. Es wurden vorrangig die großen Komponenten wie Verbrennungsmotor, Getriebe, E-Maschine, Achsen, Kraftstofftank, HV-Batterie, Leistungselektronik, Ladegerät usw. betrachtet. Die kleinen Komponenten wie Steuergeräte, Pumpen usw. wurden im Punkt 6.2.2 berücksichtigt, da diese in der Regel sehr variabel angeordnet werden können. Für die einzelnen innovativen Komponenten wurden Konzeptalternativen konstruktiv entwickelt. Es wurden verschiedene Möglichkeiten der Integration von Komponenten aufgezeigt, auf deren Grundlage Lösungsansätze entwickelt und diskutiert werden konnten. Das bedeutet, dass verschiedene Konzepte in einem Wettbewerb zueinander standen. Um eine breitgefächerte Auswahl von Konzeptalternativen einer Auswahl zugrunde legen zu können, wurden in diesem Rahmen Leistungen fremdvergeben. Die von allen Projektbeteiligten als zielführend bewerteten Konzepte wurden im Anschluss gestalterisch ausdefiniert und als aussagekräftige Designdarstellungen umgesetzt. Darüber hinaus wurden CAD-Mock-Up Modelle erzeugt.

Die Konzepterstellung von verschiedenen fahrzeugspezifischen Komponenten ist ein aufwendiger interner Abstimmungsprozess, an dem eine Vielzahl von Konstrukteuren, Elektronikern und Designern im Team beteiligt sind. Dabei sind vor allem die Umfänge für die in der Fahrzeugfertigung neuen Bauteile, beispielsweise zum elektrischen Antriebssystem, zum Batteriepackage oder zur Bordnetz-Architektur vollkommen neuartig. Hieraus entsteht eine Vielzahl an Ingenieursstunden in den einzelnen Arbeitsgruppen.

Eigenschaft	Elektrischer Betrieb	Hybridbetrieb
V_{max}	120 km/h	140 km/h
Beschleunigung (0-100 km/h)	tbd.	< 17 sec
Elastizität (80-120 km/h)	tbd.	< 20 sec
Reichweite (NEFZ)	> 20 km	> 800 km
Dauersteigfähigkeit	> 12%	> 20 %
Steigfähigkeit bei 80km/h	tbd.	> 6%
Zuladung Nutzfahrzeug (inkl. Fahrer)	> 800 kg	> 800 kg

- Elektrischer Betrieb
- Hybridischer Betrieb
- Rekuperation
- Motor Start/Stop
- Boosten
- Elektrischer Allradantrieb



- Nutzfahrzeug als Dieselhybrid
- Verwendung von Konzernmodulen
- Erweiterte Konzeptuntersuchungen
- Demonstrationsbetrieb im VW-Umfeld in Wob

▶ **Demonstrationsbetrieb im VW Umfeld (Service Factory, Werkspost, Konzernlogistik) auf öffentlicher Straße**

Abbildung 15: Zieldefinition Nutzfahrzeug PHEV

Im Detail wurden in den verschiedenen Gewerken folgende Schritte bearbeitet:

Elektrik

- Prüfung der Verschaltungsunterlagen der Basisfahrzeuge auf mögliche Schnittstellen
- Auswahl und Konfiguration der Elektronikkomponenten für den Verbund
- Konzipierung der gesamten elektrischen Verschaltung und des Bordnetzes

Konstruktion der Halter und Verlegung des erweiterten Bordnetzes

- Verlegekonstruktion für Niedervolt- und Hochvolt-Bordnetz im Fahrzeug
- CAD-Package und Befestigung für folgende Komponenten:
 - Niedervolt-Steuergeräte (z.B. Gateway)
 - Ladeschnittstelle
 - Steuergeräte inklusive deren Befestigung (Halter) im Fahrzeug

Gesamtfahrzeugpackage

- Aufbau und Pflege CAD-Datenstruktur – Positionierung der Daten der Baugruppen im Fahrzeug
- Überprüfung und Anpassung des Komponentenpackages unter Berücksichtigung des vorgegebenen Maßkonzeptes, Gesetzen und internen Richtlinien
- Zuarbeit für die Fachbereiche hinsichtlich Bauraumuntersuchungen unter Berücksichtigung der Vorgaben. Hinweise auf Überschneidungen geben und mit den betroffenen Bauteilverantwortlichen absprechen.
- Aktualisieren des Packages an den jeweiligen Projektstatus unter Abstimmung mit den Fachbereichen zu festgelegten Terminen. Verantwortlichkeiten klären und den aktuellen Datensätze den Bereichen zur Verfügung stellen.

Architektur / Vernetzung

- Ausarbeitung und Vergleich von Konzeptalternativen:
 - Identifikation möglicher Übernahmeteile
 - Vergleich von umsetzbaren Funktionalitäten
 - Bewertung der Integrierbarkeit in bestehende Fahrzeugarchitektur
- Vergleich von Konzeptalternativen zwecks Auswahl

Kühlung / Klimatisierung

- Anpassung / Auslegung Kühlkreislauf
- Geometrische Integration und Konstruktion Kühlkreislauf
- Geometrische Integration und Konstruktion Klimatisierung

6.2.3 Konzeptauswahl

Grundsätzlich gelten bei der Konzeptauswahl folgende Prämissen:

- Zeitliche und wirtschaftliche Darstellbarkeit: Der Projektrahmen lies maßgeblich nur modifizierte Komponenten zu, da auch der zeitliche Rahmen bis 31.03.2015 begrenzt war.
- Technische Umsetzbarkeit: Ziel war ein fahrbereites Fahrzeug für den öffentlichen Straßenverkehr darzustellen.
- Einhaltung von Vorschriften und Richtlinien: Das Fahrzeug sollte die für den Betrieb auf öffentlicher Straße benötigten Vorschriften und Richtlinien erfüllen. z.B. HV-Sicherheit, zulässige Gewichte.
- Verfügbarkeit der Komponenten in vertretbaren Lieferzeiten.

6.3 Untersuchungen

6.3.1 Entstehung eines Anordnungskonzepts mit sämtlichen Komponenten

Das Anordnungskonzept berücksichtigt sowohl geometrische wie auch funktionelle Prämissen. Bei den verschiedenen Gewerken führte dies durch zu unterschiedlichen Untersuchungsschwerpunkten. Im Detail wurden in den verschiedenen Gewerken folgende Schritte bearbeitet:

Elektrik

- Abstimmung der Schnittstellen der elektrischen NV- und HV- Komponenten
- Leitungsverlegung
- Planung der benötigten Leitungsarten und der groben Verlegewege
- Dimensionierung der benötigten Leitungen
- Batterie
 - Crashberechnungen
 - Thermomanagement
 - Befestigung am Fahrzeug
 - Schlupfregelsysteme (Softwareentwicklung und –Applikation)

Antrieb

- Bereitstellung Software für Hybridkonzept

Rohbau

- Crashmaßnahmen
- Batteriehalterung
- Sitzbefestigung
- Aggregatehalterung

Gesamtfahrzeugpackage

- Pflege der CAD-Datenstruktur
- Überprüfung und Anpassung des Komponentenpackages unter Berücksichtigung des vorgegebenen Maßkonzeptes, Gesetzen und Volkswagen-Richtlinien
- Bauraumuntersuchungen unter Berücksichtigung der Vorgaben

- Aktualisieren des Packages an den jeweiligen Projektstatus durch Vorgabe des Projektverantwortlichen und unter Abstimmung mit den Fachbereichen
- Konstruktion Wärmeschutzbleche und Unterbodenverkleidung
- Akustische Optimierung der Aggregatelager, Kraftstofftank (z.B. Schwappgeräusche), elektrohydraulische Lenkung, Akustikbrücken

Architektur / Vernetzung

- Erstellung Funktionskatalog
- Integration / Vernetzung Bordnetz im Fahrzeug
- Dokumentation Vernetzungskonzept
 - Komponentenauswahl: COP/Prototypenteile
 - Klärung umsetzbarer Funktionalität
 - Bewertung der Integrierbarkeit in bestehende Fahrzeugarchitektur
 - Abgleich benötigte/vorhandene I/O-Daten
 - Vergleich der Datenbaseninhalte
 - Abgleich Diagnoseadressen
 - Abfrage von Bauraumdaten
- Präsentation von Zwischenergebnissen (z. B. Vernetzungsbilder, Vergleichstabellen, Bewertungsmatrizen etc.)
- Führung von Abstimmungsgesprächen mit den jeweiligen Fachabteilungen

Kühlung/Klimatisierung/Anpassung Kühlkreislauf

- Detaillierung des Verschlauchungsplans
- Festlegung des Routings durch die Konstruktion
- Geometrische Integration und Konstruktion Kühlkreislauf

Geometrische Integration und Konstruktion Klimatisierung

- Packageuntersuchungen der Komponenten der Klimatisierung
- Detaillierung Konzept für das Routing Kältemittelleitungen
- Auslegung Halter für die Komponenten des Klimasystems
- Pflege zentrale Teileliste

6.3.2 Digitale Versuchsmodelle

Digitale Versuchsmodelle waren vorbereitend für die Berechnung notwendig. Folgende Inhalte wurden im Förderprojekt bearbeitet:

- Erstellung virtueller Modelle in Catia V5 zur Vorbereitung der Berechnung
- Berechnung Rohbau und Fahrzeugpackage: Zur Vorbereitung der Festigkeit- und Crashberechnung wurden die kompletten Umfänge digital vernetzt. Der Schwerpunkt lag in der digitalen Absicherung der gegenüber dem Grundfahrzeug modifizierten bzw. ergänzten Umfänge. Im Vorfeld der Entwicklung wurden die Lastfälle für die Hochvolt- und Fahrzeugsicherheit definiert. Die digitalen Modelle und die daraus gewonnenen Ergebnisse dienen als Basis für die Freigabe für den Demonstrationsbetrieb.

6.3.3 Berechnungen und Simulationen

Durch Berechnung und Simulation wurde Funktion und Sicherheit abgesichert. Dadurch wurden zeit- und kostenintensive Versuche eingespart. Folgende Umfänge wurden bearbeitet:

Package und Karosserie

- Das neue Package wurde mittels Simulation hinsichtlich Heck-, Front- und Seitencrashtauglichkeit überprüft.
- Bei der Simulation zur HV-Sicherheit und Insassenschutz wurden die Gesetzesanforderungen ECE-R 94; FMVSS 301 alt; ECE-R95; FMVSS 301 neu; ECE-R14 /-16 berücksichtigt:
- Zur Absicherung der Bauteilfestigkeit wurde das System mit Kräften aus Missbrauchsversuchen belastet und damit abgesichert.

Unter anderem sicherte die Simulation das Aufsetzen der HV-Batterie ab.

Elektrik

Das Bordnetz wurde nach der Auslegung auf Ausfallsicherheit berechnet.

Das Kühlung- und Klimatisierungssystem wurde aus Aufwandsgründen nicht simuliert und im Nachgang im Fahrzeug abgesichert.

6.4 Darstellung

In der Absicherungsphase wurden die folgenden Funktionen für den PHEV Transporter entwickelt:

- Antrieb: Die Koordination von zwei Antrieben auf jeweils einer Achse erforderte eine neue Strategie für die Steuerung. Dies betraf auch die Rekuperationsstrategie des auf Hinterachse befindlichen E-Antriebs.
- Schlupfregelsystem: Die Umsetzung eines Schlupfregelsystems für zwei Antriebe bedurfte einer intensiven Bearbeitung. Im Vorfeld zur Inbetriebnahme wurde mit der Antriebssteuerung über die verschiedenen Funktionen diskutiert. Das Verhalten des Fahrzeuges ändert sich gegenüber dem frontgetriebenen Basisfahrzeug deutlich. Die negativen Momente auf durch die Rekuperation mittels dem E-Antrieb auf der Hinterachse waren ein großer Arbeitspunkt.
- Thermomanagement: Die Vielzahl der Funktionen, die das Thermomanagement in einem Hybriden erfüllen muss, bedarf einer durchdachten Strategie. Das Fahrzeug sollte für die spätere Applikation alle Möglichkeiten bieten verschiedene Betriebszustände darzustellen.

Anschließend erfolgte die Integration der Funktion in die Subbaugruppen und in das Gesamtfahrzeug.

6.5 Aufbau

Das erste Fahrzeug wurde im Laufe des zweiten Halbjahres 2013 aufgebaut und im November 2013 erfolgreich in Betrieb genommen. Jedoch kam es im Aufbau zu Verzögerungen, die eine direkte Auswirkung auf den Zeitplan, insbesondere auf die Freigabe und Applikation, hatten.

Im Zeitplan war vorgesehen, den Aufbau einschließlich der Inbetriebnahme beider Fahrzeuge bis Dezember 2013 abzuschließen und dann der Applikation und Freigabe zu übergeben. Das erste Fahrzeug war verzögert erst Ende Januar bereit zur Applikation. Darauf folgend wurde das zweite Fahrzeug im März 2014 zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung gestellt. Diese Verzögerung führte zu einem Abschluss von AP5 im Juli 2014.

Als wesentlicher Grund für die Verzögerungen war die verspätete Beendigung der Entwicklungsaktivitäten und die daran anschließenden Beschaffungszeiten für die zum Teil hochkomplexen Bauteile zu nennen. Der Übergang von der Fahrzeugentwicklung in den Fahrzeugaufbau gestaltete sich als wesentlich zeitintensiver als geplant. Viele Bauteile waren in der Herstellung sehr komplex und mussten in mehreren Iterationsschritten mit den Prototypherstellern abgestimmt werden.



Abbildung 16: Schnittmodell von oben

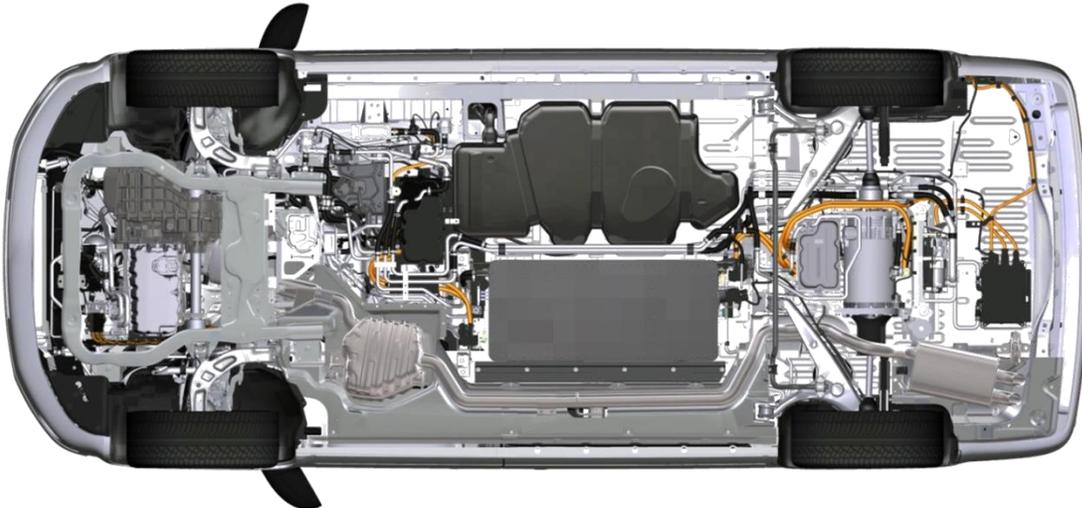


Abbildung 17: Unterbodenansicht

Neben der Fertigstellung war die Abnahme der Subsysteme durch die Konstrukteure von zentraler Bedeutung. Folgende Systeme wurden funktionell bearbeitet:

Das Ziel für das Schlupfregelsystem war die Sicherstellung der Fahrstabilität. Das System benötigte eine gestufte Freigabe mit Applikationsfahrten und -aktivitäten an verschiedenen Orten. Die Straßenfreigabe für die Fahrzeuge wurde am 18.06.14 erteilt.

Im Bereich der Antriebssteuerung war es das Ziel, eine elektrische und hybridische Funktion darzustellen. Zuerst wurde die Sicherstellung der Grundfunktionen geprüft und die Entwicklung sowie Darstellung von verschiedenen Fahrprogrammen angegangen. Die Grundausrichtung war dabei eine kostenoptimierte Fahrstrategie für den gewerblichen Kunden in das Fahrzeug zu implementieren. Im besonderen Fokus

standen ebenfalls die Übergänge zwischen E-Mode und Verbrennerbetrieb, da dies einen wesentlichen Einfluss auf das Komfortempfinden des Fahrers hat.

Für das Thermomanagement wurde das Ziel definiert, eine Sicherstellung der optimalen Funktion der HV-Komponenten zu gewährleisten, um darauf aufbauend entsprechende Komfortfunktionen mit Blick auf Wirksamkeit und energetische Effizienz entwickeln zu können. Im Zeitbereich März bis Mai 2014 erfolgte die Inbetriebnahme der Grundfunktionen. Daran anknüpfend wurden die Grenzbedingungen für die HV-Komponenten per Versuch ermittelt. Die Applikationen des Gesamtsystems stand bis zum August 2014 auf dem Arbeitsplan.

6.6 Applikation und Freigabe

Die Freigabe erfolgte vor dem Hintergrund der für den Versuchsbetrieb gegebenen Rahmenbedingungen (interner Betrieb mit VW Mitarbeitern, vorherige Schulung der Fahrer, Betrieb im Umfeld Wolfsburg sowie Sicherstellung der funktionalen Sicherheit durch einen zu definierenden Sicherheitscheck).

In den Freigabeprozess wurden verschiedene Fachbereiche einbezogen, es wurden u.a. Empfehlungen der Qualitätssicherung eingeholt sowie auf die Erfahrungen bei der Freigabe von Forschungsfahrzeugen zurückgegriffen.

Im zweiten Halbjahr 2014 wurden vorrangig die Stabilisierung der Fahr- und Komfortfunktionen im Fahrzeug bearbeitet. Das erste Fahrzeug musste nach den Freigabetests für die Schlupfregelsysteme im Bereich Antrieb instand gesetzt werden. Es war bei den Freigabetests zu Schäden gekommen, die eine längere Reparatur der elektrischen Antriebe erforderlich machten. Die elektrischen Antriebsbaugruppen wurden zum Ende des Jahres 2014 überarbeitet und in beiden Fahrzeugen ausgetauscht.

Die Verwendung für den Demonstrationsbetrieb war aus diesem Grund noch nicht möglich.

Zur Optimierung des Thermomanagements wurde mit dem zweiten Fahrzeug eine Versuchsreihe in Klimakammern und auf klimatisierten Rollenprüfständen durchgeführt. Folgende Ziele wurden mit den Messungen verfolgt

- Analyse/Bewertung der Vorkonditionierung der HV-Batterie und die Steuerung durch das Batteriemanagementsystem bei unterschiedlichem Temperatureinfluss
- Analyse/Bewertung der Vorkonditionierung der Fahrgastkabine durch den HV-PTC
- Analyse/Bewertung der Systeme/HV-Komponenten bei Kälte (Energieströme; Wärmekapazität Batterie; Verhalten der Batterie; Durchflussmengen der Kühlkreise)
- Analyse/Beurteilung Kaltabfahrt im E-Mode (Losfahren Fahrzeug bei -7°C oder -20°C im E-Mode; Verhalten des HV-System hinsichtlich Leistungsabgabe)

Die Fahrfunktionen wurden in mehreren Abnahmefahrten von verschiedenen VW-Bereichen getestet. Dabei wurden mehrere Arbeitspunkte für die Applikation definiert:

- Elektrisches Ankriechen/Ausrollverhalten
- Übergang E-Betrieb hybridisches Fahren/Synchronisation Verbrenner/DQ500 beim Start VKM
- An- und Abkopplung der Hinterachse
- Hybridisch-Sport (Verbrenner ständig an) - Wählhebelstellung „S“
- Aufbau E-Maschinenmoment - Anfahren

Zusätzlich dazu war die Reduzierung des Ruhestroms von vorrangiger Bedeutung. Dazu wurde am ersten Fahrzeug eine sogenannte Ruhestrommessung durchgeführt. Dabei sind mehrere Systeme identifiziert

worden, die bei ausgeschalteter Zündung Energie aus dem 12 V-Bordnetz entnommen haben. Diese Fehlfunktionen wurden behoben, sodass die Probleme bei längerer Standzeit der Fahrzeuge nicht mehr aufgetreten sind.

Als abschließende Freigabe wurde von der Qualitätssicherung als unabhängige interne Stelle ein Sicherheitscheck durchgeführt. Zum Teil erfolgten die Abnahmen schon während des Fahrzeugaufbaus. Am fertigen Fahrzeug wurden Kundenfunktionen und der Zusammenbau des Fahrzeugs anhand eines standardisierten Fragekatalogs überprüft.

7) AP6: Demonstration und Erprobung PHEV Transporter

Die Demonstration und Erprobung der PHEV Transporter ist in Zusammenarbeit mit den Kunden/Nutzern erfolgt. Dabei wurden separate Kundengespräche zur Generierung verschiedener Lastzyklen und Einsatzfälle geführt. Aufgrund interner Volkswagen-Vorgaben dürfen Erprobungen nur durch geschultes Personal der Volkswagen AG durchgeführt werden. Um mehrere Zyklen und Einsatzszenarien abzudecken, wurde zum Teil den bisherigen Nutzern im Einsatz hinterher gefahren, um so eine belastbare Erprobung für den Nutzfahrzeugbereich zu gewährleisten.

7.1 Vorbereitung Versuchsbetrieb

Im Anschluss an den Aufbau der Hybridfahrzeuge wurde im ersten Halbjahr 2014 eine Erprobung und Applikation der Fahrzeuge im Hinblick auf die Straßenfreigabe durchgeführt (Inhalte siehe AP6.6).

Die Fahrzeuge werden in drei unterschiedlichen Prüfumgebungen getestet (Nardo/Italien; Ehra-Lessien/Deutschland; Arvidsjaur/Skandinavien).

Fahrzeugtransport

Die PHEV Transporter mussten zu den jeweiligen Prüfgeländen transportiert werden.

Fahrzeugbetreuung

Eine Elektrofachkraft und Mechaniker wurden für die Fahrzeugbetreuung vor Ort abgestellt.

Fahrzeugvorbereitung

Je nach Prüfumgebung mussten die Fahrzeuge für die Versuche vorbereitet werden (Kältefestigkeit, Sommer- bzw. Winterräder, Ersatzteile).

7.1.1 Organisatorische Vorbereitung

Für den ersten Einsatz als Teileschuttle zwischen dem Test- und Prüfgelände der Volkswagen AG in Ehra-Lessien und Wolfsburg wurde eine Fahrhinweisung für den Fahrer erstellt. Diese umfasste in den drei Wochen folgende Umfänge:

Woche 1

- Fahren mit E-Modus und Laden an jedem Standort
- Rückkopplung über die Beobachtung

Woche 2

- Fahren im Hybridmodus (Stufe D)
- Rückkopplungsgespräch zum Ende der Trainingswoche

Woche 3

- Trainingsspezifikation aus den Eindrücken der ersten beiden Trainingswochen

7.1.2 Erstellung Fragekatalog

Der Fragenkatalog soll ein Feedback des Kunden zur Charakteristik des Hybridantriebs erzeugen. Folgende Punkte wurden bei den Fahrern abgefragt:

- Häufigkeiten des Wechsels zwischen elektrischem Fahren und Verbrennermodus im hybridischen Betrieb.
- Empfinden bzgl. des Übergangs zwischen den Modi in Abhängigkeit vom Betriebszustand (Geschwindigkeit,...)
- Nachvollziehbarkeit der Anzeige zur tatsächlichen Dauer des elektronischen Fahrens
- Startverhalten des Verbrennungsmotors

Fragebogen siehe Anlage

7.1.3 Definition der Auswertungsroutine

In den Projektgesprächen zu den möglichen Auswertungsroutinen wurden folgende Berichtsarten definiert:

Thermomanagement

- Kühlung /Klimatisierung/Vorkonditionierung

Betriebsstrategie

- Lastkollektive
- Leistungsbilanzen
- HV-Batteriedaten (Temperaturen etc.)

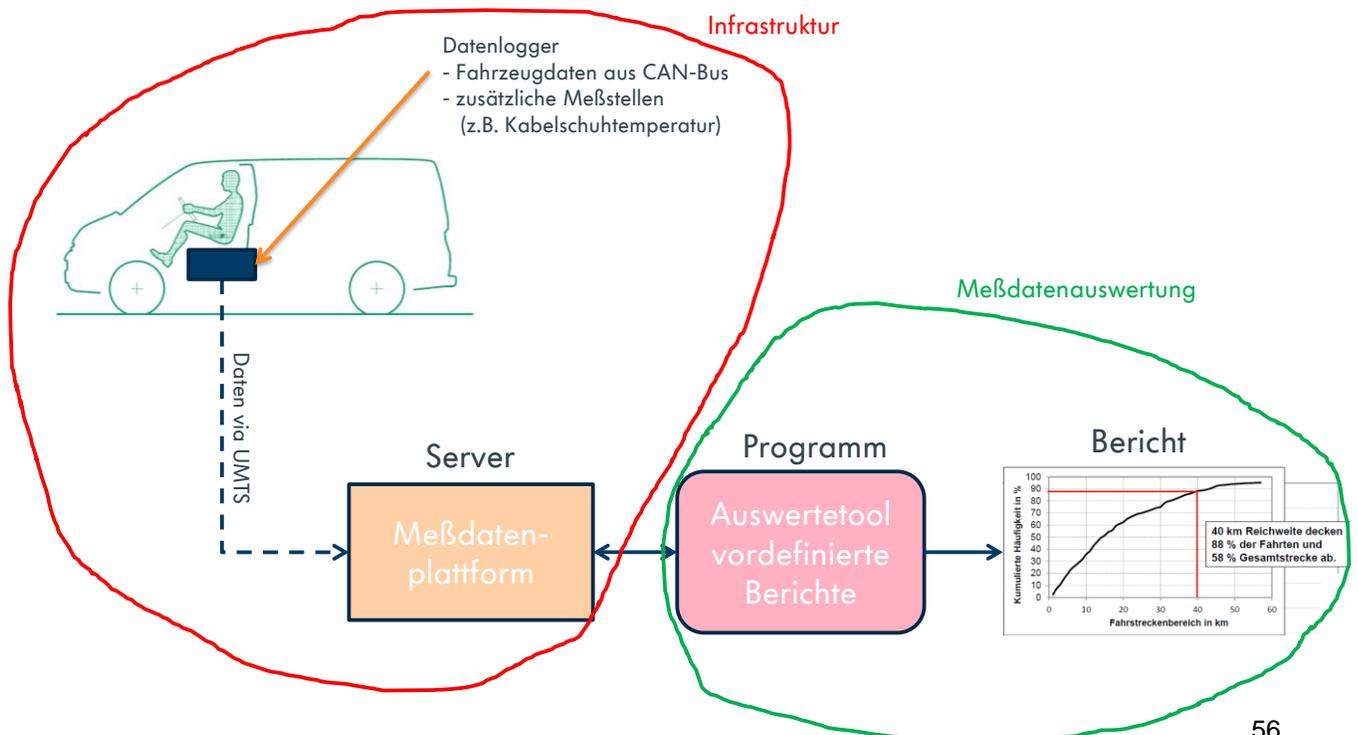
Fahrtenbuch

- Elektronische Fahrdatenerfassung

Die Berichte wurden umgesetzt und während Demonstrationsbetrieb (Fahrtenbuch) und Erprobung (Betriebsstrategie und Thermomanagement) zur Auswertung genutzt.

7.1.4 Installation Messdatenaufnahme Hardware

Als Datenaufnahmeplattform wurde die AMEDA Messdatenplattform der IAV ausgewählt. Als Basis dient eine 100% Speicherung aller CAN-Daten. Im PHEV wurden die CAN-Signale um spezifische Messdaten



aus der HV-Batterie erweitert. Diese Signale wurden über gesonderte Datenleitungen mit dem Datenlogger verbunden. Der Datenlogger selbst befindet sich zwischen Sitz und Trennwand. Die Zugänglichkeit musste gewährleistet sind, da in regelmäßigen Abständen die Datenfestplatten zum Überspielen auf die Messdatenplattform ausgetauscht werden mussten.

7.2 Versuchsbetrieb

7.2.1 Erprobung (Fahrbetrieb)

Die Erprobung der aufgebauten Fahrzeuge startete im zweiten Halbjahr 2014. Ab der Inbetriebnahme wurden die Fahrzeuge von einer separaten Elektrofachkraft betreut. Die Betreuung wurde neben der Inbetriebnahme auf die Absicherungsphase und die Sicherstellung der Fahrzeugverfügbarkeit (Troubleshooting bei Ausfällen) ausgedehnt.

In der KW41 bis 43 2014 wurde ein Fahrzeug im Shuttlebetrieb zwischen dem Test- und Prüfgelände der Volkswagen AG in Ehra-Lessien und Wolfsburg eingesetzt. Der Fahrer hatte die Aufgabe ein Wochenprotokoll zu führen.

Wochenprotokoll der Route _____ in Wolfsburg vom _____ bis _____

Kennzeichen: BS-AC-2288 _____

	Montag 13.8	Dienstag 14	Mittwoch 15	Donnerstag 16	Freitag 17	Samstag
Beginn der Fahrt	13 ⁰⁰	6 ¹⁰	11 ⁰⁰	/	10 ⁰⁰	
Ende der Fahrt	16 ⁰⁰	16 ¹⁵	16 ²²	/	16 ¹⁵	
Wetter	<input type="checkbox"/> sonnig <input checked="" type="checkbox"/> bewölkt <input checked="" type="checkbox"/> regnerisch	<input checked="" type="checkbox"/> sonnig <input type="checkbox"/> bewölkt <input type="checkbox"/> regnerisch	<input checked="" type="checkbox"/> sonnig <input type="checkbox"/> bewölkt <input type="checkbox"/> regnerisch	<input type="checkbox"/> sonnig <input type="checkbox"/> bewölkt <input type="checkbox"/> regnerisch	<input checked="" type="checkbox"/> sonnig <input type="checkbox"/> bewölkt <input checked="" type="checkbox"/> regnerisch	<input type="checkbox"/> sonnig <input type="checkbox"/> bewölkt <input type="checkbox"/> regnerisch
Temperatur (°C)	17					
Verkehr	<input type="checkbox"/> dichter Verkehr <input type="checkbox"/> mittelmäßiger Verkehr <input checked="" type="checkbox"/> wenig Verkehr	<input type="checkbox"/> dichter Verkehr <input type="checkbox"/> mittelmäßiger Verkehr <input checked="" type="checkbox"/> wenig Verkehr	<input type="checkbox"/> dichter Verkehr <input type="checkbox"/> mittelmäßiger Verkehr <input checked="" type="checkbox"/> wenig Verkehr	<input type="checkbox"/> dichter Verkehr <input type="checkbox"/> mittelmäßiger Verkehr <input type="checkbox"/> wenig Verkehr	<input type="checkbox"/> dichter Verkehr <input type="checkbox"/> mittelmäßiger Verkehr <input checked="" type="checkbox"/> wenig Verkehr	<input type="checkbox"/> dichter Verkehr <input type="checkbox"/> mittelmäßiger Verkehr <input type="checkbox"/> wenig Verkehr
Ladungsmenge	<input type="checkbox"/> viel Ladung <input type="checkbox"/> mittlere Ladungsmenge <input checked="" type="checkbox"/> wenig Ladung	<input type="checkbox"/> viel Ladung <input type="checkbox"/> mittlere Ladungsmenge <input checked="" type="checkbox"/> wenig Ladung	<input type="checkbox"/> viel Ladung <input type="checkbox"/> mittlere Ladungsmenge <input checked="" type="checkbox"/> wenig Ladung	<input type="checkbox"/> viel Ladung <input type="checkbox"/> mittlere Ladungsmenge <input type="checkbox"/> wenig Ladung	<input type="checkbox"/> viel Ladung <input type="checkbox"/> mittlere Ladungsmenge <input checked="" type="checkbox"/> wenig Ladung	<input type="checkbox"/> viel Ladung <input type="checkbox"/> mittlere Ladungsmenge <input type="checkbox"/> wenig Ladung
Verkehrsbehinderungen	<input type="checkbox"/> Umleitung <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Stau <input type="checkbox"/> Unfall <input type="checkbox"/> Sonstige	<input type="checkbox"/> Umleitung <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Stau <input type="checkbox"/> Unfall <input type="checkbox"/> Sonstige	<input type="checkbox"/> Umleitung <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Stau <input type="checkbox"/> Unfall <input type="checkbox"/> Sonstige	<input type="checkbox"/> Umleitung <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Stau <input type="checkbox"/> Unfall <input type="checkbox"/> Sonstige	<input type="checkbox"/> Umleitung <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Stau <input type="checkbox"/> Unfall <input type="checkbox"/> Sonstige	<input type="checkbox"/> Umleitung <input type="checkbox"/> Baustelle <input type="checkbox"/> Stau <input type="checkbox"/> Unfall <input type="checkbox"/> Sonstige
Zeitverlust (min)						
Bemerkungen	11 ¹⁴ 80% - 22% 2000 69,5 - 28 Topp 92%	50% - 50% 92% - 32%	80% - 32% 80% - 22%		80% 23% 82,62 26%	

Geschwindigkeit 90-120 km/h → 70-90 km/h

Leistungsfähigkeit 90 km/h

Abbildung 19: Wochenprotokoll Shuttlebetrieb

Im ersten Quartal wurde ein Versuchsbetrieb im Bereich der Konzernlogistik Fahrzeugversand im Werk Wolfsburg durchgeführt. Die Fahrzeuge wurden über einen Zeitraum von dreieinhalb Wochen sowohl im Einschicht- wie auch im Drei-Schichtbetrieb betrieben. Danach wurde das Fahrzeug in einem repräsentativen Stadtkurs betrieben, um das Verhalten in einem klassischen Kurs für elektrifizierte Fahrzeuge zu betreiben. Die Details sind im Einsatzplan ersichtlich.

Tourenübersicht Erprobung T5PHEV							
KW	Tag						
	Mo	Di	Mi	Do	Fr		
6	02. Feb	03. Feb	04. Feb	05. Feb	06. Feb	Tour Spätschicht 14.30 - 22.00 Uhr	24h Tour 06.30 - 06.00 Uhr
	—	X	X	X	X	Halle 12	
7	09. Feb	10. Feb	11. Feb	12. Feb	13. Feb	Halle 8	
	X	X	X	X	X	CKD	
8	16. Feb	17. Feb	18. Feb	19. Feb	20. Feb	Fzg.-Durchsicht	
	X	X	X	X	X		
9	23. Feb	24. Feb	25. Feb	26. Feb	27. Feb	Tour Frühschicht 06:00 - 14:00 Uhr	
	X	X	X	X	—	OWS "Wolfsburg"	
10	02. Mrz	03. Mrz	04. Mrz	05. Mrz	06. Mrz		
	—	X	X	X	—		
11	09. Mrz	10. Mrz	11. Mrz	12. Mrz	13. Mrz		
	X	X	X	—	—		
12	16. Mrz	17. Mrz	18. Mrz	19. Mrz	20. Mrz		
	X	X	X	X	X		
13	23. Mrz	24. Mrz	25. Mrz	26. Mrz	—		
	X	X	X	X	—		

Abbildung 20: Einsatzplanung

7.2.2 Technische Betreuung der Erprobung

Während der Erprobung sind keine Probleme an den Baugruppen aufgetreten. Aufgrund der Rückmeldungen wurden Aufgabenpunkte für das Antriebs- und Energiemanagement generiert. Die Maßnahmen wurden für Dezember 2014 und Januar 2015 in die Nachapplikation des Systems integriert.

7.2.3 Datenerfassung

Wie vorangehend beschrieben, sind alle Vorbereitungen zur Datenerfassung erfolgt und die Datenaufnahme durchgeführt.

7.3 Auswertung

7.3.1 Messdatenauswertung (Lastkollektive, Verbräuche)

Der Datenauswertung liegen zwei verschiedene Betriebsszenarien (1-Schicht- und 3-Schichtbetrieb) zu Grunde, die nachfolgend dargestellt werden.

- Zeitraster: Darstellung der Betriebs- und Pausenzeiten
- Fahrstrecke: täglich zugelegte Strecke im Minimum und Maximum.
- Energiebilanzen: Die Verbräuche der einzelnen Aggregate im Minimum und Maximum, sowie die rekuperierte Energie über die E-Maschine im Minimum und Maximum

Zeitraster:

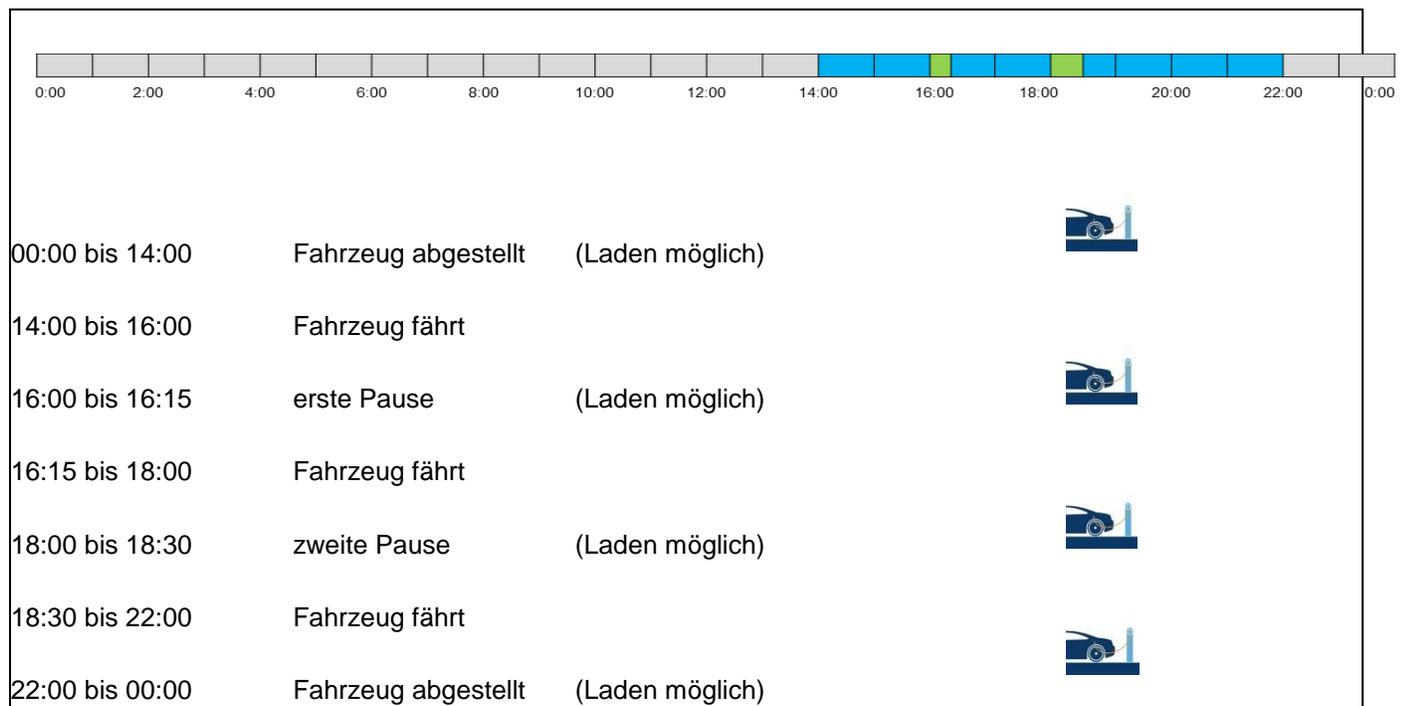


Tabelle 19: Darstellung des Tagesablaufs im 3-Schichtbetrieb

Die Auswertung wurde tageweise durchgeführt. Grundsätzlich gilt im Werksverkehr eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h.

Fahrstrecke:

Es wurde pro Schicht zwischen 68,7 und 100,9 km bewältigt.

Energiebilanzen:

Verbrauchsart	Wert
Verbrenner	• 6,41 bis 8,66 ltr/100km
E-Maschine	• 4,57 bis 12,14 kWh/100km
Nebenaggregate	• 4,18 bis 15,62 kWh/100km
Rekuperierte Energie	• 1,18 bis 10,55 kWh/100km

Tabelle 19: Energiebilanzen

Zeitraster:

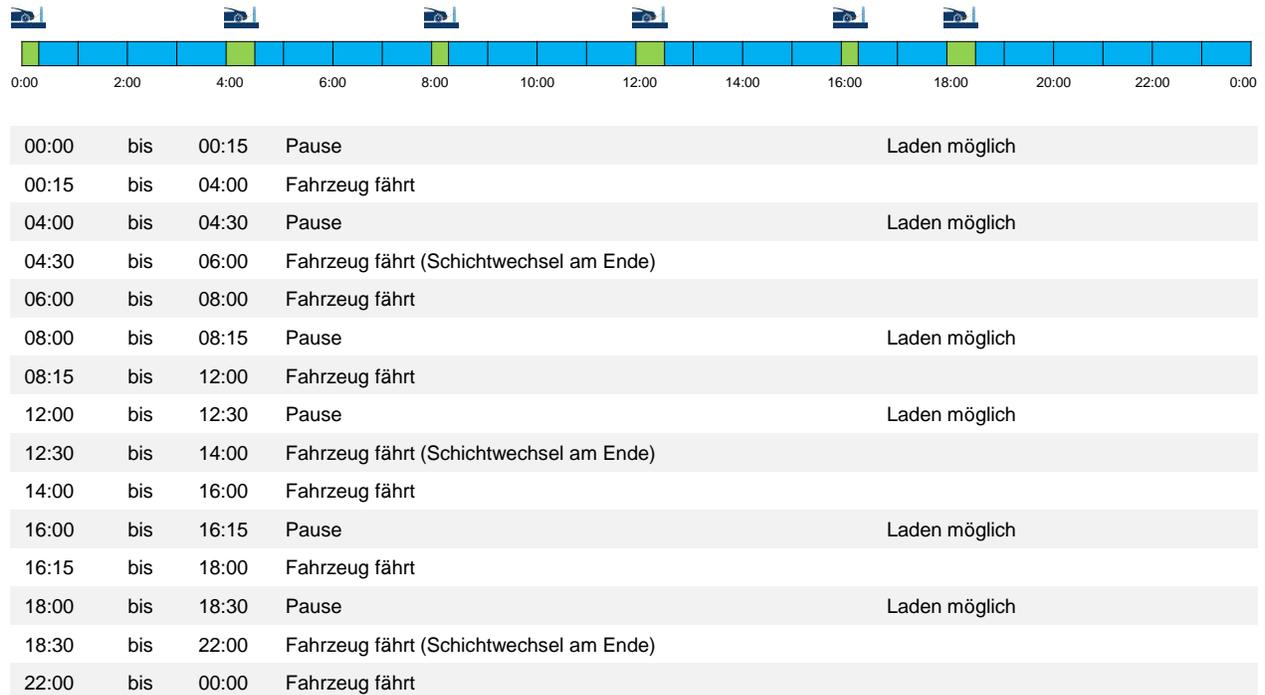


Tabelle 21: Darstellung des Tagesablaufs im 3-Schichtbetrieb

Fahrstrecke:

Es wurde pro Schicht zwischen 39,7 und 95,2 km bewältigt.

Energiebilanzen:

Verbrauchsart	Wert
Verbrenner	<ul style="list-style-type: none"> • 5,95 bis 13,59 ltr/100km
E-Maschine	<ul style="list-style-type: none"> • 3,91 bis 12,27 kWh/100km
Nebenaggregate	<ul style="list-style-type: none"> • 3,10 bis 8,27 kWh/100km
Rekuperierte Energie	<ul style="list-style-type: none"> • 2,45 bis 5,79 kWh/100km

7.3.2 Fragekataloge auswerten

Wie unter Punkt 7.2.1 beschrieben, wurde in den Fragebögen die subjektive Wahrnehmung der Fahrer zu den verschiedenen Fahrzuständen und dem Wechsel der verschiedenen Antriebsformen erfasst. Folgende Schwerpunktthemen wurden abgefragt und bewertet:

Fahrerlebnis Startstopp:

- Der Verbrenner wurde meistens bei Verzögerung im Schubbetrieb abgeschaltet.
- Die Start-/Stopp Funktion in den Standphasen funktionierte größtenteils ohne Beanstandung.
- Das Wiederstarten des Verbrenners erfolgte ruck frei und akustisch unauffällig.

Fahrerlebnis elektrisches Fahren:

- Das elektrische Fahren kann im Hybridmodus bewusst gehalten werden.
- Das Umschalten auf den elektrischen Fahrmodus kann bewusst eingeleitet werden.

Fahrleistungen:

- Die elektrische Antriebsleistung ist bei geringen Geschwindigkeiten angemessen.
- Die Leistung wird harmonisch (ohne Turboloch) aufgebaut.

Verzögerung (Rekuperation):

- Die gewünschte Schubverzögerung lässt sich durch das Fahrpedal gut dosieren.
- Die Schubverzögerung ist gleichbleibend reproduzierbar.

7.3.3 Einsatzbezogene Auswertung - Konfigurator für einen elektrifizierten Antriebsstrang

Ziel des Teilprojekts „Einsatzbezogene Auswertung (Konfigurator für einen elektrifizierten Antriebsstrang)“ ist die Generierung eines Konfigurators für einen elektrifizierten Antriebsstrang, der ausgehend von aufzuzeichnenden individuellen Fahrprofilen auf Grundlage einer Wirtschaftlichkeitsanalyse erstellt wird und den Fahrzeugparametern (Angebot) die Nutzeranforderungen (Nachfrage) gegenüberstellt. In den Konfigurator fließen Fahrzeug-Parameter, Flotten-Informationen und Vorgaben der OEMs ein. Er gibt eine Empfehlung für die optimale Triebstrangkonfiguration des einzelnen Fahrzeugs und der Flotte aus, welche auch für die Prognose der Ausgaben herangezogen werden kann.

Folgende Arbeitsschritte wurden bearbeitet:

1. Vorbereitung des ausführlichen Arbeitsplans
2. Zusammenstellung und Zuordnung der erforderlichen Parameter
 - Zusammenstellung der erforderlichen Messwerte
 - Festlegen der Vorgaben für die Triebstrangdimensionierung:
 - Auswahl Fahrzeugsegment
 - Festlegung elektrische Reichweite
 - Festlegung der Referenzfahrzeuge und Widerstandsbeiwerte (noch nicht endgültig festgelegt)
 - Klärung des Umgangs mit den Nebenverbrauchern
 - Überlegungen zur Auslegung der Energiespeicher, Energiewandler für später durchzuführenden, iterativen Optimierungsprozess
3. Sichtung Beispieldatensatz
4. Workshop „Daten“ im Januar 2013
 - Klärung der Frage, welche Daten in welchem Format und in welchem Umfang zur Übergabe für die weiteren Arbeitsschritte erforderlich sind und bereits zur Verfügung stehen (Archivdaten)
 - Diskussion der notwendigen Inputdaten
 - Klärung der sicheren Übertragung der Daten

5. Vorbereitende Schritte für die Modellbildung

- Extraktion der Inputparameter für den Konfigurator
- Erste Testläufe unter Anwendung des Beispieldatensatzes
- Ableitung für Bedingungen zur Verkürzung der gemessenen, individuellen Fahrprofile zu individuellen Fahrzyklen, um eine angemessene Rechenzeit zu gewährleisten
- Festlegungen für die Modellarchitektur:
 - Vorwärtsrechnung: Berechnungswege entsprechen den Signalen und Kraftflüssen des realen Fahrzeugs, d.h. für die Fahraufgabe wird ein Fahrermodell benötigt.
 - Interaktion zwischen Fahrer und Fahrzeugmodell wird in der Simulation als geschlossener Regelkreis abgebildet.
 - Als Führungsgröße für das Fahrermodell dienen die Geschwindigkeit-Zeit-Vorgaben.
 - Für die Optimierung von Steuer- und Regelstrategien ist die Vorwärtsrechnung wegen der realitätsnahen Abbildung ideal.
 - Rückwärtsrechnung: Motormoment wird nicht vom virtuellen Fahrer angefordert, sondern indirekt über den Fahrzyklus und die damit vorhandenen Fahrwiderstände berechnet, d.h. die Rückwärtsrechnung ist weniger komplex und mit geringerem Rechenaufwand verbunden, dies ermöglicht so eine schnelle, automatisierte und skriptgesteuerte Optimierung der Triebstrangkomponenten.

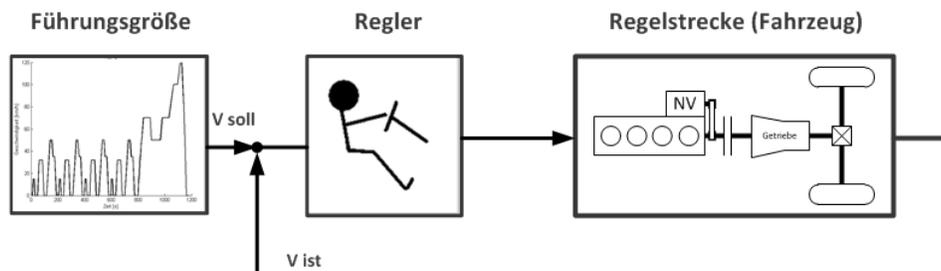


Abbildung 21: Schema zur Vorwärtsberechnung

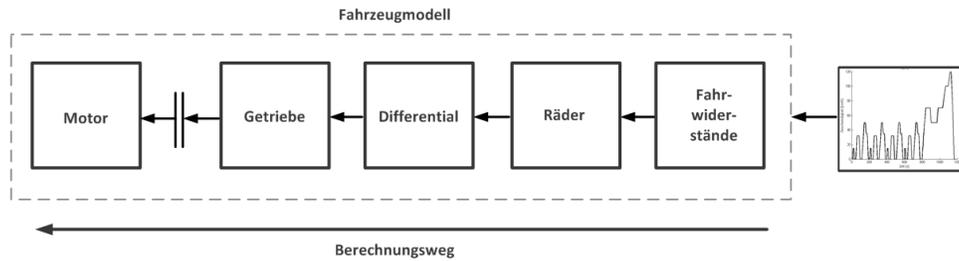


Abbildung 22: Schema zur Rückwärtsberechnung

6. Diskussion der Nebenverbraucher

Im Verlauf des Projekts hat sich gezeigt, dass eine sorgfältige Wahl der Randbedingungen für die Nebenverbraucher getroffen werden muss.

Die Ausgangsbedingungen beeinflussen maßgeblich die Ergebnisse der Verbrauchssimulation, daher muss vor allem die Frage der Vorkonditionierung geklärt sein.

- Umweltszenarien aus Vorgängerprojekt beibehalten
- Nur sicherheitsrelevante NV
- Sicherheits- und komfortrelevante NV
- Sommertag mit 50% Klimatisierung
- Wintertag mit noch festzulegender Heizleistung
- Worst case: Wintertag, keine Rekuperation
- Angaben aus dem e-Caddy-Versuch verarbeiten
- Angaben des PHEV berücksichtigen
- Nebenantriebsverbrauch in eine Variable umsetzen (fixe Konstante oder Funktion) mit folgenden Inputgrößen
- Grundenergie des Fahrzeugs
- Vorkonditionierung („Absprungbasis“)
- Randbedingungen

7. Methodik Konfigurator

Zusammenfassend ist die Methodik in der Grafik dargestellt. Darin befinden sich alle bereits genannten Einflussgrößen und Prozesse.

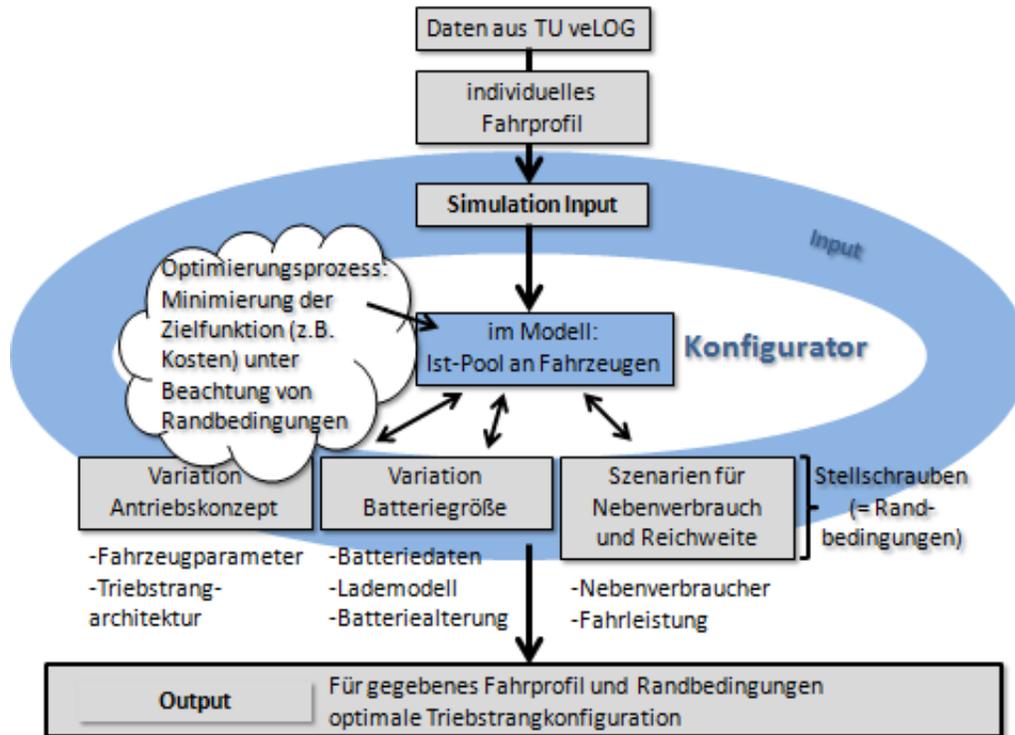


Abbildung 23: Flussdiagramm Methodik

8) AP7: Ergebnispräsentation, Übertragbarkeit auf weitere Projekte

Im Rahmen einer Ergebnispräsentation am 4.8.2014 in Wolfsburg wurden die bis dahin erbrachten Projektergebnisse dargestellt. Anhand der Tabelle 23 ist die Agenda für den genannten Tag ersichtlich: Von 13.30 bis 15.00 Uhr fand eine dynamische Fahrzeugpräsentation (Fahrstrecke VSQ) statt:

Vortrag	Sprecher
T5PHEV	R. Schulz
E-Caddy	A. Timpe
e-loadup!	J. Strunz
Statische Fahrzeugpräsentation (Fahrstrecke VSQ) Erklärung am Fahrzeug auf der Hebebühne)	J. Strunz/R. Schulz

Tabelle 23: Agenda Teil 1

Zwischen 15.00 bis 16.30 Uhr wurde der Status des Förderprojektes Ecargo und ein mögliches Nachfolgerprojekt thematisiert.

Vortrag	Sprecher
Vorstellung Ecargo	J.Strunz
Flottenversuch E-Caddy	J.Strunz
Messdatenaufnahme/Auswertung	A.Kaul
Sozialwissenschaftliche Begleitforschung	F.Sühlmann-Faul
Projektidee LET als Folgeprojekt	J.Strunz
Diskussion zur Umsetzung	Alle

Tabelle 24: Agenda Teil 2

9) Vergleich der Projektergebnisse zum internationalen Stand der Technik

Das Projekt spiegelt in seinen Ergebnissen die bislang bekannten Erkenntnisse wieder. Die im Projekt enthaltenen Fragestellungen sind jedoch noch nie so umfassend in einem Projekt behandelt worden. Dadurch grenzt sich Ecargo von den bestehenden Untersuchungen ab. Die Vollständigkeit von der Entwicklung über den Aufbau, den Betrieb bis zum Recycling bildet den kompletten Lebenszyklus ab. Ein hybridisiertes Nutzfahrzeug wie der Transporter als Plugin-Hybrid ist bis zum Projektende von noch keinen weiteren Hersteller umgesetzt worden.

10) Zukunftsaussichten und weiterer F&E-Bedarf

Durch das Förderprojekt Ecargo konnte ein umfassender Überblick der Technik und der Nutzung von BEV und PHEV Fahrzeugen im gewerblichen Umfeld gewonnen werden. Gerade der Zusammenhang zwischen Technik, Nutzverhalten und Umfeldauswirkungen wurde in der Gesamtheit noch in keinem Projekt bearbeitet.

Letztendlich sind die Erkenntnisse eine Basis für die nutzerspezifische Auslegung von elektrifizierten Fahrzeugen. Es sind die Stärken, wie auch die Schwächen der Technik im täglichen Umgang sehr gut dargestellt worden.

Die Entwicklungsaktivitäten zu elektrischen, beziehungsweise elektrisch unterstützenden, Fahrzeugkonzepten werden wesentlich durch die Arbeiten an Ecargo beeinflusst. Der schon mehrfach angesprochene Zusammenhang zwischen der Nutzung und der Auslegung der Fahrzeuge spielt dabei die größte Rolle. Es liegen in der Zukunft durchaus Bedürfnisse die komplette Prozesskette von Energiebereitstellung bis zu der realen Nutzung des Fahrzeugs zu beleuchten.

Die kundenorientierte Auslegung der Konzepte unter der Berücksichtigung der Innovationen bei Energiespeichern und Antrieben wird in den kommenden Jahren weiter voranzutreiben sein. Eine noch klarere Trennung zwischen privat und gewerblich sowie Kurz-, Mittel- und Langstrecken-anwendung ist in Zukunft durch unterschiedliche Reichweiten- und Leistungsanforderungen zu erwarten.

Eine große Herausforderung werden in Zukunft die Komfortfunktionen in BEV PKW darstellen, da die Energieeffizienz der augenblicklichen Systeme noch ausbaufähig ist. Dies ist im Besonderen beim gewerblichen Personenverkehr ein offener Punkt, da dort durch ständiges Ein- und Aussteigen und lange Standzeiten der Anteil der Komfortverbraucher extrem hoch ist.

11) Beitrag zu den förderpolitischen Zielen des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB)

Wie eingangs erwähnt sind Unternehmen und öffentliche Einrichtungen zum Teil auf sehr große Fahrzeugflotten angewiesen. Deren wirtschaftlicher und zugleich ökologischer Betrieb rückt nun immer mehr in den Fokus der Betrachtung dieser Akteure. Gerade vor dem Hintergrund steigender Kraftstoffpreise sowie zunehmender ökologischer Restriktionen hinsichtlich der Fortbewegung in innerstädtischen Regionen, können sich langfristig alternative Antriebskonzepte als entscheidende Einflussgröße für den wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen im Wettbewerb darstellen.

Die Ziele des dargestellten Projektes sind im Zusammenhang mit gewerblichen Fahrzeugflotten in folgenden Schwerpunkten definiert:

Reduktion der CO₂-Emissionen, des Energiebedarfs und davon abgeleitet der lokalen Umweltbelastungen.

Am Betrieb der e-Caddy Flotte wurde die komplette Bandbreite des Einsatzes von elektrischen Fahrzeugen im gewerblichen Umfeld dargestellt. Beginnend mit der Spezifikation der Fahrzeuge, über die Herstellung, das Betreuungskonzept und die Analyse umweltrelevanter Faktoren wurde der Einsatz eingehend vor Kunde dargestellt. Bei den umweltrelevanten Faktoren sind die CO₂-Einsparung nach Branche sowie das Life Cycle Assessment festzuhalten. Die sozialwissenschaftliche Begleitforschung zeigte nochmals, über die rein technischen Daten hinaus, die Einsetzbarkeit und die Akzeptanz von elektrischen Fahrzeugen. Um die Ziele des Bundesministeriums und der vorliegenden Förderrichtlinie zu erreichen, ist eine signifikante Einbindung von elektrisch-angetriebenen Fahrzeugen in die Flotten von Gewerbekunden unerlässlich. Durch die Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten des e-Caddy im gewerblichen Umfeld und durch die technischen Erkenntnisse des Demonstrationsbetriebs am Kunden ist ein erheblicher Schritt zur Akzeptanz von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen im Gewerbebereich erreicht worden.

Die Darstellung eines Nutzfahrzeugs mit hybridischem Antrieb zeigt ergänzend ein weiteres Konzept. Es wurden die technischen Möglichkeiten untersucht. Das Fahrzeug ist vom Konzept bis zur Tauglichkeit für die öffentliche Straße in einem Versuchsbetrieb entwickelt worden. Der Demonstrationsbetrieb zeigt wiederum mögliche Einsatzszenarien. Der Aufbau der zwei Demonstrationsfahrzeuge verdeutlichte zudem die komplexen Zusammenhänge des Hybridantriebes. Die gewonnenen Erkenntnisse fließen somit auch in die weitere Konzeption von Demonstrations- und Erprobungsfahrzeugen ein, ein Meilenstein für die Entwicklung von hybridisch-angetriebenen Transportern ist folglich erreicht. Die Fahrzeugklasse stellt einen wichtigen Bestandteil von Gewerbekunden dar, die Nachfrage nach einem PHEV Transporter wird als hoch eingeschätzt. Auch hier stellt die Integration eines solchen Fahrzeuges in die Fahrzeugflotten der Gewerbekunden einen Meilenstein zur Erreichung der CO₂ – Zielwerte dar.

Als Teilprojekt wurde eine übergeordnete Messdatenauswertung durchgeführt, die die Einsetzbarkeit von elektrifizierten Fahrzeugen in vorhandenen gewerblichen Fahrzeugflotten auf Basis tatsächlichen Fahrprofilen objektiv darstellen sollte. Für eine kundenorientierte Auslegung der Konzepte zu elektrischen Antrieben wird die Messdatenauswertung aus dem Projekt sehr hilfreich sein.