

Abschlussbericht Fachhochschule Erfurt

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IKT FÜR 
ELEKTROMOBILITÄT

SMART DISTRIBUTION LOGISTIK

Zuwendungsempfänger: Fachhochschule Erfurt	Förderkennzeichen: 01 ME 17001D
Vorhabensbezeichnung: <i>Entwicklung und Erprobung factorspezifischer Bewertungsmodelle und Mehrfachnutzungskonzepte für die Medienlogistik (SDL-ELEMENTRA)</i>	
Projektleiter des Teilvorhabens: Prof. Dr.-Ing. Uwe Adler	Tel.: +49 361 6700-659 Email: adler@fh-erfurt.de
Laufzeit des Vorhabens: von: 01.05.2017 bis: 30.04.2020	
Berichtszeitraum: von: 01.05.2017 bis: 30.04.2020	Datum: 30.10.2020

INHALTSVERZEICHNIS

1 Kurzdarstellung	3	2.9 Messgrößenidentifikation und - erfassung	31
1.1 Aufgaben im Projekt.....	3	2.10 Mehrfachnutzungskonzepte	40
1.2 Projektvoraussetzungen	4	2.11 Zusammenfassung der Ergebnisse.	62
1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens	5	3 Wichtige Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	63
1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand zum Projektstart	6	4 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	64
1.5 Mehrfachnutzung	10	5 Voraussichtlicher Nutzen und Verwertbarkeit der Ergebnisse	65
2 Erzielte Ergebnisse	11	6 Während der Vorhabens-Durchführung bekannt gewordener Fortschritt bei anderen Stellen	67
2.1 Bewertungsmodell	11	7 Erfolgte und geplante Veröffentlichung der Ergebnisse	67
2.2 Schärfung des Bewertungsmodells	15	7.1 Veröffentlichungen	67
2.3 Simulation zur Stabilität und Robustheit des gesamten Gütebewertungsmodells in Multi-Use- Anwendungen	17	7.2 Marketingmaßnahmen	68
2.4 Implementierung des TCO-Modells als Software-Prototyp	19	8 Literaturverzeichnis	69
2.5 Klassifizierungsmodell und Faktorklassen	20	9 Abbildungsverzeichnis	71
2.6 Anwendung des Bewertungsmodells	25	10 Tabellenverzeichnis	72
2.7 Matching-Algorithmen zur Verknüpfung von Transportketten unterschiedlicher Partner	29	11 Abkürzungsverzeichnis	73
2.8 Wechselwirkungen zwischen Tages- und Rahmentouren unter Verwendung mobiler Depots	29	12 Kontakt	74
		13 Impressum	74

1 KURZDARSTELLUNG

1.1 Aufgaben im Projekt

Gerade der Bereich der City-Logistik oder auch die Letzte-Meile-Logistik bietet sehr gute Voraussetzungen, um durch die Nutzung von Elektromobilitätskonzepten die Nachhaltigkeit der Lieferprozesse zu steigern. Für praktische Anwendungen spielen nach wie vor Reichweite und Anschaffungskosten der Elektrofahrzeuge eine entscheidende Rolle, wenn es um deren wirtschaftlichen Einsatz geht. Daraus erwächst die Forderung nach neuen, adaptierten Einsatzkonzepten und, als Folge, eine Restrukturierung und Optimierung bestehender Logistikketten. Zudem müssen Geschäftsmodelle entwickelt und genutzt werden, die eine bessere Ausnutzung der potentiellen Transportkapazitäten der eingesetzten Fahrzeuge ermöglichen. Hauptziel dieser Modelle ist eine Verteilung der höheren Anschaffungskosten auf eine größere Anzahl von Dienstleistungen bzw. Unternehmen, um so, auch in Verbindung mit den geringeren Einsatzkosten von Elektrofahrzeugen, die Gesamtkosten zu senken.

Die derzeit meist fehlenden Informationen über ungenutzte Kapazitäten in den bestehenden Transportprozessen, hier speziell die Fahrzeug-Auslastung zeitlich, volumen- oder gewichtsbezogen, bieten ein großes Potential für Produktivitätssteigerungen. Der Ansatz des Projektes ist es, alle in die Leistungserbringung involvierten Faktoren in die Optimierungsprozesse einzubeziehen und im Rahmen des Teilprojektes deren Einfluss auf die Gesamtkosten auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen zu identifizieren und diesen Einfluss in einem Bewertungssystem abzubilden.

Die drei wesentlichen Ziele des Teilprojektes SDL-ELEMENTRA lauten:

1. Bestimmung der Gütemaße der Faktoreneinsätze
2. Messgrößenidentifikation und Unterstützung der Logistikpartner bei der Erschließung dieser Größen
3. Unterstützung bei der Implementierung und Bewertung von Mehrfachnutzungskonzepten bei den Logistikpartnern

Daraus leiten sich die Kernaufgaben des Teilvorhabens ab. Diese konzentrieren sich zum einen auf die Identifikation und Untersuchung von TCO-Parametern. D.h. für die involvierten Faktoren Mensch, Ware, Fahrzeug und Hub werden alle kostenrelevanten Parameter identifiziert und entsprechende Datenquellen erschlossen. Auf Basis der identifizierten Einflussgrößen wird ein Gesamtmodell zur Gütebewertung der Faktoreneinsätze auf allen Modellebenen, d.h. unter Berücksichtigung von Tages-, Rahmentouren und Logistikkonzepten entwickelt. Bei der Gütebewertung werden insbesondere ökonomische Kriterien und die Umsetzbarkeit neuer Ansätze einbezogen.

Dabei steht die Entwicklung eines Modells zur Bewertung der bestehenden Transportprozesse auf Tages- und Rahmentourenebene, als auch der innerhalb des partnerspezifischen Logistikkonzeptes zukünftig eingesetzten Mehrfachnutzungskonzepte im Vordergrund. Diese Bewertung berücksichtigt neben der rein-kostentechnischen Evaluierung auch die Durchführbarkeit der Prozesse in Abhängigkeit der Kombination der gewählten Produktionsfaktoren (insbesondere Personal, Fahrzeug und Ware) und deren spezifischer Merkmale. Mit Hilfe des Modells können

Wirtschaftlichkeitsanalyse des Einsatzes von Elektrofahrzeugen in der Medien- und Pharma-Logistik durchgeführt werden.

Für das Bewertungsmodell mussten die beim Faktoren-Einsatz bewertungsrelevanten Merkmale und die dazu passenden Messgrößen ermittelt und erschlossen werden. Dies umfasst die Identifikation und Analyse vorhandener Erfassungsmöglichkeiten bzw. Schnittstellen sowie die Unterstützung bei der Entwicklung von Erfassungskomponenten zur automatisierten Erhebung von Messdaten insbesondere im Hinblick auf die eingesetzten Fahrzeuge.

Drittes Vorhabensziel ist die Identifizierung geeigneter Leistungsfelder für die Implementierung von Mehrfachnutzungsansätzen und die Unterstützung der Praxispartner bei deren Integration in die bestehenden Logistikprozesse. So können die zeitliche und die beladungskapazitative Auslastung der eingesetzten Fahrzeuge erhöht und somit ein verbesserter wirtschaftlicher Einsatz ermöglicht werden. Hierbei wurden auf Basis der Realdaten und in enger Zusammenarbeit mit den Praxispartnern theoretische Mehrfachnutzungsansätze konzipiert. Ausgewählte Ansätze kamen zur Validierung und Optimierung im Feldtest zur Anwendung, wobei die vorteilsquantifizierten Konzepte zur realen Mehrfachnutzung im Gesamtmodell erprobt und wiederum validiert werden konnten. Das entwickelte Bewertungsmodell bildete hierfür eine wesentliche Basis.

Zur Ausschöpfung der ermittelten ungenutzten Fahrzeug-Einsatzkapazitäten für eine unternehmensübergreifende Nutzung wurden verschiedene Konzepte aus dem Bereich Shared-Economy betrachtet. Diese spalten sich grob in die Bereiche Shared-Use und Cargo-Sharing

auf. Ersteres ist eng verwandt mit dem Konzept des Car-Sharing, wobei statt des individuellen Nutzers eine branchen- und unternehmensübergreifende Nutzung des Fahrzeugs in komplementären Einsatzfeldern stattfindet. Während bei Shared-Use-Ansätzen der zugrundeliegende Fahrzeugpool von mehreren Unternehmen genutzt werden kann, zielt Cargo-Sharing darauf ab, die innerhalb von Touren auftretenden, ungenutzten Ladungskapazitäten von Fahrzeugen, die üblicherweise exklusiv einem Dienstleister gehören, durch zusätzliche Transportaufträge anderer Dienstleister aususchöpfen.

1.2 Projektvoraussetzungen

Die Ermittlung und Bewertung der Kosten der Faktoren erfolgte in der Vergangenheit in der Hauptsache statisch. Dabei wurde entweder eine einmalige Betrachtung oder die Betrachtung kumulierter Werte über einen längeren Zeitraum vorgenommen. Die mit dem Teilvorhaben verbundenen Herausforderungen ergeben sich u.a. aus der Frage, wie bestimmte Faktoren nunmehr dynamisch, also einsatzbegleitend bewertet werden sollen. Dazu waren einerseits neue Bewertungskriterien zu erarbeiten und andererseits mussten diese auch einer entsprechenden Erfassung während des Einsatzes zugänglich sein. Im Bereich der Elektrofahrzeuge waren dazu Erfahrungen, u.a. aus dem Projekt SMART CITY LOGISTIK vorhanden. Bezüglich der Faktoren Mensch, Ware und Hub mussten nicht nur die Bewertungskriterien, sondern auch die Möglichkeiten einer Erfassung während des Einsatzes erarbeitet werden. Die mit dem Projekt verbundenen technischen Herausforderungen bestanden zu Beginn des Projektes in dem bisher nur unzureichend einzugrenzenden Umfang an Einflussparametern auf die Gesamtbetriebskosten in den

einzelnen Betrachtungshorizonten (Tagestour, Rahmentour, Logistikkonzept). Damit einher gingen die nicht einzuschätzenden Möglichkeiten und technischen Aufwendungen der Datenerfassung. Schwierigkeiten ergaben sich hierbei insbesondere aus der Tatsache, die notwendigen Daten in der erforderlichen Genauigkeit und bei der Vielzahl unterschiedlichster Merkmalsträger auf praxistaugliche Weise erfassen zu können. Beispielsweise sollte bei der Datenerfassung in Fahrzeugen vorzugsweise auf solche Größen zurückgegriffen werden, die im Fahrzeug bereits durch andere Systeme ermittelt werden konnten. Ansonsten können sich Restriktionen beim Zugriff auf ggf. erforderliche Daten ergeben.

1.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Zentrum des Teilprojektes steht u.a. die Entwicklung und Validierung des Gesamtmodells zur Gütebewertung der Faktoreneinsätze auf allen Modellebenen.

Der Ansatz des Teilprojektes bestand hierbei darin, den Einfluss der Faktoren der Logistikkette auf die Gesamtkosten durchgängig und auf unterschiedlichen Betrachtungsebenen zu untersuchen. Dazu ist es nicht ausreichend, kostenrelevante Größen (z.B. den Energieverbrauch eines Fahrzeugs) kumuliert in größeren zeitlichen Abständen zu betrachten. Vielmehr muss eine permanente Erfassung der relevanten Parameter erfolgen.

Die Erfassung der kostenrelevanten Parameter der Faktoren erfolgt daher quasi einsatzbegleitend.

Zur Umsetzung wurden die folgenden Schritte vollzogen.

- Untersuchung der einzelnen Faktoren im Hinblick auf Ihre Kostenrelevanz, auf Ursachen und vorhandene Abhängigkeiten der Kosten
- Ableitung von Bewertungskriterien der Faktoren und Bestimmung des Faktorenbewertungsmaßes
- Bestimmung, Beschreibung und Klassifizierung der einzelnen Faktoren und ihrer kostenseitigen Bewertungskriterien
- Faktor-Typisierung als Basis einer Faktor-Datenbank
- Verdichtung der Bewertungskriterien der Faktoren im Hinblick auf die nächsthöhere Ebene der Logistikkette
- Entwicklung der Bewertungsmodelle der Faktoreneinsätze unter Berücksichtigung der Abhängigkeiten zwischen den Faktoren und den verschiedenen Betrachtungsebenen Tagestour, Rahmentour und Logistikkonzept

Die Erprobung des Bewertungsmodells erfolgte stufenweise bei den Projektpartnern. Dazu wurde in Abstimmung mit den Logistikpartnern ein entsprechendes Experimentaldesign entwickelt. Aus den Erprobungsergebnissen ergaben sich Rückkopplungen für die Weiterentwicklung bzw. Optimierung des Bewertungsmodells.

Des Weiteren wurden die Ziele des Teilvorhabens durch folgende Schritte realisiert.

- Analyse kompletter Transportketten der Partner inkl. der zugehörigen Informationsflüsse, Schnittstellen und Fahrzeuge
- Konzeptionelle Voruntersuchungen von Mehrfachnutzungsansätzen

- Entwicklung von Erprobungsszenarien für bestbewertete Konzepte
- Erweiterung der Mehrfachnutzungskonzepte durch Identifikation von Rahmenbedingungen zur allgemeingültigen Übertragbarkeit

Die Erfassung von Messdaten erfolgte dabei unter Zuhilfenahme verschiedener Messsysteme, welche z.T. selbst entwickelt oder angepasst wurden. Bereits frühzeitig wurden für jede Messgröße, in Abhängigkeit von Notwendigkeit und Verfügbarkeit, unterschiedliche Erfassungsfrequenzen festgelegt, um den Datenumfang zu reduzieren und die Übertragung und Auswertung zu vereinfachen.

Eingebettet in das Gesamtvorhaben erfolgte eine intensive Zusammenarbeit mit den weiteren Partnern im Projekt. Insbesondere erfolgte so eine gemeinsame Entwicklung des Bewertungsmodells und von Multi-Use-Anwendungsfällen mit den Logistikpartnern eLOG, SZ und LLG sowie eine Kooperation mit dem Partner EPSa im Bereich des Zugangs zu Fahrzeuginternen Parametern. Darüber hinaus wurde zwecks der Integration der Entwicklungsergebnisse in die SDL-Systemplattform ein kontinuierlicher Austausch mit der DAKO realisiert.

1.4 Wissenschaftlich-technischer Stand zum Projektstart

1.4.1 Bewertung und Erfassung des Fahrzeugeinsatzes

Bisher war die klassische Kostenrechnung in Unternehmen das probate Mittel um die Wirtschaftlichkeit einzelner Kostenelemente zu kontrollieren, Angebote zu kalkulieren und eine Grundlage für zukünftige Planungen zu liefern. Dabei lag das vornehmliche Interesse

des Unternehmens darin, die Kostenuntergrenze mit Hilfe der Kostenrechnung zu finden (Kerler, 2010, S. 145).

Jede Kostenrechnung kann aber nur so gut sein, wie die ihr zu Grunde gelegten Daten und deren Aktualität. Daher musste eine möglichst genaue und zeitnahe Kostenerfassung durchgeführt werden, die zum Stand des Projektstarts aber im Wesentlichen auf einer strukturierten Buchführung im Unternehmen basierte. Zudem konnte die Erfassung von Fahrzeugdaten durch Telematik-Lösungen, mittel standardisierter Fahrzeugschnittstellen (z.B. FMS, Tachograph) erfolgen. Typische Vertreter dieses Marktsegmentes sind die Daimler FleetBoard GmbH („FleetBoard“), TomTom International B.V. („TomTom Telematics“), GPSoverIP GmbH („GPSauge“)

Basierend auf Erfahrungen aus dem vorangegangenen Forschungsprojekt SMART CITY LOGISTIK (SCL) und der Beteiligung an der AG „PKW + Nutzfahrzeuge“ beim Bundesverkehrsministerium waren seinerzeit mehrere Herangehensweisen zur Datenerfassung, speziell im Rahmen öffentlich geförderter Projekte, bekannt.

In der genannten Arbeitsgruppe, die im Verlauf ihrer Tätigkeit ein sog. „Minimaldaten-Set“ für Fahrzeuge und Ladeinfrastruktur zur Datenerfassung bei BMVI-geförderten Projekten entwickelte, wurde die technische Umsetzung „Flea“ des Anbieters CarMedialab GmbH favorisiert. Dabei wurden Parameter im Sinne des Minimaldaten-Sets aus den Fahrzeugen abgerufen und weiterverarbeitet. Eine Einflussnahme durch den Nutzer auf Art und Anzahl der Parameter sowie die Erfassungsintervalle war bei diesem System nicht vorgesehen. Überdies erfolgte keine Datenübertragung in

Echtzeit, sondern es wurden vorverarbeitete quasi „historische“ Datensätze offline zur Verfügung gestellt.

Weiterhin bekannt war die Möglichkeit zur direkten Erfassung und Auswertung der On-Board-Kommunikation der Fahrzeuge. Neben der Identifikation und Interpretation relevanter Daten im Kommunikationsprotokoll offenbarten sich dabei als besondere Hindernisse der teilweise nur eingeschränkte Datenumfang und die Erstellung geeigneter Datenzugänge. Von einzelnen Fahrzeugherstellern waren Vorrichtungen bekannt, die es primär zum Zwecke des Carsharings erlaubten, bestimmte Fahrzeugparameter an einer herstellerspezifisch definierten Schnittstelle abzugreifen. Auch hier gab es Einschränkungen zum Umfang an Daten sowie zum Datenintervall, da diese sich im Wesentlichen auf Carsharing-relevante Kriterien bezogen. Gleichwohl verwendeten nicht alle Hersteller derartige Schnittstellen. Bekannt waren beispielsweise Systeme von Renault (BAC-Steuergerät), Mitsubishi (CAN Gateway) oder BMW (Car Sharing Modul CSM).

Eine Abgrenzung zu den vorgenannten Herangehensweisen weißt das Projektvorhaben in der Weise auf, dass zwar nach wie vor die fahrzeuginterne (OnBoard-) Kommunikation zu Rate gezogen wird, zusätzlich aber auch Daten aus dem Diagnosesystem der Fahrzeuge (Offboard-Kommunikation) erschlossen werden. Hierdurch konnten vielfältige Fahrzeugparameter zur Kostenbetrachtung nutzbar gemacht und dabei die Erfassungs- und Übermittlungsintervalle selbst definiert werden.

1.4.2 Bewertung und Erfassung des Personaleinsatzes

Eine tätigkeitsbegleitende, kontinuierliche Erfassung und Bewertung der Tätigkeit von Mitarbeiter war u.a. von Flottenmanagementsystemen bekannt. So wird beispielsweise bei dem System FleetBoard eine Bewertung der Fahrweise des Fahrers im Hinblick auf deren Wirtschaftlichkeit, d.h. auf die verursachten Kosten (Energieverbrauch und Verschleiß am Fahrzeug) vorgenommen. Die Ergebnisse können z.B. monatlich in entsprechenden Reports zusammengefasst werden (Daimler FleetBoard GmbH, 2016). Dabei steht der Umgang des Mitarbeiters mit einem Arbeitsmittel, konkret dem Lkw, im Fokus.

Die Leistungsfähigkeit eines Menschen wird durch eine große Anzahl von Faktoren beeinflusst. Zunächst einmal spielt die geistige und körperliche Form eine wesentliche Rolle; hinzu kommt die Leistungsdisposition. Anders als Maschinen unterliegt der Mensch im Arbeitsrhythmus bestimmten Schwankungen. Diese sind von der Tagesrhythmik (biologische Leistungskurve), einer allgemeinen Ermüdung während der Arbeit sowie auch vom jeweiligen Lebensalter determiniert. Derartige Einflüsse sollen im Projekt aber keine Rolle spielen. Andererseits ist andauernder Stress ein großer Faktor, der sich negativ auf die Arbeitsleistung auswirkt. Stress entsteht u.a. aus Überlastung, verursacht durch Zeit- und Leistungsdruck, aber auch durch Multitasking, Störungen oder zu komplexe Aufgaben (Fraunhofer IAO, 2013). Im Projekt sollte die Optimierung der Tätigkeiten eines Mitarbeiters mit dem Ziel der Reduktion der Gesamtkosten im Vordergrund stehen. Dabei galt es, viel mehr als bei den genannten Flottenmanagementsystemen, die Arbeitsbedingungen, also die Randbedingungen unter

denen der Mitarbeiter seine Tätigkeiten ausübt, in die Optimierung einzubeziehen. So sollten bspw. unnötige Wege oder Handhabungen erkannt und eliminiert werden. Gleiches galt für stressverursachende Einflüsse, wie z.B. Störungen oder zu komplexe bzw. unklare Abläufe.

Bei den bereits erwähnten Flottenmanagementsystemen erfolgte die Erfassung und Bewertung der Tätigkeit von Mitarbeiter quasi auf indirektem Wege, indem bestimmte Größen am Fahrzeug ermittelt wurden (z.B. Motordrehzahl, Gang, Bremsverzögerung).

Eine Abgrenzung zu diesen Herangehensweisen wies das Vorhaben in der Weise auf, dass die Erfassung und Bewertung der Tätigkeit vom Mitarbeiter durch die Ermittlung indirekter Größen mit Einfluss auf die Kosten erfolgte.

1.4.3 Bewertung und Erfassung des Hubeinsatzes

Kennzeichnend für die Medienlogistik sind insbesondere die Vielschichtigkeit und Mehrstufigkeit des Verteilprozesses sowie die Kleinteiligkeit des Zustellprozesses auf der „Letzten Meile“. Dabei muss auch auf zeitlich stark schwankende Bedarfe und Anforderungen in kürzester Zeit reagiert werden. Im Rahmen des logistischen Prozesses kommen dabei eine Vielzahl von Logistikträgerklassen, angefangen beim 40-Tonnen LKW, über 7,5-Tonner, Kleintransporter bis hin zu Lasten-Rädern und Handwagen, sowie unterschiedliche Hub-Konzepte für Zwischenverteilzentren zum Einsatz. In diesem Zusammenhang ist häufig von sogenannten „Mikrokonsolidierungszentren“ die Rede (Aichinger, 2014, S. 43). Durch den Aufbau eines Hubs können Fahrten zum suburbanen Depot entfallen. Die grundlegende Idee

ist die Verbringung der Waren aus dem vorgelegerten Hub (z.B. am Stadtrand) zu innerstädtischen Umschlagpunkten. Dies ermöglicht die Zustellung mit leichten Elektrofahrzeuge auf der „letzten Meile“ aus (Gnewt Cargo, 2016). Entsprechende Konzepte und Fahrzeuge waren zu Projektbeginn bereits entwickelt und getestet (Richarz, 2015) (Kampker, 2016) (Gnewt Cargo, 2016). Zu diesem Zweck wurden Sendungen vorher im Hub zu passenden Touren zusammengestellt, um die Wirtschaftlichkeit der Auslieferungen zu garantieren (Aichinger, 2014). Unterstützt wurden diese Prozesse durch Softwarelösungen für die Planung von Verteilzentren, die Warenströme modellieren und Umschlagpunkte räumlich optimal berechnen. Dabei wurde jedoch davon ausgegangen, dass ein derartiger Umschlagpunkt über lange Zeiträume bestehen bleibt.

Gerade die örtliche Flexibilität von mobilen Hubs war es jedoch, die angesichts der starken Abhängigkeit zwischen Hub und den entsprechenden Touren, die vom Hub ausgehen, großes ökonomisches Optimierungspotential erwarten ließ. Eine kontinuierliche Erfassung kostenrelevanter Faktoren solcher Hubs mit dem Ziel einer dynamischen, TCO-basierten Optimierung des Gesamtsystems, wie sie im Rahmen des Projektes SDL vorgesehen war, ging aus den bisherigen Veröffentlichungen nicht hervor.

Bei der Einführung von Mikro-Hub-Konzepten stand insbesondere die Absicherung der Ware bzw. des Zugangs zur Ware im Vordergrund. Dementsprechend spielten u.a. Authentifizierungssysteme eine wichtige Rolle in der Entwicklung. Im Hinblick auf den flexiblen Einsatz mobiler Mikro-Hubs und deren TCO-optimaler Integration in das Logistik-Gesamtkonzept, war

es naheliegend, dass eine Reihe weiterer Größen eine wichtige Rolle spielen. Welche Größen das im Einzelnen waren und wie diese technisch erfassbar wären, war seinerzeit nicht bekannt und sollte daher im Rahmen des Vorhabens untersucht werden. Vorstellbar waren hierbei neben dem Auslastungsgrad des Hubs z.B. die Dauer von Umschlagprozessen am Hub.

1.4.4 Bewertung und Erfassung der Warensendungen

Bezüglich des Faktors „Ware“ wurden neben Warenvolumen und /oder -masse, die Einstufung als Gefahrgut oder das für den Transport notwendige Equipment als bisher wichtigste Größen berücksichtigt. Dabei wurde i.d.R. auftragsbezogen vorgegangen. Die Bewertung der Ware erfolgte dabei im Rahmen der Kalkulation vor bzw. nach Durchführung von Transportaufträgen und damit auf der Ebene der Tagestour. Eine weitreichendere Bewertung des Faktors Ware im Sinne einer Systemoptimierung erfolgt zu Projektbeginn auch, allerdings handelte es sich eher um statische Betrachtungen. Diese erfolgten i.d.R., wenn es sich z.B. um die Integration neuer Großkunden oder die Erschließung neuer Geschäftsfelder handelte. Dabei bezogen sich die Betrachtungen aber nur auf einzelne Ebenen, z.B. auf das Logistikkonzept und auf die Rahmentouren. Außerdem wurde bei der Optimierung von großen Zeithorizonten ausgegangen, unter denen die Randbedingungen konstant gehalten wurden. Eine kontinuierliche Bewertung des Faktors Ware und eine dynamische Optimierung des Gesamtkonzeptes von der Tagestour bis zum Logistikkonzept inkl. entsprechender Rückkopplungen war dabei bisher nicht bekannt.

Eine vollautomatische Identifikation, Klassifizierung und Verfolgung von Waren war mittels Barcode oder RFID möglich und kam in vielen Fällen zum Einsatz (GS1 Germany GmbH, 2016). Weiterhin war die Überwachung bestimmter Eigenschaften von Waren branchenüblich. So wurden z.B. temperaturgeführte Güter i.d.R. hinsichtlich der Einhaltung der vorgesehenen Temperaturbereiche kontinuierlich überwacht. Ebenso waren Systeme bekannt mit deren Hilfe eine Überwachung in Bezug auf Stöße, die Überschreitung von Kippgrenzen bzw. die Einhaltung bestimmter Luftfeuchtigkeitsbereiche möglich war (Dupatec GmbH, 2016). Andere Projekte, z.B. „Gefahrgut- und Gefahrstoffdaten – immer transparent und aktuell“ der Firma GreenCare Deutschland GmbH in Zusammenarbeit mit der DWW Woolworth Deutschland GmbH & Co. KG hatten die Integration von Sicherheitsdatenblättern und Einzelmerkmalen von Gefahrgut und Gefahrstoffinformationen in einen digitalen Stammdatenpool zum Ziel (GS1 Germany GmbH, Institut der deutschen Wirtschaft Consult GmbH, 2007).

Im Projekt „LaMa – Intelligentes Ladungsträgermanagement“ (2015) des Bremer Instituts für Produktion und Logistik GmbH wurden Prototypen zur Ladungsüberwachung entwickelt. Die Prototypen bestanden aus einem GPRS-Gateway mit GPS-Empfangsmodul und drahtlosen Sensormodulen, die bspw. Umgebungswerte wie Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Erschütterung direkt an der Ware während der Transport- und Lagerzeiten erfassten. Die Informationen wurden über das Gateway online zur Verfügung gestellt. Durch das Online-Monitoring konnte zeitnah auf Störungen und Fehler reagiert werden, um Warenverluste zu reduzieren. Zudem konnten Fehlerpotentiale durch die geschaffene Transparenz erkannt und

gezielt Maßnahmen zur Vermeidung dieser Fehler eingeleitet werden (BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH, 2015).

Trotz der vielfältigen Eigenschaften, die in Bezug auf den Faktor Ware erfasst und überwacht werden konnten, fehlte bisher eine möglichst umfassende Übersicht über Waren, die innerhalb eines gemeinsamen Prozesses im Hinblick auf Mehrfachnutzungskonzepten zugestellt werden konnten. Die Entwicklung eines entsprechenden Waren- bzw. Ladungsmatchings war ein wesentliches Projektziel.

1.5 Mehrfachnutzung

Die Nutzung des Internets für innovative gewerbliche Logistikkonzepte ermöglicht eine weltweite und sekundenschnelle Übertragung von Daten. Die Auswirkungen sind erhöhte Markttransparenz, Kostensenkung und Beschleunigung von Transaktionen. Diese erhöhte Transparenz steigert das Preisbewusstsein und die Anforderungen bei den Kunden (Pfohl, 2001). Datenportale wie Frachtenbörsen setzen sich auf Basis dieser Transparenz zum Ziel, freie Transportkapazitäten an ihre registrierten Portalmitglieder weiterzugeben und zur Buchung anzubieten. Als primäre Zielstellung wird hier oft die Vermeidung von Leerfahrten genannt (Holdorf, Röder, & Haasis, 2015, S. 35).

In Ergänzung zu den Frachtbörsen existierten ebenfalls erste intelligente Datenportale mit integrierten Frachtkostenrechnern, die den Frachtanbieter in dessen Entscheidung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit unterstützten. Umwege wurden den Erlösen gegengerechnet und anschließend wurde eine Empfehlung ausgesprochen (Pamyra UG Erfurt, 2016). Ein

wirklich TCO-orientierter Ansatz war hier jedoch nicht erkennbar, da der Umfang der berücksichtigten Daten i.d.R. zu gering war.

Darüber hinaus existierten Car-Sharing-Konzepte im gewerblichen Bereich. Im Bericht „Carsharing für gewerbliche Kunden - Gute Beispiele der Carsharing-Nutzung in Unternehmen, Verwaltungen, Organisationen und Vereinen“ waren Anwendungsbeispiele dargestellt, die eine wirtschaftlich sinnvolle Nutzung des Car-Sharing-Modells zeigten. Die monatlichen Fahrleistungen der gesamten Belegschaft der erwähnten Organisationen lag zwischen 250 und 20.000 Kilometer. Elektromobilität fand hierbei keine Anwendung (Bundesverband Carsharing e.V., 2010). Dabei bleibt jedoch festzustellen, dass es sich bei den dargestellten Anwendungsbeispielen um Anwendungen handelte, bei denen der gelegentliche Transport von Mitarbeitern im Vordergrund stand, jedoch nicht der regelmäßige, gewerbliche Transport von Waren. Andererseits forschte das Projekt Modulushca an der Idee des Physical Internet. Diesbezüglich wurde Logistik nach dem Vorbild des World Wide Web gestaltet, d.h. reale Güter wurden, analog zu Datenpaketen, in genormten, modular aufgebauten Transportbehältern, über gemeinsam genutzte Transportmittel und Transportnetze versendet. Hierbei spielte die Optimierung des Gesamtsystems selbstverständlich eine entscheidende Rolle. Die Ausrichtung auf weltweite Transporte und der angedachte Zeithorizont der Realisierung (30 Jahre) unterschieden sich dabei jedoch sehr deutlich von dem geplanten Vorhaben (Staberhofer, 2015).

Ziel des Teilvorhabens war es daher den regelmäßigen, gewerblichen Transport von Waren

im Kontext von Sharing-Ansätzen zu erproben indem mit Projektpartnern entsprechende Geschäftsmodelle entwickelt werden. Konkret wurden auf Basis von Partnerdaten Mehrfachnutzungsansätze konzeptioniert und zur Anwendung bei den Praxispartnern gebracht. Darüber hinaus erfolgte die faktorspezifische Bewertung der Mehrfachnutzungs-Konzepte und die anschließende Erprobung bestbewerteter Konzepte bei den Projektpartnern.

2 ERZIELTE ERGEBNISSE

2.1 Bewertungsmodell

Die Basis des Bewertungsmodells bildete eine umfassende Analyse aller zur Produktion relevanten Faktoren und deren Merkmale bzgl. ihrer Kosten- und Leistungsparameter. Zunächst wurde hierzu ein wissenschaftlich fundiertes Strukturmodell zur Erfassung und Kategorisierung aller Merkmale entwickelt und mit den Praxispartnern abgestimmt. Unterschieden wurde dabei insbesondere zwischen deterministischen und einsatz-abhängigen Merkmale. Zudem wurden Verfahren zur Erfassung und Messbarkeit entwickelt und in der gemeinsamen SDL-Plattform-Software umgesetzt.

Die Suche nach sinnvollen Kriterien, um verschiedene Faktorenkombinationen im Hinblick auf deren Kosten- und Leistungspotentiale innerhalb verschiedener Touren mess- und bewertbar zu machen, begann auf einer abstrakten betriebswirtschaftlichen Ebene: Das betriebswirtschaftliche Handeln nach dem ökonomischen Prinzip verlangt eine Optimierung des Verhältnisses aus dem Produktionsergebnis und dem Produktionseinsatz wie folgt (vgl. Wöhe und Döring (2010), S. 34).

Output(-menge) x Güterpreis = Ertrag

Input(-menge) x Faktorpreis = Aufwand

Ertrag - Aufwand = Erfolg

Während im gegebenen Forschungsszenario des Medienvertriebs der Output bspw. in Form der Anzahl an Zustellungen in Betrachtungszeitraum oder der absoluten Anzahl an ausgelieferter Ware gelten konnte, fiel es zunächst schwer, den Güterpreis, also die Vergütung je Outputmenge zu quantifizieren.

Die Inputmengen an Ressourcen (Fahrzeuge, Mitarbeiter und HUB) standen einmal mehr aus diesem Grund im Vordergrund der Untersuchung und bildeten im Rahmen einer gesamtheitlichen Betrachtung mit den jeweiligen Faktorpreisen, also den konkret zu quantifizierenden Einzelkosten der Input(-mengen) die Bewertungsgrundlage des Gesamtaufwandes der Faktorenkombinationen im betrachteten Einsatzszenario.

Aus strategischer Sicht waren also alle Einsätze von Faktorenkombinationen im Hinblick auf die Maximierung des Erfolges nach oben benannter Gleichung zielführend im Sinne der Maximierung der Outputmenge, und/oder der Minimierung der Inputmenge in Verbindung mit einer Minimierung der entsprechenden Faktorpreise zu gestalten. Dabei galt es, für die Entwicklung des Bewertungsmodells ebenfalls vordergründig Kriterien zur Beschreibung und Bewertung einzelner Faktoren und Faktorenkombinationen zu identifizieren, die eine entsprechende Wirkung auf die zuvor genannten Erfolgsgrößen (Output, Input und Faktorpreise) besitzen.

Zur Bestimmung und Klassifizierung der Bewertungskriterien auf theoretischer Ebene wurde folgende in Abbildung 1 dargestellte Kriterienstruktur in Abstimmung mit den Logistikpartnern entwickelt.

und werden auf unterster Ebene schlussendlich in eigene Kostenmerkmale und eigenen

Leistungsmerkmale differenziert. Beispielhaft sei hier der Anschaffungspreis eines Fahrzeuges als eigenes (unabhängiges) Kostenmerk-

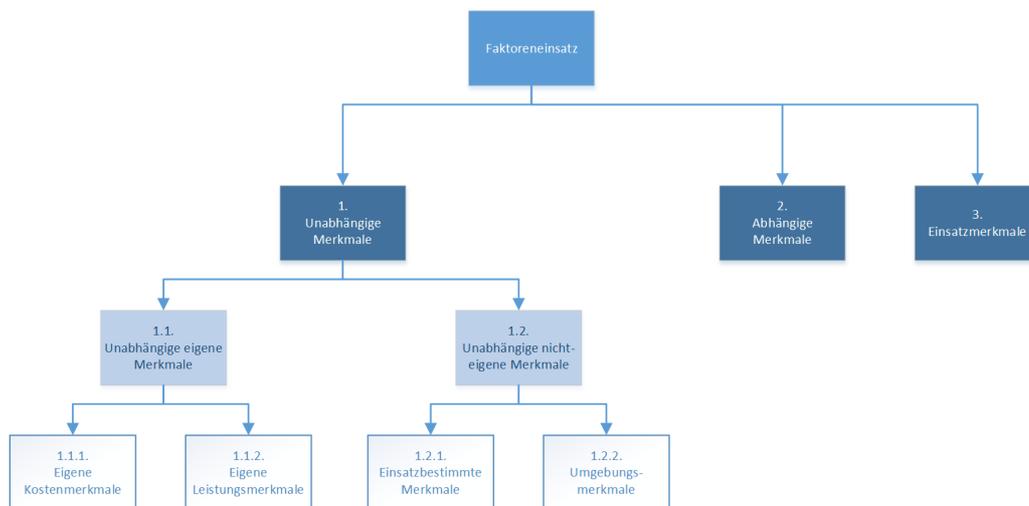


Abbildung 1: Differenzierung von Bewertungskriterien

Der Faktoreinsatz ist demnach mit Hilfe von grundsätzlich drei Arten von Bewertungskriterien zu beschreiben.

mal und die mögliche Nutzlast dieses Fahrzeuges als eigenes (unabhängiges) Leistungsmerkmal zu nennen.

Unabhängige Merkmale sind dabei jene Merkmale, die ein einzelner Faktor selbst besitzt, wohingegen abhängige Merkmale ausschließlich die Kompatibilität oder das Zusammenwirken von mehreren Faktoren, also von Faktorkombinationen beschreiben. Ferner sind wie dargestellt, unabhängige Merkmale noch einmal in unabhängige eigene und unabhängige nicht-eigene Merkmale zu differenzieren.

Im Gegensatz dazu beschreiben unabhängige nicht-eigene Merkmale Eigenschaften von Faktoren, die maßgeblich durch das Einsatzszenario des zu bewertenden Faktors bestimmt werden. Diese nicht-eigenen Merkmale lassen sich dabei abschließend in einsatzbestimmte und umgebungsbestimmte Merkmale unterscheiden. So sind Merkmale wie bspw. die jährliche Gesamtfahrleistung eines Fahrzeuges oder dessen Anteil der abnutzungsbedingten Abschreibung durch den Einsatz des Fahrzeuges bestimmt während sich Merkmale wie Zinshöhen auf gebundenes Kapital oder

Unabhängige eigene Bewertungskriterien beschreiben dabei wiederum den Faktor selbst (losgelöst von Einflüssen des Einsatzszenarios)

aber Preise für Energieträger als „Umwelt“-bestimmt identifizieren lassen.

Neben der Gruppe der unabhängigen Merkmale wurde eine Gruppe sog. abhängiger Merkmale beschrieben. Alle dieser Gruppe zuzuordnenden Merkmale beschreiben wie bereits ausgeführt Kombinationen von Faktoren. Sie dienen vor allem dafür, die Kompatibilität der Faktoren untereinander, aber auch die Kompatibilität von Faktoren und geplanten Einsätzen zu bestimmen. Im Rahmen dieser Merkmale werden also verschiedene Eigen-

Auf Basis dieser entwickelten Struktur an möglichen Bewertungskriterien wurden folgend für alle relevanten Faktoren (Fahrzeug, Mensch, HUB und Ware) die entsprechenden Einzelkriterien ermittelt und final die zur Bewertung notwendigen Merkmale des Einsatzes, also der Tour, bestimmt. Dabei wurden ebenfalls die zu bestimmenden Faktorenbewertungsmaße auf Tagestourenebene beschrieben.

Aufbauend auf den nun bekannten Einzelkriterien wurde ein Bewertungsmodell entwickelt, welches neben einzelnen Kennzahlen der je-

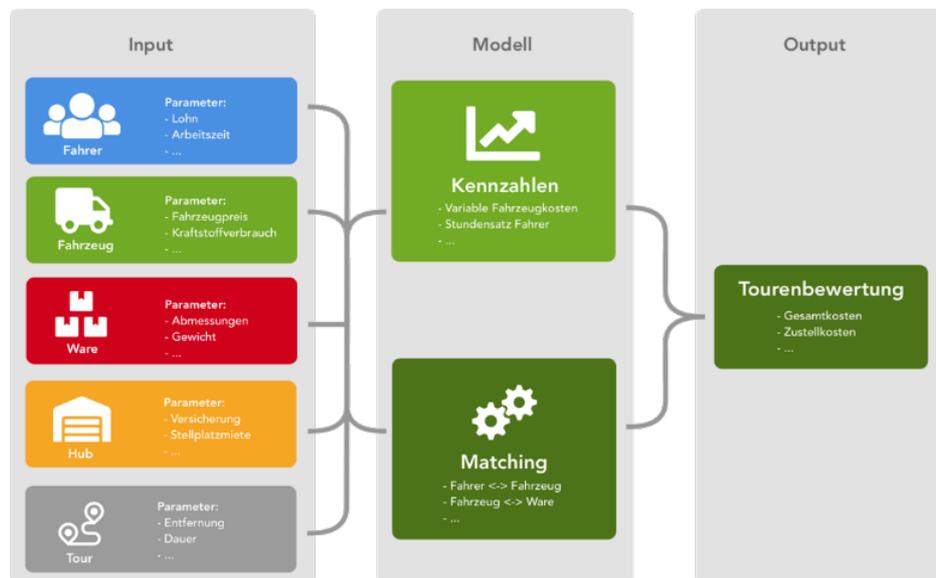


Abbildung 2: Bewertungsmodell mit TCO- und Matching-Modell

schaften einzelner Faktoren auf eine mögliche Kombination (Matching) überprüft. Als klassisches Beispiel sei an dieser Stelle die Prüfung der Führerscheinqualfikation des Faktors „Mensch“ mit der Führerscheinqualfikationsnotwendigkeit des Faktors „Fahrzeuges“ auf Passfähigkeit genannt.

weiligen Faktoren vor allem den Aufwand einer gewählten Faktorenkombination innerhalb eines Einsatzszenarios quantifizieren kann, vgl. Abbildung 2.

Zur monetären Bewertung einer Tour werden die Kennzahlen, wie in Tabelle 1 dargestellt, benötigt.

Faktor	Kennzahlen
Fahrzeug	<ul style="list-style-type: none"> • Fixkosten und Gemeinkosten je Tag • Fixkosten und Gemeinkosten je Stunde • Variable Kosten je Einsatzkilometer
Mensch	<ul style="list-style-type: none"> • Personalkosten je Einsatztag • Personalkosten je Einsatzstunde
Hub	<ul style="list-style-type: none"> • Fixkosten und Gemeinkosten je Tag • Fixkosten und Gemeinkosten je Stunde • Variable Kosten je Einsatzkilometer

Tabelle 1: Übersicht der factorspezifischen Kennzahlen im Bewertungsmodell

Auf Basis der Kriterien „Dauer“ und „Streckenentfernung“ einer Tour lassen sich somit Fixkosten und variable Kosten der einzelnen Faktorenkombinationen auf eben diese Tour-Merkmale verteilen und zu einem Gesamtergebnis zusammenführen.

Auf Basis der Merkmalsübersicht konnte somit ein Modell entwickelt werden, das durch die Nutzung der deterministischen Merkmale und dem Ansatz der Total Costs of Ownership (TCO) vom Prinzip her die Bewertung der Prozesse auf allen Modellebenen ermöglicht. Hierzu wurden für alle Faktoren entsprechende Kennzahlen abgeleitet, die die finale Tourenbewertung des Modells auf monetärer Ebene erlauben.

Alle Kriterien wurden mathematisch formalisiert und innerhalb des Bewertungsmodells als

Matchingkriterien untereinander geprüft. In der Tabelle 2 sind finalen Prüfkriterien noch einmal zusammenfassend dargestellt.

Auf Basis des Bewertungsmodells auf Tages-tour-Ebene wurden von den Praxispartnern Datensets für die Faktoren Fahrzeug, Mensch und Ware erhoben, in das Modell als entsprechende Stammdaten-Profile überführt. Die Merkmale des seitens der eLOG im Projekt entwickelten Hubs wurden ebenfalls als Datensatz im Modell hinterlegt.

Restriktion	Merkmal
Zuladerestriktion	z.B. Gewicht, Volumen
Energierestriktion	z.B. Reichweite mit Energieladung
Komfortrestriktionen	z.B. Witterungsschutz
Sprachrestriktionen	z.B. Sprechkenntnisse
Transportrestriktionen	z.B. Zugriffsschutz
Fahrerrestriktion	z.B. Fahrerlaubnis
Beladerestriktion	z.B. Be- und Entladehilferfordernis
Technische Restriktionen	z.B. technisches Verständnis
Zeitrestriktionen	z.B. Einsatzzeit am Tag

Tabelle 2: Matching-Kriterien innerhalb des Bewertungsmodells

Das auf Basis der ermittelten abhängigen Faktormerkmale entwickelte Matching-Modell bildet somit die Restriktionen der Faktoren in Kombination mit anderen Faktoren ab. Die für

den Produktionsprozess notwendigen oder gewünschten Faktorkombinationen können so auf ihre Realisierbarkeit überprüft werden.

Das generalisierte Modell wurde in Zusammenarbeit mit dem Partner FSU in ein Constrained Satisfaction Problems (CSP) überführt und publiziert (Vgl. Nieberding und Kretzschmar 2020)

2.2 Schärfung des Bewertungsmodells

Zur Schärfung des Bewertungsmodells, insbesondere der Analyse besonders genau zu erfassender Merkmale, wurde für alle kostenrelevanten Merkmale der jeweilige Einfluss auf die Kosten-Kennzahlen der Faktoren Fahrzeug bzw. Hub und Mensch untersucht. Der Faktor Ware hatte hierbei keinen direkten Einfluss auf

Werte von $\varepsilon_{x,y}$	Auswirkung
$\varepsilon_{x,y} = 0$	Kein Einfluss von x auf y
$0 < \varepsilon_{x,y} < 1$	Relative Änderung y ist schwächer als die von x
$ \varepsilon_{x,y} = 1$	Relative Änderung y ist gleich der von x
$ \varepsilon_{x,y} > 1$	Relative Änderung y ist stärker als die von x
$ \varepsilon_{x,y} \rightarrow \infty$	Relative Änderung y ist unendlich hoch

Tabelle 3: Kategorien zur Einordnung der Elastizität

die Kostenkennzahlen, sondern nur indirekt, d.h. über beispielsweise den Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit des Ladungsgewichts. Für die Analyse wurde als Maß die, auch als Elastizität bezeichnete, prozentuale Änderung einer abhängigen Variable y (Kennzahl) zur prozentualen Änderung einer unabhängigen Variablen x (Merkmal) verwendet.

Jedes Faktor-Datenset wurde durch einen Vektor P mit den darin enthaltenen Kostenmerkmalen repräsentiert. Für jedes kostenrelevante Merkmal x wurde dann der Einfluss auf die Kostenkennzahl y über die Elastizität

$$\varepsilon_{x,y}(P) = \frac{\partial y}{\partial x}(P) \cdot \frac{x}{y(P)}$$

errechnet. Allgemein können die Ergebnisse der jeweiligen errechneten Elastizität wie in Tabelle 3 dargestellt kategorisiert werden.

Zur Bewertung des Faktors Fahrzeug bzw. Hub standen zum Auswertungszeitpunkt 6 repräsentative im Projekt eingesetzte Fahrzeuge zur Verfügung. Dementsprechend standen 6 Default-Datensets mit jeweils 37 kostenrelevanten Merkmalen und 4 möglichen Beschaffungsarten zur Verfügung, d.h. 888 unabhängige Variablen. Jedes Profil besaß zudem 5 Kostenkennzahlen. Somit mussten insgesamt 4440 Elastizitäten untersucht werden. Die Auswertung wurde, mittels symbolischer rechnergestützter Kalkulation auf Basis der Programmiersprache Python, automatisiert durchgeführt.

Als Ergebnis wurden 4440 Elastizitäten mit Werten im Intervall [0,1] ermittelt. Gemäß Tabelle 4 bedeutet dies, dass der Einfluss aller Merkmale

Elastizität eines Merkmals auf alle Kennzahlen ermittelt, d.h. eine Reduktion auf 222 Werte (37 je Fahrzeugprofil). Im Ergebnis entstand so ein

Parameter	Elastizität					
	Gesamtkosten je Periode	Fixkosten je Einsatzzeit	Fixkosten je Einsatzstunde	Variable Kosten je Kilometer	Gesamtkosten je Kilometer	Maximum
Fahrzeugneupreis	0,19	0,15	0,15	0,27	0,19	0,27
Verwaltungskostenumlage	0,30	0,42	0,42	0	0,30	0,42
Rundfunkgebühren	0,01	0,01	0,01	0	0,01	0,01

Tabelle 4: Elastizität ausgewählter Merkmale auf Fahrzeugkostenkennzahlen

innerhalb des Kostenmodells abgeschwächt oder höchstens gleich der prozentualen Änderung des jeweiligen Merkmals ist. Es findet somit keine Fehler-Verstärkung von fehlerhaft erfassten Merkmalen innerhalb des Modells statt.

Für die Praxispartner bzw. Endnutzer des TCO-Modells wurde ein *Ampelsystem entwickelt*, das bei der Eingabe von Merkmalsausprägungen auf deren Wichtigkeit bzgl. geforderter Genauigkeit bei der Ermittlung hinweist. Hierzu wurde das Auswertungsintervall in die Bereiche [0,0.05] sehr geringer Einfluss (grün), [0.05,0.3] geringer Einfluss (gelb) und [0.3,1] hoher Einfluss (rot) eingeteilt. Zudem wurden die Auswertungsergebnisse wie folgt reduziert: Im ersten Schritt wurde der maximale Wert der Elastizität bzgl. aller Beschaffungsarten ermittelt, d.h. eine Reduktion auf 1100 Elastizitäten. Im zweiten Schritt wurde die maximale

Verfahren, das für jedes ausgewählte, zugrundeliegende Default-Datenset ein entsprechendes Ampelsystem bei der Merkmals-Erfassung generiert. Eine beispielhafte Auswertung für den Einfluss der Merkmale Fahrzeugneupreis, Verwaltungskostenumlage und Rundfunkgebühren ist in Tabelle 4 zu sehen.

Analog wurde eine Bewertung des Faktors Mensch durchgeführt. Hierbei wurde ein Default-Profil mit 11 kostenrelevanten Merkmalen, zwei Beschäftigungsarten und drei Kennzahlen untersucht. Als Ergebnis wurden 66 Elastizitäten mit Werten im Intervall [0,1] ermittelt. Somit findet auch hier keine Fehler-Verstärkung durch fehlerhaft erfasste Merkmale innerhalb des Modells statt. Durch Maximierung über alle Beschäftigungsarten und anschließende Maximierung über alle Kennzahlen, konnten die Auswertungen auf 33 bzw. 11

Elastizitäten für das abzuleitende Ampelsystem reduziert werden. Somit wurde ein System entwickelt, das dem Endnutzer auf einfache und verständliche Weise zeigt, welche Faktoren bei der Erfassung einer besonderen Genauigkeit bedürfen.

2.3 Simulation zur Stabilität und Robustheit des gesamten Gütebewertungsmodells in Multi-Use-Anwendungen

Zur spezifischen Bewertung des Multi-Use-Vorteils beim Faktor-Einsatz wurde das zuvor entwickelte Elastizität-Modell verwendet. Ziel war

es, die durch den Multi-Use-Einsatz zu erwartenden Rückkopplungseffekte, wie bspw. eine höherer Jahresfahrleistung, zu ermitteln und zu bewerten, um Mehrfachnutzungskonzepte so zu gestalten, dass ein möglichst hoher positiver Effekt auf die kostenrelevanten Kennzahlen erreicht werden kann. Zudem sollte ermittelt werden, für welche Faktor-Merkmale ein Echtzeit-Monitoring zur dynamischen Merkmals-Aktualisierung und somit eine Schärfung sinnvoll erscheint. Hierzu wurden innerhalb des Bewertungsmodells für jeden Faktor die Merkmale ermittelt, die durch einen möglichen Multi-Use-Einsatz des Faktors beeinflusst werden, sowie

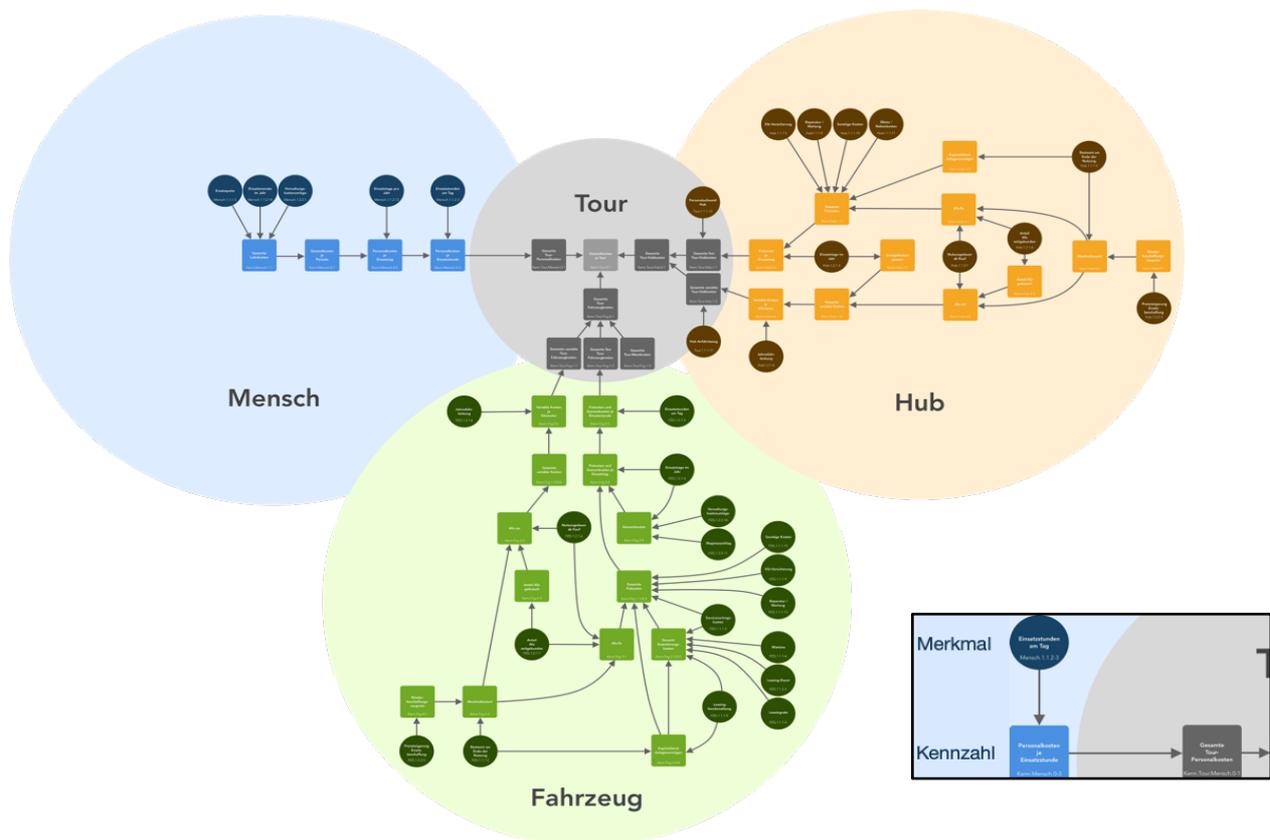


Abbildung 3: Durch Multi-Use-Einsatz beeinflusste Faktor-Merkmale und Kennzahlen im Bewertungsmodell



Abbildung 5: Elastizitäten der Merkmale des Faktors „Mensch“

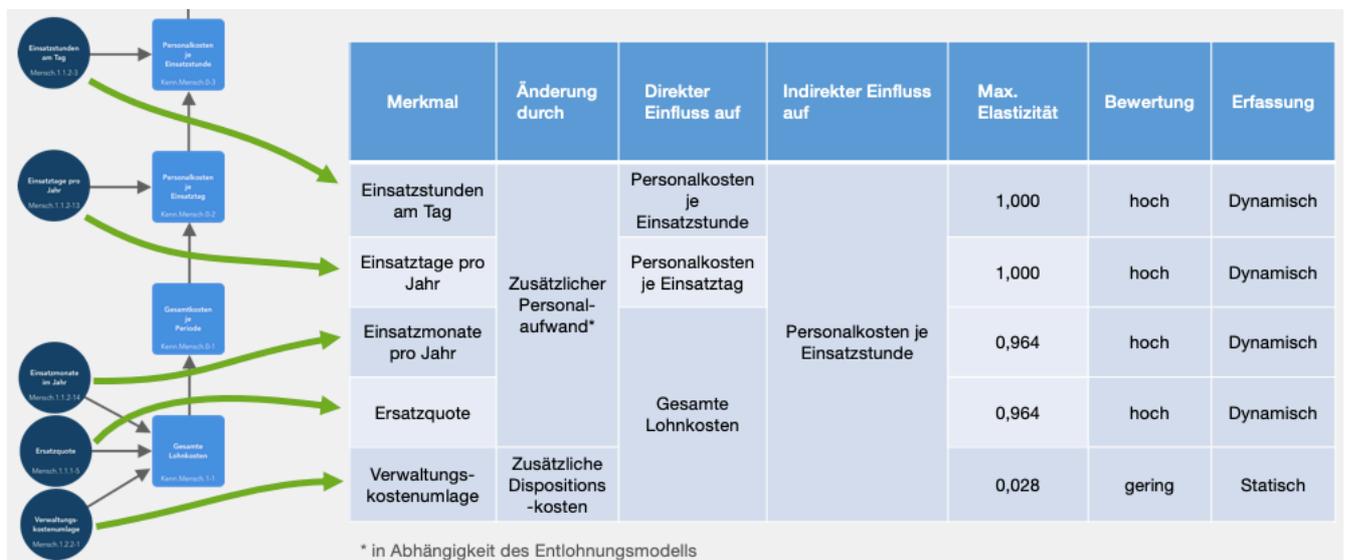


Abbildung 4: Elastizitäten der Merkmale des Faktors „Fahrzeug“, variable Kosten

die Kennzahlen, auf die das jeweilige Merkmal einen direkten oder indirekten Einfluss hat (s. Abbildung 3). Für den Faktor „Mensch“ zeigte sich, dass durch den zu erwartenden zusätzlich

erforderlichen Personalaufwand mit einer Steigerung der Einsatzzeit (Einsatzstunden pro Tag und Einsatztage pro Jahr) sowie der Ersatzquote zu rechnen ist. Hieraus ergibt sich bei

den Personalkosten je Einsatzstunde eine Elastizität von 1, d.h. eine Abweichung von 1% eines bestimmten Merkmals führt zu einer Abweichung von 1% der zugehörigen Kennzahl.

Somit besteht bzgl. der Einsatzzeit des Faktors „Mensch“ ein sehr starker Einfluss. Die durch den zusätzlichen dispositiven Aufwand zu erwartender Erhöhung der Verwaltungskosten hat, auf Basis der aktuellen Merkmals-Ausprägungen des Faktors „Mensch“ im Modell, nur einen geringen Einfluss (s. Abbildung 5).

Für die *variablen Kosten* des Faktors „Fahrzeug“ werden durch eine Erhöhung der zu erwartenden Jahresfahrleistung beim Multi-Use-Einsatz die in Abbildung 4 dargestellten Merkmale beeinflusst.

Den höchsten Einfluss auf die variablen Kosten haben die Jahresfahrleistung, die damit verbundene Nutzungsdauer sowie die zeitbezogenen Abschreibungen. Sehr geringe Einflüsse haben der Restwert sowie die Preissteigerung bei den untersuchte Fahrzeugtypen.

Bei den Fixkosten konnten vier Szenarien ermittelt werden, die einen Einfluss auf die Ausprägung der Fahrzeug-Merkmale haben. Hierbei ist durch den Multi-Use-Einsatz insbesondere eine Erhöhung der zeitlichen Fahrzeug-Auslastung zu erwarten, bedingt durch eine Erhöhung der Einsatzstunden pro Tag bzw. Einsatz-tage pro Jahr. Beide Merkmale haben einen sehr hohen Einfluss auf die im TCO-Modell verwendete Kennzahl *Fixkosten und Gemeinkosten je Einsatzstunde*, wodurch eine Reduktion der Kostenwerte beider Kennzahlen zu erwarten ist.

Zudem ist, wie schon bei den variablen Kosten, mit einer Erhöhung des Kilometeraufwandes zu rechnen. Dieser hat unmittelbaren Einfluss auf die Nutzungsdauer und damit auf die zeitlichen Abschreibungen (hoher Einfluss), Restwert und Preissteigerungen (geringer Einfluss) oder alternativ auf die Leasingraten oder Mietzinsen und damit verbundene Sonderzahlungen (mittlerer Einfluss).

Zudem ist durch den erhöhten zeitlichen Einsatz des Fahrzeugs mit einem zusätzlichen Dispositionsaufwand zu rechnen und damit einhergehend mit einer Erhöhung der Verwaltungskostenumlage (Einfluss hoch). Außerdem sind durch und die erhöhte Jahresfahrleistung mit zusätzlichen Reparatur- und Servicekosten zu erwarten sowie möglicherweise mit zusätzlichen Wagniskosten (mittlerer Einfluss).

Insgesamt konnte durch die errechneten Elastizitäten nachgewiesen werden, dass das entwickelte TCO-Modell auch bei Integration von Mehrfachnutzungsansätzen eine robuste Verhaltensweise gegenüber Merkmalsänderungen der eingesetzten Faktoren aufweist. Zudem zeigte sich, dass für einige Merkmale ein aktives dynamisches Monitoring nötig ist, um valide Kennzahlen zu ermitteln zu können.

2.4 Implementierung des TCO-Modells als Software-Prototyp

Die Spezifizierung der im Gesamtprojekt angestrebte Softwareplattform, zu deren Entwicklung das Bewertungsmodell zugearbeitet wurde erfolgte beim Projektpartner DAKO. Dabei flossen die wesentlichen Grundfunktionen des Bewertungsmodells in die Softwareplattform ein. Das Bewertungsmodell wurde seitens der FHE jedoch mit einem Funktionsumfang



Abbildung 6: Darstellung der drei Faktor-Klassifizierungs-Ebenen

versehen, der den Einsatz in vielfältigen, wissenschaftlichen Untersuchungen ermöglicht. Daher erfolgte die Entwicklung eines eignen Softwareprototypen zur umfangreichen und unabhängigen Erprobung sowie als Entwicklungswerkzeug für Teilprojekt-interne Aufgaben.

Hierzu zählten insbesondere Funktionen, wie die Untersuchung von Wechselwirkungsbeziehungen zwischen der Rahmen- und Tagestourebene. Diese setzten eine eigenständige Verarbeitung von GPX-Daten der Touren ohne manuelle Extraktion über Software von Drittanbietern voraus. Darüber hinaus sollte der Prototyp eine Schnittstelle zur automatisierten Abfrage von Daten aus den von der DAKO und der FSU entwickelten Datenbank-Systemen

der Praxispartner erhalten, da die direkte Abfrage der benötigten Daten über die Schnittstellen eine schnellere und aktuellere Auswertung ohne personellen Aufwand der Praxispartner ermöglichte.

2.5 Klassifizierungsmodell und Faktorklassen

Für die branchenübergreifende Verwertung des Bewertungsmodells innerhalb von Mehrfachnutzungsansätzen wurden die einzelnen Objekt-Instanzen der jeweiligen Faktoren abstrakteren Klassen zugeordnet. Somit konnten Faktorklassen gebildet werden, die gewisse übereinstimmende Charakteristika aufweisen und innerhalb des Bewertungs- bzw. Optimierungsmodells mit standardisierten

Klassenmerkmalen Verwendung finden (s. Abbildung 6).

Die faktor-übergreifende Generierung der jeweiligen Klassen entstand hierbei in drei Schritten:

1. Ermittlung und Filterung geeigneter Charakteristika (Features) zur Unterscheidung und Generierung repräsentativer Leistungsmerkmale und Kostenkennzahlen innerhalb des Datensets.
2. Datenbasierte Filter bzw. Verfahren zur Bereinigung bzw. zur Vervollständigung der Datensets bei unzureichender Datengrundlage.
3. Klassifizierung der Datensets auf Basis:
 - Direkt ableitbarer Klassentypen, d.h. Fahrzeug-Bauart, Dienstleistungs- oder Warentyp.
 - Gesetzlich festgelegten bzw. genormten Klassen, z.B. EG-Fahrzeugklassen oder DIN.
 - Automatisierter mathematischer Verfahren unter Verwendung gewichteter Ähnlichkeits-beschreibender Metriken und güte-bezogener Abbruchkriterien:
 - Graph-Layouting
 - Hierarchische Clusteranalyse
 - Hybrider Ansätze, d.h. Bildung genormter Oberklassen und mathematisch verfeinerte Unterklassen.

Exemplarisch soll das Vorgehen sowie die Beschreibung der Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Ansätze für die Fahrzeugklassifizierung skizziert werden. Eine analoge Untersuchung wurde für den Faktor Ware durchgeführt. Für den Faktor Mensch waren entsprechende Untersuchungen nicht zielführend. Eine Klassifizierung des Faktors Hub war wegen der geringen Datenmenge nicht zielführend,

kann aber ebenfalls analog zu den vorgestellten Verfahren durchgeführt werden.

Das Datenset bestand zum Zeitpunkt der Analyse der Klassifizierungsverfahren aus 230 Fahrzeugen der Praxispartner eLOG, SZ und LLG. Als geeignete Charakteristika wurden alle mit Transportprozessen unmittelbar zusammenhängende Leistungsmerkmale, wie Zuladung bzgl. Volumen und Gewicht, Reichweite, Einsatzdauer u.a., sowie Kostenkennzahlen, wie Fixkosten je Einsatzstunde, variable Kosten je km u.a., verwendet (insgesamt 24 Merkmale). Aufgrund unzureichender Datengrundlage wurden Merkmale, wie Komfortindex oder Zugriffsschutz (insgesamt 9 Merkmale), und private Fahrzeuge der Zusteller (insgesamt 4 Fahrzeuge) aus dem Datensatz herausgefiltert und nicht weiter betrachtet.

Eine Klassifizierung auf Basis der Fahrzeug-Bauart bzw. -Modells wurde nicht durchgeführt. Grund hierfür war die Feststellung, dass eine Vielzahl an Fahrzeugen unterschiedlicher Hersteller mit ähnlichen Merkmalen gleiche Serviceleistungen erbrachte, und somit mehrere eigentlich identische Klassen durch diesen Klassifizierungsansatz entstehen würden.

Der Ansatz bzgl. genormter Fahrzeugklassen wurde zunächst bzgl. der in DIN 70010 definierten Klassen umgesetzt. Da das gesamte Datenset der Klasse „Lastkraftwagen“ zugeordnet werden musste, wurde dieser Ansatz verworfen. Ebenfalls unbefriedigend gestaltete sich der Ansatz mittels EG-Fahrzeugklassen. Hier konnten drei unterschiedliche Kategorien im Datenset identifiziert werden: Die Klassen L6e und L2e mit jeweils zwei Fahrzeugen und die Klasse N1 mit 226 Fahrzeugen. Da die EG-Fahrzeugklassen in den Prozess- und

Programmabläufen der Praxispartner jedoch eine wesentliche Rolle einnehmen, wurden diese für das weitere Vorgehen als Oberklassen definiert.

Innerhalb der EG-Oberklassen, speziell der Oberklasse N1, wurden zwei unterschiedliche Verfahren zur Unterklassifizierung angewendet. Beim Graph-Layouting-Verfahren wird jedes Faktor-Profil durch einen Knoten eines vollständigen gewichteten Graphen beschrieben. Die Gewichte der Kanten, die über ähn-

den Merkmals-Vektoren bzw. Faktor-Profilen der Objekte. Je ähnlicher sich zwei Objekte sind, desto kürzer ist die Distanz zwischen beiden Objekt-Vektoren. Im jeweiligen Iterationsschritt wird aus den beiden ähnlichsten Vektoren dann ein neuer Vektor generiert, der die Klasse beider Vektoren repräsentiert, und im weiteren Verfahren ersetzt. Dies erfolgt iterativ bis ein Abbruchkriterium erfüllt ist. Abbruchkriterien können hierbei die Anzahl an Verfahrens-Iterationen oder die Anzahl an generierten Klassen oder vorgegebene zu erzielende

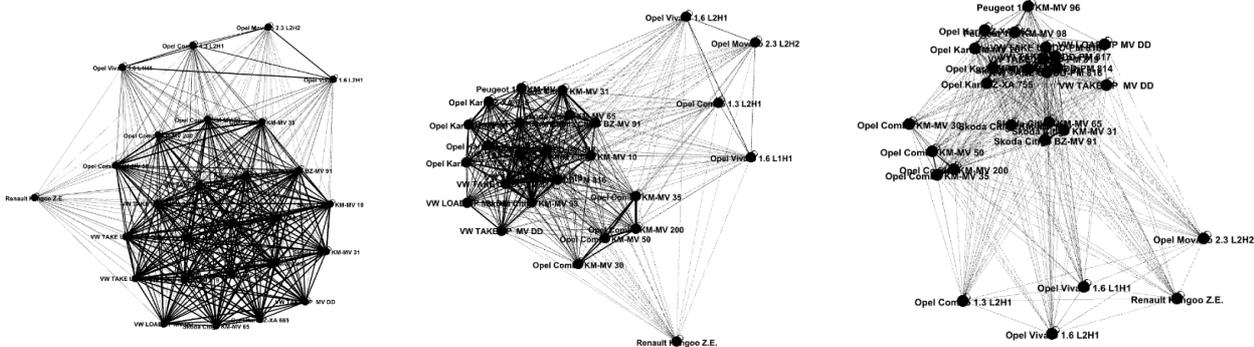


Abbildung 7: Cluster-Ausprägung in Abhängigkeit unterschiedlicher Anwendungsparameter

lichkeits-beschreibende Metriken generiert werden, repräsentieren die Anziehungskraft zwischen den Knoten bzw. Profilen, d.h. je ähnlicher sich die den Knoten zugrundeliegenden Faktor-Profile sind, desto stärker ist die Anziehungskraft zwischen den Knoten. Layouting-Algorithmen, wie der sog. *Force-Atlas-2-Algorithmus*, nutzen diese Kräfte und bilden daraus eine Knoten-Anordnung, in dem ähnliche Profile als dichtere Knoten-Gruppen auftreten (s. Abbildung 7).

Die Hierarchische Clusteranalyse klassifiziert Objekte, ebenfalls unter Zuhilfenahme entsprechender Metriken, über das paarweise Messen der jeweils kürzesten Distanz zwischen

statistische Kennzahlen, wie eine obere Schranke für Varianz oder Standardabweichung, der einzelnen Klassen sein.

Für beide Verfahren waren Voruntersuchungen bzgl. der Anwendungsparameter notwendig. So wurde der Einfluss der zur Bewertung der Ähnlichkeit erforderlichen Metriken, insbesondere gewichteter Metriken, untersucht und entsprechende Parameter ermittelt. Hierbei wurden, entsprechend den von den Partnern zugelieferten Merkmals-Prioritäten, individuelle Gewichtungprofile erstellt. Zudem wurde für das Graph-Layouting-Verfahren der Einfluss der sog. Kraftfunktionen untersucht. Außerdem wurden für die Hierarchische

Merkmal	Mittelwert	Standardabw.	Maximum	Minimum	Var.-Koeff.
Leergewicht (kg)	1441,15	27,75	1457,00	1380,00	0,02
Zuladung (kg)	765,59	59,17	798,00	625,00	0,08
Zuladung (m³)	3,22	0,18	3,60	2,90	0,06
Reichweite (km)	1236,93	28,65	1304,00	1222,00	0,02
Dauer Energietankung (h)	0,08	0,00	0,08	0,08	0,00
Höchstgeschwindigkeit (km/h)	167,57	7,46	172,00	155,00	0,04
Einsatzstunden am Tag (h)	6,98	1,80	13,95	3,60	0,26
Jahresfahrleistung (km)	16753,47	5249,28	32006,41	6878,05	0,31
Energieverbrauch (l/100km)	4,55	0,10	4,80	4,50	0,02
Fixkosten je Einsatztag (EUR)	15,72	3,20	46,85	11,79	0,20
Fixkosten je Einsatzstunde (EUR)	2,43	1,04	12,35	1,03	0,43
Variable Kosten je km (EUR)	0,06	0,00	0,07	0,06	0,04
Gesamtkosten je km (EUR)	0,35	0,09	0,69	0,20	0,26

Tabelle 5: Kennzahlen LLG

Vergleichsfahrten mit ähnlichem logistischem Umfang durchgeführt. Die Datenauswertung erfolgte durch die Partner mittels des entwickelten Bewertungsmodells. Ziel der Vergleichsfahrten war es, den Einfluss von Tourmerkmalen sowie Einsatzmerkmale der Fahrzeuge auf die Gesamt-Tourkosten zu identifizieren. Hierzu wurden als wesentliche Merkmale die durchschnittliche Dauer, Distanz und Sendungsaufkommen einer Tour in Abhängigkeit des eingesetzten Fahrzeugs ermittelt und unter Verwendung des entwickelten Modells bewertet.

Modell	Citroen Berlingo Electric	Ford Transit Connect
Verbrauch pro 100 km	17,7 kWh	5,0 l Diesel
Länge	4,38 m	4,41 m
Breite	1,81 m	1,83 m
Höhe	1,80 m	1,85 m
Zuladung	695 kg	614 kg
Leergewicht	1605 kg	1471 kg

Tabelle 6: Fahrzeugvergleich (Herstellerangaben).

Experimentaldesign: Vergleichsfahrten

Ziel

1. Validierung des Bewertungsmodells
2. [optional] Kostenvergleich Elektrofahrzeug - konventionelles Fahrzeug

Erprobungsaufgabe

Durchführung von Vergleichsfahrten mit Elektro- und konventionellen Fahrzeugen auf gleichen oder ähnlichen Touren.

Eingangsgrößen

- Fahrzeugkosten (Parametersatz komplett)
- Tourdaten (Parametersatz komplett)

Umsetzungsschritte

1. Identifikation geeigneter Vergleichstouren mit dem Logistikpartner
Rahmenbedingungen:
 - gleiche oder ähnliche Tagestour
 - moderate Tourlänge (begrenzte Reichweite von Elektrofahrzeugen)
2. Erstellung und Kommunikation von Durchführungshinweisen und Fahrtenbüchern zur Datenübertragung
3. Durchführung der Fahrten über einen mehrwöchigen Zeitraum

Ergebnisse

Zur Erprobung des Bewertungsmodells wurden über einen Zeitraum von drei Wochen an 12 Einsatztagen insgesamt 24 Touren im regulären Praxisbetrieb durchgeführt, von denen je 12 Touren mit einem Elektrofahrzeug des Typs Citroen Berlingo Electric und je 12 Touren mit einem konventionellen Verbrennerfahrzeug des Typs Ford Transit Connect gefahren wurden. Die Fahrzeuge wurden aufgrund ihrer ähnlichen technischen Spezifikationen ausgewählt und eingesetzt (s. Tabelle 6).

Um eine Redundanz in der Datenerfassung und somit eine genauere Validierung der Messdaten zu gewährleisten, wurden dabei unterschiedliche Datenquellen und eine Checkliste während der Versuchsdurchführung genutzt (SDL-Systemplattform, Logistik-Software PLT, Fahrtenbuch, Energy-Logger).

Insbesondere die digitale Erfassung der wichtigen Merkmale zeigte sich während der Durchführung als unabdingbar. Als Konsequenz wurde im Zuge der Erprobung u.a. ein eigenes Energieerfassungssystem entwickelt, das zukünftig eine zuverlässigere und präzisere Erfassung von Ladevorgängen bei den Praxispartnern sicherstellen soll. Das entwickelte und prototypisch realisierte Messgerät ermöglicht die automatisierte Erfassung und Speicherung von Energieverbrauchswerten während des Ladevorgangs, auch über längere Zeiträume hinweg.

Zur Visualisierung der Touren wurde die SDL-Systemplattform vom Projektpartner DAKO verwendet. Aufzeichnungen zu den Tour-Daten wurden durch die, seitens der LLG derzeit noch eingesetzte, Logistik Software PLT redundant abgeglichen. Zudem wurden die topographischen Eigenschaften der Touren über den Online-Dienst OpenStreetMap erhoben. Zur Ermittlung der geladenen Energiemenge beim Elektro Fahrzeug wurde ein externes Gerät des Typs Energy Logger 3500 der Firma Voltcraft verwendet.

Die Auswertung der GPS-Daten der gefahrenen Touren mittels SDL-Plattform zeigte, dass eine Klassifizierung der gefahrenen Touren notwendig ist, um eine Vergleichbarkeit der Touren zu gewährleisten. Diese Klassifizierung wurde anhand von fünf Kriterien durchgeführt.

Das wesentliche Kriterium hierbei war zunächst, dass die Tour-Routen eine grundlegende optische Ähnlichkeit aufweisen mussten, d.h. Routen der gleichen Klasse müssen eine bestimmte Basis-Route aufweisen, die kleinere tolerierbare Abweichungen beinhaltet.

Innerhalb dieser Klassen wurden die Abweichungen über die Tour-Länge, Tour-Dauer und Anzahl der Stopps weiter gruppiert. Am Ende dieser Klassifizierung standen 3 Tourklassen mit je 2, 4, und 5 vergleichbaren Touren (s. Abbildung 11). Die übrigen gefahrenen Touren eigneten sich, aufgrund zu großer Unterschiede, nicht für eine weitere Betrachtung.

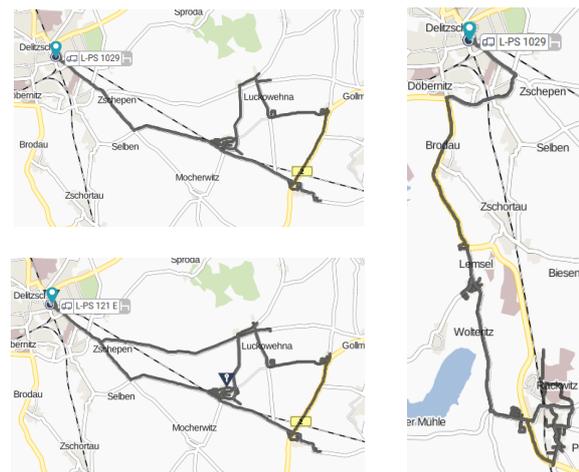


Abbildung 11: Ermittelte Basistouren

Im Anschluss konnte unter Verwendung des Bewertungsmodell seitens der LLG in den jeweiligen Tourklassen ermittelt werden, welches der eingesetzten Fahrzeuge im Praxisbetrieb günstigere Tourkosten generiert. Hierzu wurde ein Ist-/Soll-Vergleich durchgeführt, bei dem die geplanten Touren und, im Nachgang, die gefahrenen Touren für beide Fahrzeuge mit dem TCO-Modell bewertet wurde.

Kostenart	Paxster	VW take up!
Fahrzeug		
Stundensatz (EUR/h)	1,64	1,59
Variable Kosten (EUR/km)	0,12	0,11
Fahrer		
Stundensatz (EUR/h)	11,14	11,14
Tour		
Ø Tour-Dauer (h)	4,53	5,05
Ø Tour-Distanz (km)	44,20	43,70
Ø Gesamtkosten (EUR)	63,19	69,25
Anteilige Tourkosten		
Ø Antl. Fahrzeugkosten (EUR)	12,70	13,00
Ø Antl. Personalkosten (EUR)	50,49	56,25

Tabelle 7: Auswertung zu Vergleichsfahrten zwischen Paxster und VW take up! mit Kennzahlen des Tourenvergleichs.

Zudem konnten durch diesen Vergleich die Faktor-Merkmale der eingesetzten Fahrzeuge geschärft werden, was die Nützlichkeit des Bewertungsmodells zusätzlich unterstreicht.



Abbildung 12: Auswertung zu Vergleichsfahrten zwischen Paxster und VW take up! mit Tourdaten im Wochenzeitraum.

Eine wichtige Erkenntnis dieser Untersuchungen sowie einer Auswertung von Vergleichsfahrten bei der SZ ist, eine starke Wechselwirkung zwischen Fahrzeug-Typ, Personalkosten und Tour-Dauer (s. Tabelle 7 und Abbildung 12). Insbesondere können Fahrzeuge mit zunächst höheren Fix- und variablen Kosten, aufgrund besserer Einsatzmerkmale bzgl. der Zustellgeschwindigkeit, zu geringeren Personal- und damit Tour-Gesamtkosten führen. Während eine rein fahrzeugbezogene Kennzahl-Analyse dieses Fahrzeug als nicht-kostenoptimal quantifizieren würde, macht das TCO-Bewertungsmodell den wirtschaftlichen Einsatz des Fahrzeugs im Zusammenspiel mit den anderen Einsatz-Faktoren sichtbar und unterstreicht so nochmals die Relevanz des Ansatzes einer TCO-basierten Gesamtkostenbetrachtung des SDL-Konsortiums.

2.7 Matching-Algorithmen zur Verknüpfung von Transportketten unterschiedlicher Partner

Die Implementierung von Mehrfachnutzungsansätzen erforderte eine Erweiterung des in AP 4.1.1 entwickelten Bewertungsmodells. Insbesondere musste für das Matching von externen Dienstleistungen, die zeitliche Planung der Transportprozesse, sowie ggf. notwendige vor-



Abbildung 13: Relaxiertes Matching von externen und internen Transportprozessen

bzw. nachgelagerte Prozesse, wie beispielsweise das Laden der Fahrzeugbatterie oder Be- bzw. Entladeprozesse, bei den Partnern berücksichtigt werden.

Hierbei werden innerhalb des Matching-Modells externe Anfragen, d.h. Dienstleistungen, die nicht bereits im periodischen Planungsprozess berücksichtigt worden sind, bzgl. ihrer zeitlichen und kapazitativen Machbarkeit innerhalb der abgeschlossenen Produktionsplanung bewertet und ggf. notwendige Relaxierungen innerhalb des Optimierungsprozesses bei geringen zeitlichen Überschneidungen der Transportprozesse vorgenommen (s. Abbildung 13).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die notwendigen Rahmenbedingungen zur Implementierung von Mehrfachnutzungsansätzen seitens der Praxispartner gegeben sind und entsprechende zeitliche und kapazitative Ressourcen, insbesondere zum Einsatz von Shared-Use und Cargo-Sharing, zur Verfügung stehen.

2.8 Wechselwirkungen zwischen Tages- und Rahmentouren unter Verwendung mobiler Depots

Ziel war es, die Rahmenbedingungen eines kostenoptimierten Einsatzes eines mobilen Depots zu untersuchen.

Um die Generierung valider und reproduzierbarer Daten zu gewährleisten war eine wissenschaftliche Vorbereitung der Datenerhebung unabdingbar. Daher wurde unter Mitwirkung der Logistikpartner von der FH Erfurt ein Experimentaldesign zum Realbetrieb des Hubs entwickelt, abgestimmt und dem Projektpartner

eLOG zur Verfügung gestellt. Im Folgenden sind die Bestandteile des Experimentaldesigns dargestellt. Insbesondere unter dem Punkt „Eingangsgrößen“ wurde dabei ein Anforderungskatalog für die Datenauswertung entwickelt.

Experimentaldesign: Einsatz des Hubs im Realbetrieb

Ziele

1. Erarbeitung einer Vergleichsbasis zur Sicherung eines objektiven Kostenvergleichs (mit und ohne Hub)
2. Validierung des Bewertungsmodells
3. Ermittlung der Rückkopplungseffekte auf Rahmen- und Tagestour

Erprobungsaufgabe

Einsatz des mobilen Hubs des Projektpartners eLOG im Realbetrieb zur Generierung valider Daten zur Erfüllung der o.g. Ziele.

Benötigte Eingangsgrößen

- Tour-Daten der Fahrzeuge inkl. zugehöriger Sendungsdaten
- zugehörige (fixierte Zusammenlegung von) Rahmentouren:
Zur Vergleichbarkeit der Touren mit und ohne Hub-Einsatz sollten in der Grundstruktur jeweils vergleichbare Zustellmengen in gleichen Zustellgebieten bearbeitet werden
- Bewegungsprofil des Hubs (streckenbezogene Energieverbräuche zur Unterscheidung von Vor-/Nach- und Hauptlauf)
- Trackingdaten zur Nachvollziehbarkeit des Weges der Sendungen

- Personalkosten (Parametersatz nach Verfügbarkeit)
- Tourbezogene Arbeitszeiten
 - Zustellung mit Vor- und Nachlaufzeiten
 - Hubtransportzeiten
 - Be-/Umladezeiten
- Fahrzeugkosten (Parametersatz komplett)
- Hubkosten (Parametersatz komplett)

Sonstige Anforderungen

- Vergleichsfahrzeuge sollten in der SDL-Plattform verfügbar sein
- Neben den bestehenden Fahrzeugen können auch weitere Fahrzeugdaten eingepflegt werden, deren Nutzung künftig gewünscht ist. So können weitere Einsparpotentiale durch unterschiedlichen Fahrzeugeinsatz ermittelt werden

Umsetzungsschritte

1. Identifikation geeigneter Vergleichstouren zum Einsatz des mobilen Hubs unter Nutzung der Planungstools der SDL-Plattform.
2. Festlegung eines Zustellgebietes und Schulung der Mitarbeitenden vor Ort im Umgang mit dem mobilen Hub
3. Festlegung von Anzahl und Art der benötigten Fahrzeuge und Touren
4. Durchführung des Praxistests: Generierung von Daten mit und ohne Einsatz des mobilen Hubs im geplanten Einsatzgebiet.
5. Testphase
6. Auswertung und Visualisierung der Daten durch die FH Erfurt
7. Auf Basis genannter Eingangsdaten kann der kostenoptimierte Einsatzbereich und die Einsparpotentiale durch den Hub aus der Datenauswertung abgeleitet werden.

Um den (monetären) Einfluss des Hub-Einsatzes bestimmen zu können, wurde von der FH Erfurt folgendes Testszenario entwickelt: Der Aufwand bei der Zustellung (Personalkosten etc.) sollte durch den Einsatz des Hubs reduziert, aber die Ausbringungsmenge (Leistung) dabei nicht verändert werden. Dabei waren mehrere Szenarien denkbar:

- Verknüpfung von Rahmentouren zu einer einzigen Tour (weniger Personaleinsatz in der Zustellung)
- Einsatz des Hubs als zentralen Punkt für mehrere Rahmentouren
- Einsatz als mobiles Depot (Wegfall von Transferstrecken)
- Einsatz von kleineren Fahrzeugen (oder Fahrräder)

Im Rahmen des Projekts wurde zunächst auf die Betrachtung der Verknüpfung der Rahmentouren forciert und abgestimmt. Hierbei sollten Touren betrachten werden, die sich in unmittelbarer Nähe befinden und deren adressierte Liefermengen nicht über die Kapazität des Hubs bzw. des zusätzlich eingesetzten Fahrzeugs hinaus gehen. Anschließend sollten diese Touren zu einer (oder mehrerer) neuen Rahmentour kombiniert und erneut betrachtet werden. Geeignete Stellplätze für den Hub ließen sich mit Hilfe des entsprechenden Planungstools, das vom Projektpartner DAKO im in der Logistikplattform implementiert wurde, festlegen.

Die näheren Ausführungen zum Hub-Einsatz finden sich im Bericht des Projektpartner eLOG.

2.9 Messgrößenidentifikation und -erfassung

2.9.1 Automatisierte Messgrößenerfassung

Der FH Erfurt standen während des Projekts Fahrzeuge von Projektpartnern und von assoziierten Partnern zur Verfügung, um fahrzeugseitige Messgrößen für das Bewertungsmodell zu erschließen. Die Identifikation der erforderlichen Messgrößen erfolgte vorab in enger Abstimmung mit den Praxispartnern. Als Schnittstelle für die automatisierte Erfassung fahrzeugbezogener Daten wurden bei diesen Fahrzeugen verschiedene CAN-Datenbusse identifiziert und zugänglich gemacht. Je nach Fahrzeugmodell konnten dabei nahezu alle relevanten Messgrößen erfasst werden. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse zur Datenerfassung wurden evaluiert, dokumentiert und dem Projektpartner EPSa zu Zwecken der Implementierung und Erprobung übergeben.

Grundsätzliche Überlegungen ergaben, dass mehrere Erfassungsmöglichkeiten für Merkmalsausprägungen der Faktoren existieren. Prinzipiell ist dabei zu unterscheiden zwischen:

- Statischen Größen, die während der Nutzung einer Ressource quasi konstant bleiben (z.B. bestimmte buchhalterische Größen) und
- Dynamischen Größen, die sich beim Ressourceneinsatz fortlaufend und mit unterschiedlicher Frequenz ändern und daher zyklisch zu erfassen sind (z.B. Kilometerstand, Energieverbrauch).

Die direkte Erfassung dynamischer Größen bezieht sich vorrangig auf die Faktoren Fahrzeug und Hub. Für die Faktoren Ware und Mensch

erfolgt die Erfassung indirekt über die Faktorkombinationen z.B. Fahrzeug-Mensch oder Hub-Ware.

Die Erfassung dynamischer Größen bei Fahrzeug und Hub erfolgt vorzugsweise dadurch, dass faktorspezifische Informationen automatisiert erfasst werden. Dabei wird entweder über eine geeignete Schnittstelle auf intern verfügbare Information zugegriffen, z.B. CAN-Datenbus, oder es werden geeignete Sensoren zur Erfassung verwendet. In Abstimmung mit den Projektpartnern wurden die Merkmalsausprägungen für jeden Faktor in tabellarischer Form zusammengetragen.

Sowohl im Rahmen der Unterstützung bei der Entwicklung von faktorseitigen Erfassungssystemen, als auch im Sinne der Gesamtprojektstrategie wurde deutlich, dass eine automatisierte Datenerfassung im Besonderen bei den Faktoren „Fahrzeug“ und „Hub“ (mobil) wichtig ist. Daher wurde der Schwerpunkt der automatisierten Güteerfassung auf die Ermittlung von Leistungsmerkmalen, beispielsweise bzgl. des Batterieverhaltens bei den eingesetzten Fahrzeugen, gelegt. Viele weitere Parameter zu

anderen Faktoren hingegen, können über statische oder dynamische Daten (bspw. Gehälter oder Anschaffungskosten) oder im Konsortium geschaffene Schnittstellen erfasst werden. Details hierzu im Bericht des Projektpartners FSU). Darüber hinaus wurde gemeinsam festgestellt, dass eine separate Hardware für die Erfassung des Faktors Mensch aufgrund hoher zu erwartender Kosten und einer damit verbundenen Adaptionsbarriere sowie einer möglichen Nutzung von vorhandenen oder bereitzustellenden Smartphones unverhältnismäßig erscheint. Neben der bereits erläuterten Nutzung indirekter Größen zur Erfassung TCO-relevanten Messgrößen für die Faktoren Ware und Mensch, kommt zu diesem Zweck eine mobile Applikation des Projektpartners DAKO zum Einsatz. Die technische Umsetzung und Datenverarbeitung erfolgt dabei vor allem mit Bezug auf die Erfassung relevanter Größen für das entwickelte Bewertungsmodell mit Unterstützung durch die FH Erfurt bei den Projektpartnern EPSa und DAKO.

Motorbezogene Größen	Batteriebezogene Größen	Fahrtbezogene Größen
<ul style="list-style-type: none"> • Spannung am Motor • Motorstrom • Motordrehmoment • Motordrehzahl • Motortemperatur 	<ul style="list-style-type: none"> • Spannung der Traktionsbatterie • Batteriestrom • State of Charge (SOC) 	<ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeug-geschwindigkeit • Kilometerstand • Fahrpedalstellung / Position Gasgriff • Status Fahrstufe / Wählhebel • Status Bremse • Status Antrieb • Status Sitzbelegung • Seriennummer / FIN

Tabelle 8: Datenset erwarteter Daten

	OnBoard-Kommunikation	Offboard-Kommunikation
EPM Cargo		X
Paxster EDV 1601	X	(X)
Citroen Berlingo	X	

Tabelle 9: Kommunikationsstrategien bei den eingesetzten Fahrzeugen

Im Ergebnis zeigte sich, dass eine Erfassung über Schnittstellen bzw. eigene Sensoren im Wesentlichen bei den Faktoren „Fahrzeug“ und „Hub“ zur Anwendung kommen wird und, dass beim Faktor Fahrzeug hochdynamische Größen zu erfassen sind. Beim Hub konzentriert sich dies auf wenige variable Größen wie bspw. Temperatur und Auslastung.

Gemeinsam mit dem Projektpartner EPSa wurden an den durch die jeweiligen Logistikpartner für Untersuchungen im Labor der FH Erfurt bereitgestellten Fahrzeugen (s. Abbildung 14)

- „EPM Cargo S“ des Herstellers E-Power Mobility GmbH
- „EDV 1601“ des Herstellers Paxster AS
- „Berlingo“ (7DZKYZ1) des Herstellers Citroen

Einbauuntersuchungen durchgeführt. Diese dienten neben der Identifizierung von

Einbauorten für den vom Projektpartner EPSa zu entwickelndem TCO-Logger, vor allem der Dokumentation der Leitungsverlegung und der Anschlusspunkte an die Bordelektrik / -elektronik. Im Nachgang wurden darauf aufbauend durch den Projektpartner EPSa Einbaubeschreibungen erstellt. Parallel dazu wurde als Beitrag zum Experimentaldesign der Logistikpartner zur Erprobung auf Tagestourenebene, ein Datenset entwickelt, das die Signale beinhaltet, die bei den Fahrzeugen erwartet werden (s. Tabelle 8). Bei der Entwicklung dieses Datensets wurden insbesondere Anforderungen berücksichtigt, die sich aus dem Bewertungsmodell ergeben haben.

Im Rahmen der Untersuchung möglicher Datenquellen konnte festgestellt werden, dass an jedem Fahrzeug ein CAN-Datenbus für die automatisierte Datenerfassung genutzt werden kann, um fahrzeugbezogene Parameter zu erfassen. Zusätzlich wurden entsprechende Schnittstellen zur Spannungsversorgung der Erfassungsgeräte identifiziert.



Abbildung 14: Untersuchte Fahrzeuge (u.a. EMP Cargo; EDV 1601)

Da bestimmte Merkmalsausprägungen (s. Tabelle 9) teilweise nicht direkt erfasst werden konnten, wurden Hilfsgrößen bei den Fahrzeugen identifiziert, die notwendig sind, um bspw. den Energieverbrauch rechnerisch zu ermitteln. Um schlussendlich in den Fahrzeugen eine automatisierte Datenerfassung zu

ermöglichen war es notwendig, die Datenkommunikation der entsprechenden CAN-Datenbusse zu erschließen.

Erster Schritt hierbei war, die physische Kontaktierung der Datenleitungen, die in diesen Fällen mit Hilfe von Herstellerinformationen und eigenen Versuchen möglich wurde. Informationen zur CAN-Matrix konnten in unterschiedlicher Ausführlichkeit von den Herstellern direkt bezogen werden und wurden ggf. durch eigene Versuche ergänzt

Im Rahmen der Versuche zur Datenerfassung bei den jeweiligen Fahrzeugen wurden unterschiedliche Kommunikationsstrategien identifiziert. Während bestimmte Informationen zyklisch gesendet werden und somit einfach „mitgelesen“ werden können (OnBoard-Kommunikation), müssen andere wiederum durch gezielte Anfragen an das Steuerungssystem „erfragt“ werden (Offboard-Kommunikation). Ein ähnliches Prinzip ist bereits bei Diagnosesystemen für Kraftfahrzeuge bekannt (vgl. ISO 15765). Zur Anwendung kommt dann ein sogenanntes „Request-Response-Verfahren“, bei dem mit bestimmten Fragewörtern bestimmte Antworten bzw. Informationen beim Steuerungssystem gezielt abgerufen werden können.

Die Umsetzung dieser Kommunikationsstrategien gestaltet sich bei den eingesetzten Fahrzeugen wie in Tabelle 10 dargestellt.

	EPM Cargo	Paxster EDV 1601	Citroen Berlingo	Streetscooter Work
Zugangspunkt	CAN-Bus Anschluss am Controller	CAN-Bus Anschluss an Diagnose-Schnittstelle X412	CAN-Anschluss an EOBD-Buchse	CAN-Anschluss an OBD-Buchse
Übertragungsrate	250 kBit/s	500 kBit/s	500 kBit/s	500 kBit/s
notwendige Signale				
Spannung Batterie	x	x	x	x
Spannung Motor	x	x		
Spannung Gasgriff	x	x	--	
Strom Batterie	x	x	x	x
Strom Motor	x	x		
Drehmoment Motor	x	x		
Drehzahl Motor	x	x		
Kilometerstand	x	x	x	x
Geschwindigkeit	x	x	x	x
SOC-Anzeige	x	via RS232-Abgriff	x	x
Motortemperatur	x	x		
Status Antrieb	x	x		
Position Gasgriff / Fahrpedal	x	x	x	
Status Bremse	x	x		
Status Fahrstufe / Wählhebel	x	x	x	x
Status Sitzbelegung	x	x	x	x
Seriennummer / FIN	x	x		
zusätzliche Signale				
Leistung AC	--	--	x	
Leistung Heizung	--		x	
Reichweite			x	x
Temperatur Umgebung			x	x
Status Türen	--	--	x	

Legende

x	Signal vorhanden
	Signal nicht vorhanden
--	nichtzutreffend

Tabelle 10: : Erfassbare Daten bei Partnerfahrzeugen

Um die Erfassung und Auswertung der Daten zu vereinfachen, wurden CAN-Datenbankdateien (DBC-Dateien) erstellt. Die Kommunikationsmatrix für den EPM Cargo wurde zusätzlich für den Projektpartner EPSa aufbereitet, um die speziellen Request- und Response-Telegramme darzustellen.

Ergebnis ist eine systembezogene Darstellung der Erfassungsmöglichkeiten zur Beurteilung faktorspezifischer Kriterien. Es kommen dabei fahrzeuginterne Kommunikationssysteme zum Einsatz über die eine automatisierte, konsistente und fahrerunabhängige Datenerfassung möglich ist. Hierdurch soll die Qualität der Aufzeichnungen verbessert und die Datenauswertung erleichtert werden. Dem Projektpartner EPSa wurden die Erkenntnisse zur Datenerfassung in Form der genannten DBC-Dateien bzw. als Request-Response-Matrix übergeben.

Es bleibt jedoch festzustellen, dass man bei Rückgriff auf die fahrzeuginterne Kommunikation deren Restriktionen hinsichtlich Genauigkeit und Verfügbarkeit unterworfen ist. Darüber hinaus mussten bei den eingesetzten Fahrzeugen teilweise gezielt Schnittstellen zur Bordkommunikation geschaffen werden. Die Verfügbarkeit einer genormten Schnittstelle (einschließlich deren definierter Kommunikationsmatrix) bei zukünftigen Elektrofahrzeugen begründet sich damit einmal mehr.

Fahrzeuge des Typs „Streetscooter Work“ kommen bei assoziierten Projektpartnern zum Einsatz. Entsprechend den im Projekt etablierten Fahrzeugtypen, wurde auch das Einsatzprofil der Streetscooter-Fahrzeuge automatisiert erfasst und aufgezeichnet.

Als Schnittstelle für die automatisierte Erfassung fahrzeugbezogener Daten wurde bei diesem Fahrzeug ebenfalls die OBD-Buchse identifiziert. Insbesondere der dort anliegende P-CAN liefert hilfreiche Messwerte zur Faktorenbewertung. Die Datenerfassung erfolgt über diese Schnittstelle sowohl auf der OnBoard- als auch auf der Offboard-Ebene.

In einer ersten Umsetzung wurden die in aufgeführten fahrzeugbezogene Daten identifiziert, die für eine Faktorbewertung dienlich sind.

Die Informationen zur Datenerfassung wurden in einer Kommunikationsmatrix zusammengestellt, die dem Projektpartner EPSa zu Zwecken der Implementierung und Erprobung übergeben wurde.

2.9.2 Testfahrten zur Messung von Lade- und Entladeverhalten

Im Rahmen der Untersuchungen zur Mehrfachnutzung wurde deutlich, dass ein verstärktes Augenmerk auf Analysen zum Lade- und Entladeverhalten der Fahrzeuge notwendig ist, um die Restreichweite für die weitere Einsetzbarkeit besser abschätzen und in die Plattform integrieren zu können. Daher erfolgten insbesondere Versuche zum Laden und Entladen der Traktionsbatterie, um den in Abhängigkeit der Ladezeit erzielbaren Aktionsradius der Fahrzeuge zu determinieren.

Nach einer Voruntersuchung zum Be- und Entladeverhalten der bei den Projektpartnern eingesetzten Fahrzeuge, die u.a. wichtige Restriktionen zur Entwicklung von Multi-Use Konzepten (s. Kap. 0) lieferte, erfolgten weitere Untersuchungen unter Laborbedingungen.

Dabei wurden insbesondere

- der Ladezustand,
- die Batteriespannung und
- der Batteriestrom

in Abhängigkeit der Zeit messtechnisch erfasst und ausgewertet. Dabei konnte zur Erhebung sowohl auf die fahrzeuginterne Datenkommunikation als auch auf eigene Messtechnik, z.B. eine im Labor selbst entwickelte Ladebox mit Messfunktionen, zurückgegriffen werden (s. Abbildung 15).

Durchschnittswerte des Energieverbrauchs üblicher Touren der jeweiligen Projektpartner wurden detailliert ermittelt. Im Ergebnis konnte so die Restreichweite genauer prognostiziert werden. In Kombination mit der nachladbaren Reichweite pro Zeiteinheit ermöglichte dies eine Vorhersage über mögliche Erweiterungen von Touren mit bzw. ohne Zwischenladen.

Für die Versuche zur Entladung wird das Fahrzeug auf einem selbst erstellten Referenzzyklus durch die Erfurter Innenstadt (s. Abbildung 15) bewegt. Während dieser Messfahrten werden ebenfalls Messwerte, basierend auf dem o.g. Datenset automatisiert erfasst und im Nachgang ausgewertet.

Um die identifizierten Schnittstellen zur Erfassung der Messgrößen zu validieren, wurde ein Experimentaldesign entworfen, das reproduzierbare Testergebnisse sicherstellt. Dies umfasste einen erweiterten Komponententest zur automatisierten Erfassung einzelner Faktorenmerkmale, insbesondere

- Durchschnittsverbrauch,
- Reichweitenzuwachs in Abhängigkeit der Ladedauer,
- Energieverbrauch in Abhängigkeit der Beladung,

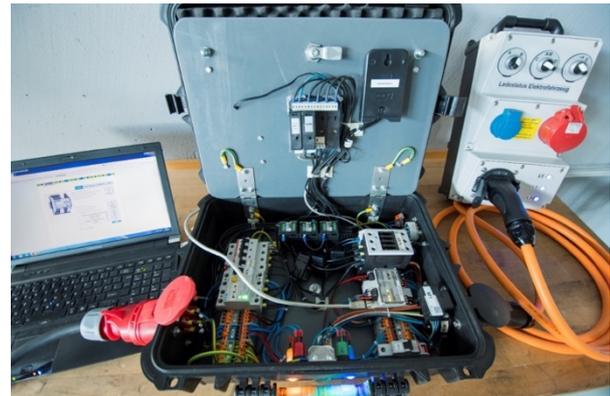


Abbildung 15: Ladebox zur messtechnischen Begleitung der Ladeversuche (oben) Referenzzyklus (unten)

über einen Zeitraum von zwei Monaten mit dem bei Praxispartnern eingesetzten Elektrofahrzeug Paxster, inkl. der Erfassung des Ladeverhalten des Fahrzeugs.

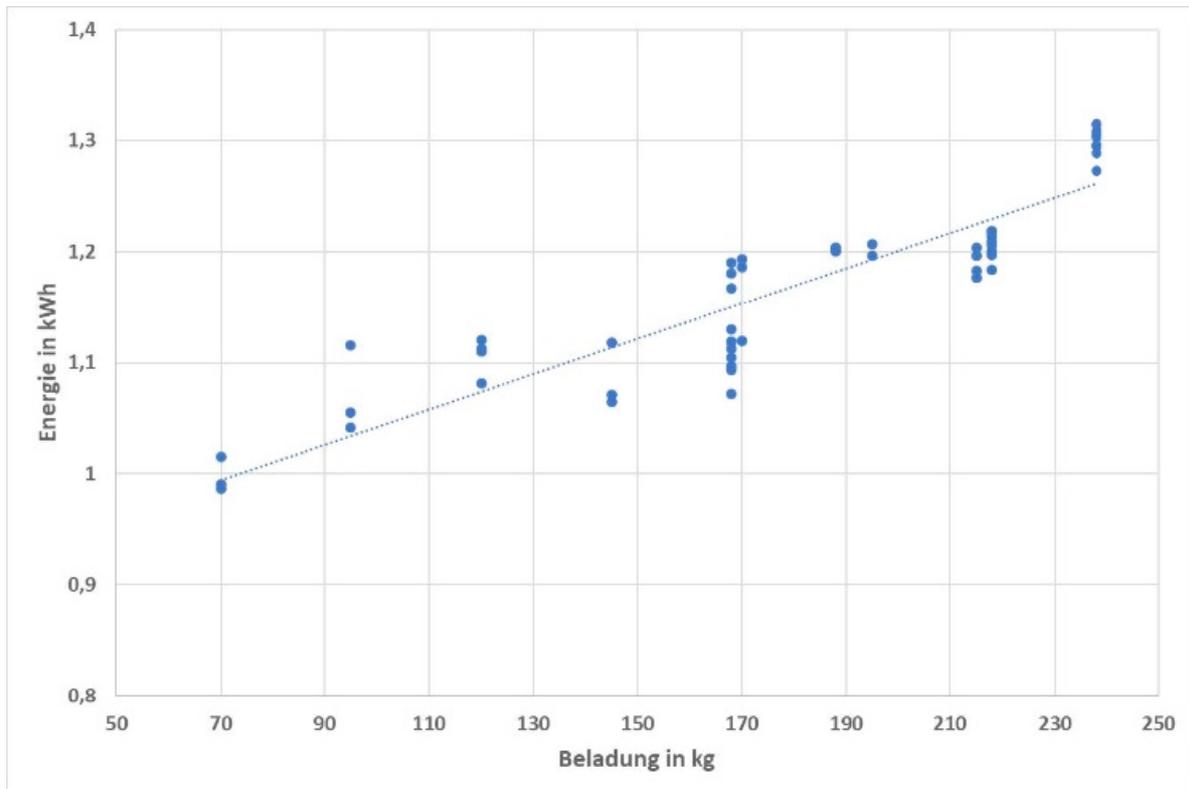


Abbildung 16: Ermittelter Energieverbrauch des Testfahrzeugs (Paxster) auf den Referenztouren in Abhängigkeit der Beladung

Die Erfassung erfolgte auf Referenztouren, die in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern eruiert wurden und reellen Zustell Touren nachempfunden sind. Durch eine GPS-gestützte Navigation konnte das iterative, genaue und reproduzierbare Abfahren der Strecken gewährleistet werden. Darüber hinaus wurden verschiedene Beladungszustände simuliert.

Erwartungsgemäß steigt der Energieverbrauch des Testfahrzeugs mit steigender Zuladung (s. Abbildung 16). Bei einer dauerhaften Zuladung von rund 240 kg ergibt sich eine Reichweitenreduzierung um 10 km (Reichweite des Paxsters laut Herstellerangabe: 100 km).

Das Testfahrzeug bietet verschiedene Fahrstufen, die sich auf Ansprech- und Beschleunigungsverhalten auswirken. Hierbei kann im Fahrmodus „High“ die gesamte Leistung abgerufen werden, während im Modus „Eco“ zur Einsparung von Energie nur reduzierte Beschleunigung zur Verfügung steht.

2.7.3 Messeinrichtungen für Ladevorgänge

Im Rahmen der Auswertung von Aufzeichnungen zu Ladevorgängen, die von den Praxispartnern erstellt wurden, zeigten sich oftmals Unplausibilitäten und Ungenauigkeiten. Um diesem Problem zu begegnen und auch um

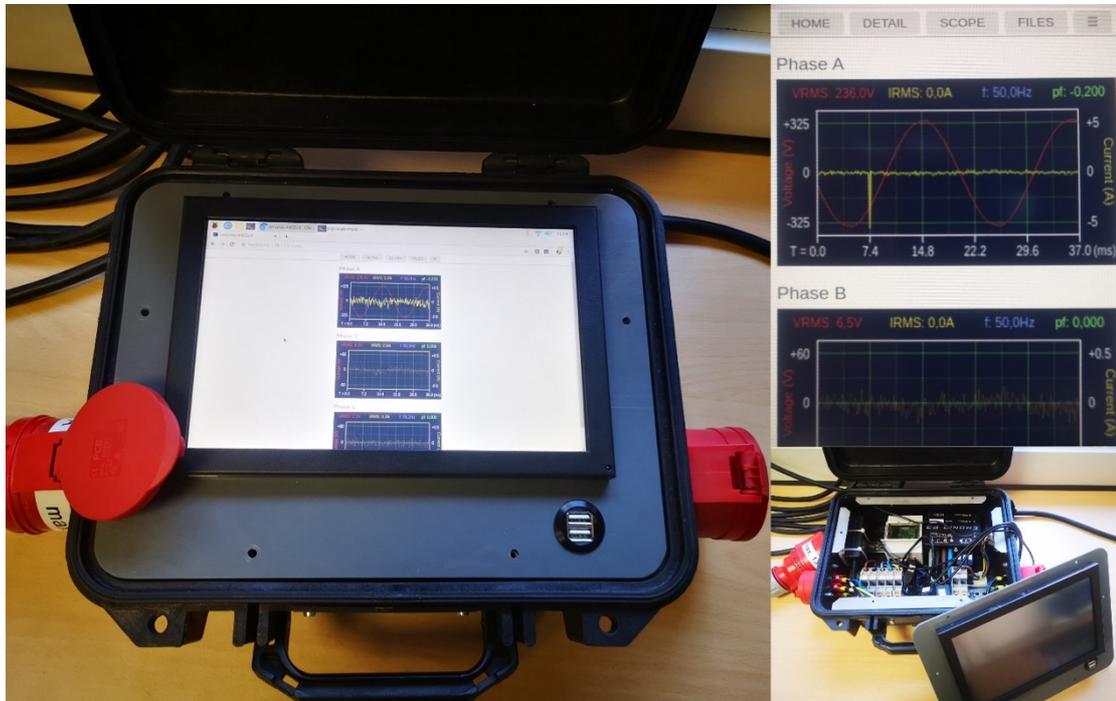


Abbildung 17: Entwickelte Energie-Messbox.

die spätere Verarbeitung der Daten zu vereinfachen, wurde ein Gerät entwickelt, mit dem die Aufzeichnung der Ladevorgänge automatisch erfolgen kann. An das System wurden u.a. folgende Anforderungen gestellt:

- handlich und transportabel
- Möglichkeit zum Einsatz im Außenbereich
- genormte Steckverbindungen
- temporäre, interne Speichermöglichkeiten für Messdaten
- konfigurierbare Schnittstelle zur Übertragung von Messwerten
- Möglichkeit der Messwertanzeige

Das Erfassungssystem wurde u.a. mit elektrotechnischen Standard-Komponenten umgesetzt.

Die entwickelte Messbox (s. Abbildung 17) erfüllt die o.g. Anforderungen. Sie ist dafür vorgesehen zwischen den Netzanschluss und die Energieabgabeeinrichtung (z.B. Wallbox, Mode-2-Ladekabel etc.) geschaltet zu werden.

Der mechanische Aufbau des Gerätes wurde im Labor „Straßenfahrzeugtechnik“ mit Unterstützung des hochschuleigenen „Zentrums für wissenschaftlichen Gerätebau und Services“ vorgenommen und ist ein zusätzliches Ergebnis des Teilvorhabens.

	Carsharing	Truck-Sharing	Cargo-Sharing
Begriffsbestimmung	Geteilte Nutzung von Fahrzeugen durch unterschiedliche Unternehmen oder Personengruppen zur Raumüberwindung	Geteilte Nutzung von Fahrzeugen zur Erbringung von Dienstleistungen	<u>Simultan:</u> Bündelung von Gütertransportleistungen innerhalb der gleichen Tour <u>Sequenziell:</u> Bündelung von Gütertransportleistungen auf nachgelagerten Touren
Ziel	Maximierung der täglichen Nutzungsdauer des Fahrzeugs	Maximierung der täglichen Nutzungsdauer des Fahrzeugs	Maximierung der Fahrzeugauslastung
Einordnung	<ul style="list-style-type: none"> • Personenverkehr • Pkw aller Segmente 	<ul style="list-style-type: none"> • Güter und Personenverkehr • Transport-Fahrzeuge 	<ul style="list-style-type: none"> • Güterverkehr • Transport-Fahrzeuge
Anwendungsfälle in der Distributions-logistik	-	Verschiedene Nutzende im näheren Umfeld	Waren unterschiedlicher Versender im gleichen Zustellgebiet und transportiert vom gleichen Logistikunternehmen

Tabelle 11: Abgrenzung der Multi-Use-Konzepte

2.10 Mehrfachnutzungskonzepte

2.10.1 Konzeptionelle Voruntersuchungen von Mehrfachnutzungsansätzen

Zur Konzeptionierung von Multi-Use-Anwendungen wurde sich der umfassenden Thematik, im Hinblick auf Rahmenbedingungen und relevanten Leistungsfeldern, zunächst mit einer Begriffsbestimmung und der Abgrenzung verschiedener Multi-Use-Anwendungen sowie einer Recherche bestehender Konzepte angenähert. Die Tabelle 11 gibt einen Überblick über verschiedene Anwendungsfälle und grenzt die Begrifflichkeiten voneinander ab.

Zur Identifikation der Multi-Use-Potentiale in der Medienlogistik gilt es, die relevanten

Leistungsfelder voneinander abzugrenzen und die jeweiligen und z.T. sehr divergenten Rahmenbedingungen auf ihre Vereinbarkeit zu prüfen. Während das kommerzielle Carsharing vorrangig dem Personenverkehr zuzuordnen ist und auch aus sogenannten „Selbstfahrergemeinschaften“ (Jeekel 2018, S. 169) entstanden ist, liegt der Fokus beim Truck- und Cargo-Sharing auf dem Transport von Gütern.

Dabei ist grundsätzlich zwischen dem simultanen und dem sequenziellen Cargo-Sharing zu unterscheiden. Als simultanes oder gleichzeitiges Cargo-Sharing kann die Bündelung von komplementären Gütertransportleistungen innerhalb der gleichen Tour verstanden werden. Ziel ist es, ungenutzte Ladungskapazitäten der

eingesetzten Zustellfahrzeuge zu vermeiden und im besten Fall die räumliche Fahrzeugauslastung zu maximieren. Der nachgelagerte Transport von Produkten innerhalb desselben Unternehmens sowie innerhalb desselben Zustellfahrzeugs kann hingegen als nachgelagertes bzw. sequenzielles Cargo-Sharing charakterisiert werden. Ziel hierbei ist es, auch die ungenutzten zeitlichen Kapazitäten von Fahrzeugen besser auszulasten. Die Durchführung der klassischen Zustellprozesse oder auch der Hybridzustellung erfolgt i.d.R. morgens und ist, mit entsprechenden Pufferzeiten, bis spätestens 12 Uhr abgeschlossen. Hieraus ergeben sich jedoch zusätzliche Potentiale für logistische Anwendungen, da die in der Medienzustellung genutzten Fahrzeuge für den Rest des Tages ungenutzt in den Depots der Medienlogistiker verbleiben.

Als weiterer Mehrfachnutzungsansatz sei die geteilte und branchen- bzw. unternehmensübergreifende Nutzung von Zustellfahrzeugen zur Erbringung von Dienstleistungen in komplementären Leistungsfeldern zu nennen. Ziel dieser sog. Trucksharing-Ansätze sind ebenfalls die zeitlichen und räumliche Fahrzeugauslastung zu maximieren, wobei hier insbesondere der Vorteil der möglichen Kombination beider Auslastungsarten hervorzuheben ist. Andere Unternehmen können die zeitlichen Potentiale der Zustellfahrzeuge mit eigenem Personal und Transportgut auslasten. Daneben sind nachgelagerte und alternative Nutzungsformen, wie bspw. die Nutzung der Zustellfahrzeuge am Nachmittag oder Abend für die Objektbetreuung von Wach- oder Hausmeisterdiensten bis hin zur temporären Integration in Carsharing-Flotten, möglich.

In der Recherche nach aktuellen Anwendungsfällen waren keine vergleichbaren Beispiele zu Truck- und Cargo-Sharing fassbar. Es existieren lediglich rudimentäre Ansätze des Cargo-Sharing in der Bündelung von KEP Dienstleistungen (Nürnberger Mikro-Depot-Konzept; Bogdanski; Bayer 2017). Für Truck-Sharing liegen erste Ansätze im Corporate-Carsharing, also der Nutzung von Carsharing-Fahrzeugen zur Durchführung von Dienstwegen bei Unternehmen, wobei letzteres eher noch dem Carsharing zuzuordnen ist.

Zur Feststellung von Leistungsfeldern, die unter distributionslogistischen Gesichtspunkten und im Rahmen der gesetzlichen Rahmenbedingungen beim Truck- und Cargo-Sharing in Zusammenhang mit der Medien- und Pharmalogistik sinnvoll miteinander kombiniert werden können, wurden in Frage kommende Leistungsfelder betrachtet. Diese sind in der folgenden Tabelle 12 mit den jeweiligen Transportgütern aufgelistet.

Leistungsfelder	Lebensmittel	Postsendungen	Druckerzeugnisse	Medizinische Produkte	Tabakwaren	Wäschereiprodukte
Güter	Getränke	Paketsendungen	Zeitungen und Zeitschriften	Pharmazeutische Produkte	Tabakwaren	Wäschereiprodukte
	Trockensortiment					
	Kühlwaren	Briefe und Päckchen	Bücher und Kataloge	Medizinische Produkte		
	Tiefkühlwaren					
	Frischwaren					

Tabelle 12: Übersicht betrachteter Leistungsfelder

Leistungsfelder können im Sinne von Logistikanwendungen als komplementär bezeichnet werden, wenn ein gemeinsamer Transport unter distributionslogistischen Gesichtspunkten und im Rahmen der gesetzlichen Rahmenbedingungen möglich ist. Abhängig vom Multi-Use-Ansatz und ggf. dem Einsatz spezifischer Ladehilfsmittel (bspw. Transportboxen zum Schutz empfindliche/gekühlte Güter) lassen sich zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten ohne die entsprechende gegenseitige Benachteiligung verschiedener Transportgüter feststellen. Dabei wurde außer dem eigentlichen Transport auch die Kompatibilität der Sendungsgrößen und von Vor- und Nachbereitung der Touren und Fahrzeuge (bspw. Be- und Entladen, Reinigung etc.) sowie individuelle Anforderungen an die Transportfahrzeuge berücksichtigt.

Hierbei wurden die grundlegenden Rahmenbedingungen, insbesondere die relevanten gesetzlichen Bestimmungen, aller potentiell mehrfachnutzungsfähigen Leistungsbereiche ermittelt und ihre paarweise Kompatibilität auf bereichsübergreifende Mehrfachnutzungsansätze überprüft. Zusätzlich wurden auf Basis zugelieferter Sendungs- und Prozessdaten erste Potentialanalysen bzgl. der Implementierung von Cargo- und Truck-Sharing-Ansätzen bei den Praxispartnern durchgeführt.

2.10.2 Komplementäre Leistungsfelder für das Truck-Sharing

Zur Feststellung komplementärer Leistungsfelder für das Truck-Sharing sind insbesondere folgende distributionslogistische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Es sind spezifische Fuhrparkkombinationen und Fahrzeugklassifizierung der jeweiligen transportierenden Unternehmen vorhanden, sodass das gemeinsam genutzte Fahrzeug alle Anforderungen erfüllen muss.
- Der Transport im gemeinschaftlich genutzten Fahrzeug erfolgt zu unterschiedlichen Uhrzeiten, daher
- sind die Routen und Zustellgebiete der jeweiligen Unternehmen irrelevant.
- Sollten sich die Unternehmensstandorte bzw. die Lager der jeweiligen Güter in unmittelbarer Nähe befinden, um lange Leerfahrten zwischen den Nutzungen zu vermeiden.
- müssen Vor- und Nachlaufzeiten zur Be- und Entladung, Reinigung o.ä. sollten kompatibel mit der gemeinsamen Nutzung sein.

Darüber hinaus sind abhängig vom jeweiligen Transportgut entsprechende rechtliche Rahmenbedingungen zu berücksichtigen, z.B. Ladungssicherung, Kühlkette, Zusammenladungsverbote, etc. Daher handelt es sich beim Truck-Sharing um Einzelfallentscheidungen anhand der spezifischen Betriebsabläufe und der jeweiligen transportierten Güter. Im Ergebnis konnten Leistungsfelder mit hohem Sharing-Potential und nicht-komplementäre Leistungsfelder identifiziert werden (s. Tabelle 13).

Diese Ansätze wurden jedoch innerhalb des Projekts aufgrund der großen Herausforderungen im Zusammenhang mit den alternativen Nutzungen und Nutzungsformen nicht weiterverfolgt. Insbesondere die Frage der Haftung und Versicherung in Schadensfällen an firmenfremden Transportgut oder an den Transportfahrzeugen konnte für die beteiligten Unternehmen nicht umfassend beantwortet werden. Hinzu kommen administrative Herausforderungen zur Abrechnung entstehender fixer und variabler Kosten. Eine pauschale Abrechnung der entstehenden Kosten des Truck-Sharing-Ansatzes, bspw. pro Kilometer, ist bei diesen unterschiedlichen Anwendungsfällen

Komplementäre Leistungsfelder (Beispiele)	Nicht-komplementäre Leistungsfelder (Beispiele)
<ul style="list-style-type: none"> • Frischwaren verschiedener Unternehmen (bspw. Catering und Bäckereien) • Druckerzeugnisse und Lebensmittellieferservice (Transport der Lebensmittel in (gekühlten) Transportboxen) • Druckerzeugnisse und/oder Tabakwaren und/oder Wäschereiprodukte 	<ul style="list-style-type: none"> • Druckerzeugnisse, die in (Tief-) Kühlfahrzeugen transportiert werden • (Tief-)Gekühlte Lebensmittel, die in ungekühlten Transportfahrzeugen transportiert werden • Sonstige Nichterfüllung besonderer Transportanforderungen (bspw. hängender Transport)

Tabelle 13: Komplementäre Leistungsfelder im Truck-Sharing

faktisch nicht möglich, da die innerhalb der jeweiligen Nutzung entstehenden Kostensätze variieren. So generieren z.B. die häufigen Stopps in der Zustellung in der Gesamtbelastung andere Kostensätze als Überlandfahrten. Weitere Hürden ergeben sich aus den Ansprüchen der nutzenden Unternehmen hinsichtlich Werbung und Marketing.

2.10.3 Komplementäre Leistungsfelder für das Cargo-Sharing

Zur Feststellung komplementärer Leistungsfelder für das Cargo-Sharing sind insbesondere folgende distributionslogistische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen:

- Es sind spezifische Fuhrparkkombinationen und Fahrzeugklassifizierung der jeweiligen transportierenden Unternehmen vorhanden und der gemeinsam genutzte Laderaum muss gleichzeitig die Anforderungen aller transportierter Güter erfüllen.
- Der Transport im gemeinschaftlich genutzten Laderaum erfolgt innerhalb gleicher Routen und Zustellgebiete, daher müssen die Zustellungs-Zeiten kompatibel bzw. gleich sein.
- Die Unternehmensstandorte bzw. die Lager der jeweiligen Güter müssen sich in unmittelbarer Nähe befinden bzw. innerhalb einer Route anfahrbar sein, um zusätzliche Transporte zu vermeiden. Vor- und Nachlaufzeiten zur Be- und Entladung, Reinigung o.ä. sollten kompatibel mit der gemeinsamen Nutzung sein und möglichst zur gleichen Zeit stattfinden.
- Sendungsgrößen sollten vergleichbar oder kompatibel sein.

Als Indikatoren für einen verträglichen kombinierten Transport gelten als distributions-

logistische Gesichtspunkte sowohl die administrativen als auch organisatorischen Vorgänge des Transports der jeweiligen Produkte. Dazu zählen u.a. die Arbeits- und insbesondere die Be- und Entladezeiten der jeweiligen Logistikfelder, die notwendigen Vor- und Nachbereitungen der Touren und Fahrzeuge sowie die Tourenplanung und -durchführung. Zudem wurden auch physikalische Restriktionen betrachtet. Dazu sind sowohl branchenüblich zur Verfügung stehender Laderaum als auch die Kompatibilität der Sendungsgrößen sowie die individuellen Anforderungen an die Transportfahrzeuge zu nennen. Unter den betrachteten gesetzlichen Restriktionen vereinen sich überdies die entsprechenden Vorgaben zu ununterbrochenen Kühlketten und zum Schutz empfindlicher Waren sowie weitere gesetzliche Auflagen, wie Zugriffsschutz bestimmter Waren oder Gefahrgut.

Abhängig vom Multi-Use-Konzept lassen sich zahlreiche Kombinationsmöglichkeiten feststellen, bei denen der gemeinsame Transport ohne entsprechende gegenseitige Benachteiligung der Transportgüter möglich ist. Beispielsweise ist der kombinierte Transport von Lebensmitteln des Trockensortiments oder von Wäschereiprodukten uneingeschränkt mit dem Transport von Printmedien vereinbar. Einschränkungen ergeben sich insbesondere bei medizinischen und pharmazeutischen Produkten, da es sich hierbei um Gefahrgut handeln kann. Zudem ist eine Kombination (tief-)gekühlter Lebensmittel und Frischwaren, die i.d.R. in (Tief-)Kühlfahrzeugen transportiert werden, mit Printmedien nicht möglich, da selbige durch die Kühlung bzw. durch ggf. auftretendes Kondenswasser beschädigt werden können.

Die Kombinierbarkeit einiger empfindlicher Transportgüter kann jedoch durch die Verwendung spezifischer Ladehilfsmittel verbessert werden (s. Abbildung 18)

gekühlter Transportboxen der gemeinsame Transport von (tief-)gekühlten Lebensmitteln und dem üblichen Transportgut bzw. im sequenziellen Cargo-Sharing nacheinander im gleichen Fahrzeug umgesetzt werden.

So konnte in der praktischen Anwendung eines Projektpartners durch den Einsatz passiv

Lebensmittel						Print-medien		Sonstige					
Getränke	Trockensortiment	Kühlware	Kühlware in Transportbox	Tiefkühlware	Tiefkühlware in Transportbox	Frischwaren	Paket- und Postdienstleistungen	Zeitungen, Zeitschriften, Kataloge	pharmazeutische Produkte	medizinische Produkte	Wäschereiprodukte		
												Getränke	Lebensmittel
												Trockensortiment	
												Kühlware	
												Kühlware in Transportbox	
												Tiefkühlware	
												Tiefkühlware in Transportbox	
												Frischwaren	Print-medien
												Paket- und Postdienstleistungen	
												Zeitungen, Zeitschriften, Kataloge	Sonstige
												pharmazeutische Produkte	
												medizinische Produkte	
												Wäschereiprodukte	

-  uneingeschränkter kombinierter Transport
-  eingeschränkter kombinierter Transport
-  kein kombinierter Transport

Abbildung 18: Komplementäre Leistungsfelder im Bereich Cargo-Sharing

Rahmenbedingungen des Transports	
Zugriffschutz	Ja (Kapitel 9 GDP)
Witterungsschutz	Ja (Kapitel 9 GDP)
Temperaturführung	Ja (Kapitel 9 GDP)
Ladungssicherung	Ja (§22 StVO & Kapitel 9 GDP)
Be- und Entlade-equipment	Sinnvoll (z.B. Sackkarre)
Sendungsmerkmale	
Gefahrgut	Nein (ADR 601)
Warenwert/Versicherung/Haftung	§ 431 HGB Haftungshöchstbetrag
Spezielle Ladungsträger	Ja (Kapitel 9 GDP)
Adresszustellung	Ja
Gesetzliche Transportbestimmungen	§407ff HGB, §1a AmHV, GDP

Zusätzliche Prozesse	
Rückführung von Leerverpackungen	Abhängig vom Anwendungsfall
Quittierung/Zustellnachweise	Nein (Kapitel 9 GDP)
Nachname	Ja

Tabelle 14: Rechtliche Rahmenbedingungen im kompletteren Transport

Die Tabelle 14 zeigt die Sharing-Potentiale anhand der rechtlichen Rahmenbedingungen. Dabei wird bei empfindlichen Gütern zwischen dem direkten Transport im Fahrzeug oder dem Transport in Transportboxen unterschieden. Als Rechtsgrundlagen dienten neben dem Handelsgesetzbuch (HGB) zahlreiche spezielle Rechtsvorschriften (bspw. Postgesetz, Straßenverkehrsordnung Good Distribution Practice). Zusätzlich wurde dokumentiert, welche gesetzliche Vorschrift bei Mehrfachnutzungsansätzen ggf. beachtet werden muss oder einen Einsatz direkt ausschließt.

Zur Vorbereitung konkreter Multi-Use-Anwendungen im Projektkonsortium wurden zudem die speziellen Anforderungen und rechtlichen Rahmenbedingungen der einzelnen Leistungsfelder geprüft und dargestellt. In der **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** findet sich eine beispielhafte Darstellung für das Leistungsfeld der medizinischen Produkte.

In mehreren Arbeitsschritten wurden mit den Logistikpartnern aufbauend auf die von der FHE entwickelte Konzeption konkrete

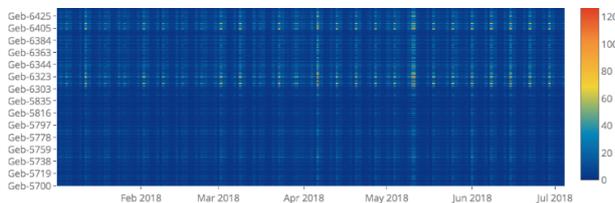
Szenarien zur Erprobung der Multi-Use-Ansätze im Praxisbetrieb entwickelt. Aufbauend auf dieser Grundkonzeption und der durchgeführten und im Folgenden dargestellten Potentialanalyse erfolgte ein Feldtest ausgewählter Ansätze (s. Kap. 2.10.7).

2.10.4 Potentialanalyse für Mehrfachnutzungsansätze in bestehenden Transportketten

Zur Erprobung und Simulation von Mehrfachnutzungsansätzen wurden Untersuchungen zur bestehenden zeitlichen Verteilung der Fahrzeug-Einsatzzeiten, für Shared-Use-Ansätze, und zur Auslastung bzgl. vorhandener Ladungskapazitäten, für Cargo-Sharing-Ansätze, durchgeführt. Ziel war es, die für den Multi-Use-Einsatz verfügbaren zeitlichen und ladungs-

Auslastung Cargo-Roller

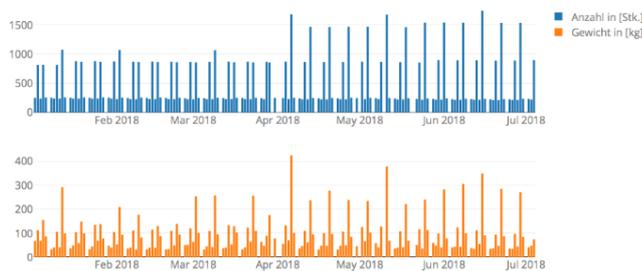
Abbildung 20: Gebietsbezogene Kapazitätsauslastung.



bezogenen Einsatz-Kapazitäten zu ermitteln.

Abbildung 19: Heatmap zur Kapazitäts-Auslastung (links) Untersuchung der Restreichweite (rechts)

Anzahl Zustellungen und Gewicht in Gebiet 6323



Mit den zur Verfügung gestellten Sendungs- und Tourdaten wurden sowohl gebiets-bezogen als auch Tagestour-bezogen Auswertungen des Transportaufkommens sowie der Kapazitätsauslastung und Restreichweite des jeweils eingesetzten Fahrzeugs durchgeführt. Zudem wurde ermittelt, auf welchen Touren der Einsatz kleinerer Fahrzeuge den Einsatz eines Hubs notwendig machen würde.

Für die bei der SZ durchgeführte Potentialanalyse bzgl. der Implementierung von Cargo-Sharing-Ansätzen zur Erhöhung der Fahrzeugauslastung wurde zunächst eine Datenerhebung durchgeführt. Diese umfasste Daten zur Ware mit Informationen zu Zustellbezirken, -daten, -mengen und Sendungsgewichten. Weiter wurden anonymisierte Daten zum Zusteller mit Informationen mit zugeordneten Zustellbezirken und Zustellart übermittelt sowie Daten zur Tour mit unterschiedlicher fahrzeug- und zustellart-abhängiger Tourdauer, -länge, -stopps sowie zugeordneten Sendungen.

Aus den zur Verfügung gestellten Sendungen wurde ein Datensatz für alle ca. 56.000 möglichen Bezirks-Touren über alle Zustellarten und alle Fahrzeuge generiert. Anschließend wurde der Datensatz sowohl gebietsbezogen, d.h. unabhängig vom zugeordneten Zusteller, als auch tagestourbezogen, d.h. über den zugeordneten Zusteller kumuliert, bzgl. des Transportaufkommens sowie der Kapazitätsauslastung und Restreichweite des jeweils eingesetzten Fahrzeugs ausgewertet (s. Abbildung 19 bis Abbildung 21). Zudem wurde ermittelt, auf welchen Touren der Einsatz kleinerer Fahrzeuge den Einsatz eines Hubs notwendig macht.

Neben den bereits entwickelten Kennzahlen zur Kostenbewertung wurde zusätzlich untersucht, in wie weit andere Kennzahlgrößen zur Bewertung des durch Mehrfachnutzung stattfindenden Prozess-Matchings herangezogen werden können. In diesem Zusammenhang wurden Auswertungen bzgl. abzuleitender Prozess-Kennzahlen, wie distanz-basierte oder zeitliche Produktivität, d.h. Zustellungen pro Entfernung- oder Zeiteinheit, sowie Zustell- und Einsatzgeschwindigkeiten, testweise durchgeführt.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die notwendigen Rahmenbedingungen zur Implementierung von Mehrfachnutzungs-konzepten seitens der Praxispartner gegeben sind und entsprechende zeitliche und kapazi-tative Ressourcen, insbesondere zum Einsatz

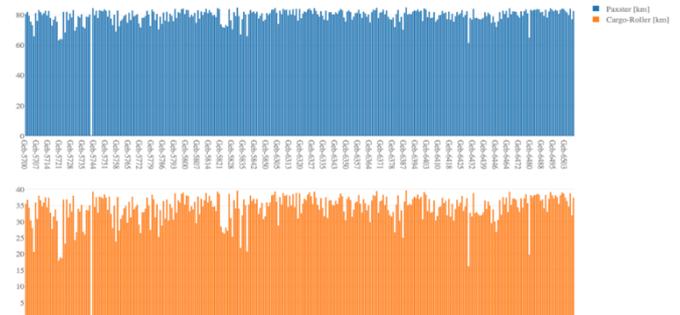


Abbildung 21: Gebietsbezogene Restreichweite des Zustellfahrzeugs am Ende des Fahrzeugeinsatzes.

von Truck- und Cargo-Sharing, zur Verfügung stehen.

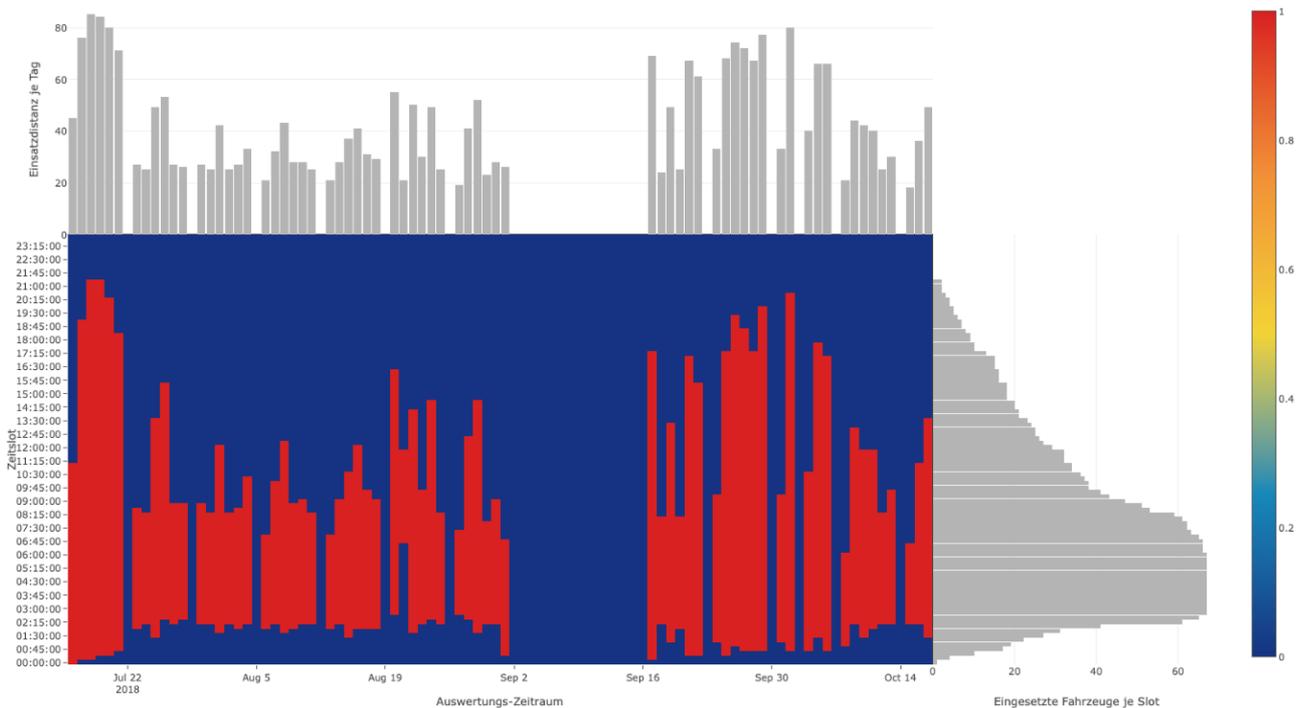


Abbildung 22: Analyse der Nutzungszeiten, exemplarisch für ein Fahrzeug.

2.10.5 Potentialanalyse verfügbarer zeitlicher Kapazitäten für Mehrfachnutzungsansätze

Zur Erprobung und Simulation von Mehrfachnutzungsansätzen wurden Untersuchungen zur bestehenden zeitlichen Verteilung der Fahrzeug-Einsatzzeiten durchgeführt. Ziel war es, die für den Multi-Use-Einsatz erforderlichen verfügbaren zeitlichen Einsatz-Kapazitäten zu ermitteln und der strategischen Planung für die Implementierung von Mehrfachnutzungsansätzen zu zuführen.

Für die Ermittlung des bestehenden zeitlichen Fahrzeugeinsatzes wurden eine tageweise Aufteilung des Auswertungszeitraumes zwischen einem Start- und End-Datum sowie eine Aufteilung des jeweiligen Auswertungstages in Intervalle mit konstanter Intervalllänge erstellt. Darauf aufbauend wurden die zeitliche Einsatz-Aktivität eines Fahrzeuges und die gefahrene Distanz im jeweiligen Intervall ermittelt und der zugehörige Energieverbrauch linear bzgl. der maximalen Fahrzeugreichweite errechnet. Da die Betankungszeit von E-Fahrzeugen, insbesondere ohne Schnell-Ladung, zeitkritisch ist, wurde auf Basis der Fahrzeugrestreichweite eine zu erwartende Betankungszeit am Ende einer Einsatzperiode ermittelt, so dass das Fahrzeug innerhalb seines durch Mehrfachnutzungsansätze erweiterten Einsatzbereichs weiterhin das bisher bestehende Einsatzportfolio bearbeiten kann.

Datengrundlage für die getrennt nach Praxispartnern durchgeführten Untersuchungen waren zum einen GPS-Tracks der von DAKO entwickelten SDL-Plattform mit insgesamt 115 Fahrzeugen. Des Weiteren wurden 216 Fahrzeuge mit homogener zeitlicher Verteilung der Einsatzdistanz einbezogen, für die seitens der

Partner separate Einsatzdaten erfasst und die in ein dem GPS-Track-Datenformat der DAKO äquivalentes Schema umgerechnet wurden.

In Abbildung 22 ist die Auswertung exemplarisch für ein Fahrzeug dargestellt. Auf der x-Achse ist der tageweise Auswertungszeitraum und auf der y-Achse die jeweiligen Auswertungsintervalle abgebildet. In den rot-markierten Intervallen ist das Fahrzeug aktiv oder wird betankt bzw. geladen, während es in den blau-markierten Intervallen nicht aktiv ist. Hierbei wurde angenommen, dass das Fahrzeug am Anfang einer inaktiven Periode soweit wie möglich geladen wird. Um zu verhindern, dass ein Fahrzeug in jedem freien Intervall geladen wird, wurden zusätzliche Annahmen getroffen: Verbrenner-Fahrzeuge werden erst betankt, wenn die Restreichweite kleiner als p ist, hier $p = 20\%$. Elektrofahrzeuge werden nur geladen, wenn eine zusammenhängendes Ladezeit-Intervall der Länge i in einer inaktiven Periode vorhanden ist, hier: $i = 3$ h. Zudem ist oberhalb der Grafik die gefahrene Distanz des Fahrzeuges tageweise abgebildet sowie rechts die Verteilung der zeitlichen Auslastung je Intervall.

Da bei Elektrofahrzeugen mit längeren Intervall-Perioden mit dem Aufladen der Fahrzeug-Batterie zu rechnen ist, musste auf Basis der aktuell existierenden Einsatzdistanzen eine zu erwartende Zeit zur Betankung oder Beladung ermittelt werden, damit das Fahrzeug am Ende seines zukünftigen zusätzlichen Einsatzes weiterhin das bisher bestehende Einsatzportfolio bearbeiten kann. Hierzu wird die Gesamtanzahl an Aktivitätsintervall je Fahrzeug N_A , die Gesamtanzahl an Betankungsintervallen je Fahrzeug N_B , sowie das Betankungsverhältnis r_B errechnet, mit

$$r_B := \frac{N_A}{N_B}$$

Die freien Nutzungsintervalle für Mehrfachnutzungsansätze ergeben sich dann als Differenz von allen bisher ungenutzten Intervalle im Auswertungszeitraum, d.h. Fahrzeug ist nicht aktiv und wird nicht betankt oder geladen, minus den zukünftig zu erwartenden Intervallen zum betanken oder laden des Fahrzeugs.

$$S_B := \frac{S_V}{(r_B + 1)}$$

In Abbildung 23 ist die Auswertung exemplarisch für dasselbe Fahrzeug, wie in Abbildung 22 zu sehen, dargestellt. Auf der x-Achse ist der tageweise Auswertungszeitraum und auf der y-Achse die jeweiligen Auswertungs-Intervalle abgebildet. In den rot-markierten Inter-

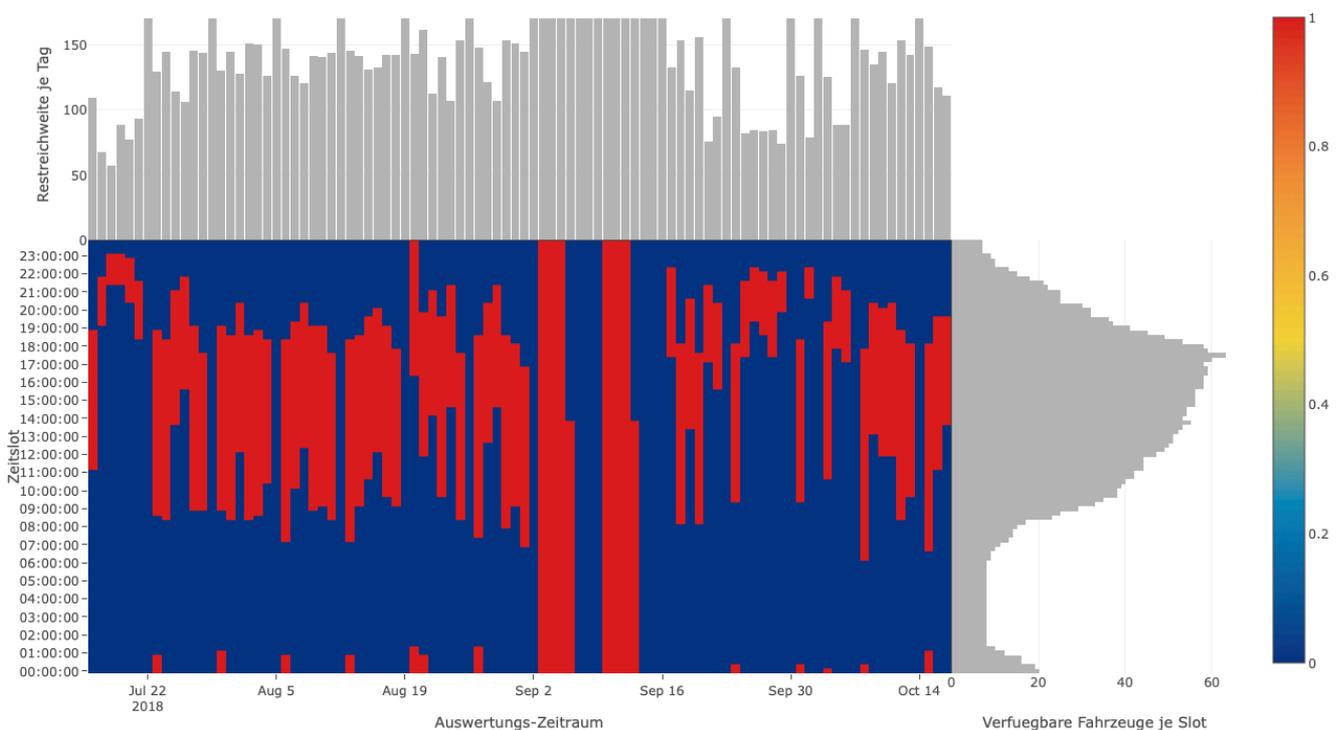


Abbildung 23: Zeitliches Multi-Use-Potential, exemplarisch für ein Fahrzeug.

Eine Aufteilung der verfügbaren Intervalle S_V im ungenutzten Zeitraum zwischen zwei Fahrzeug-Nutzungszeiträumen erfolgt gemäß des Betankungsverhältnis in freie Nutzungsintervalle S_F und zu erwartender Betankungsintervalle S_B am Ende der Nutzung, d.h. $S_V = S_F + S_B$, mit

vallen ist das Fahrzeug für Mehrfachnutzungsansätze verfügbar, während es in den blau-markierten Intervallen bereits aktiv ist oder betankt bzw. geladen wird.

Zudem ist oberhalb der Grafik die verfügbare Restdistanz des Fahrzeugs tageweise

abgebildet sowie rechts die Verteilung der zeitlichen Auslastung je freien Intervalls.

Zusätzlich zur Einzelbetrachtung der genutzten zeitlichen Fahrzeugkapazitäten wurde auch kumulierte Betrachtung der gesamten Fahrzeugflotte durchgeführt (s. Abbildung 24).

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass der weitaus größte Teil der Fahrzeuge im Bereich zwischen 15 Uhr und 2 Uhr verfügbar sind. Hieraus ergeben sich zusätzliche Potentiale zur Nutzung der Fahrzeuge (bspw. Abendzustellung).

2.10.6 Erprobungskonzept zur Felderprobung und allgemeingültige Erweiterungsmodulare

Die Entwicklung von Modulen zur Erweiterung der Multi-Use-Konzepte erfolgte in enger Abstimmung mit den Logistikpartnern. Dabei wurden die bisherigen Multi-Use-Ansätze und die in der jeweiligen Umsetzung gewonnenen Erfahrungen in die Entwicklung einbezogen. Folgende allgemeingültige Module konnten abgeleitet werden, wobei jeweils die im Projekt umgesetzte Erprobung im Feldtest genannt wird (s. Tabelle 15 bis Tabelle 18).

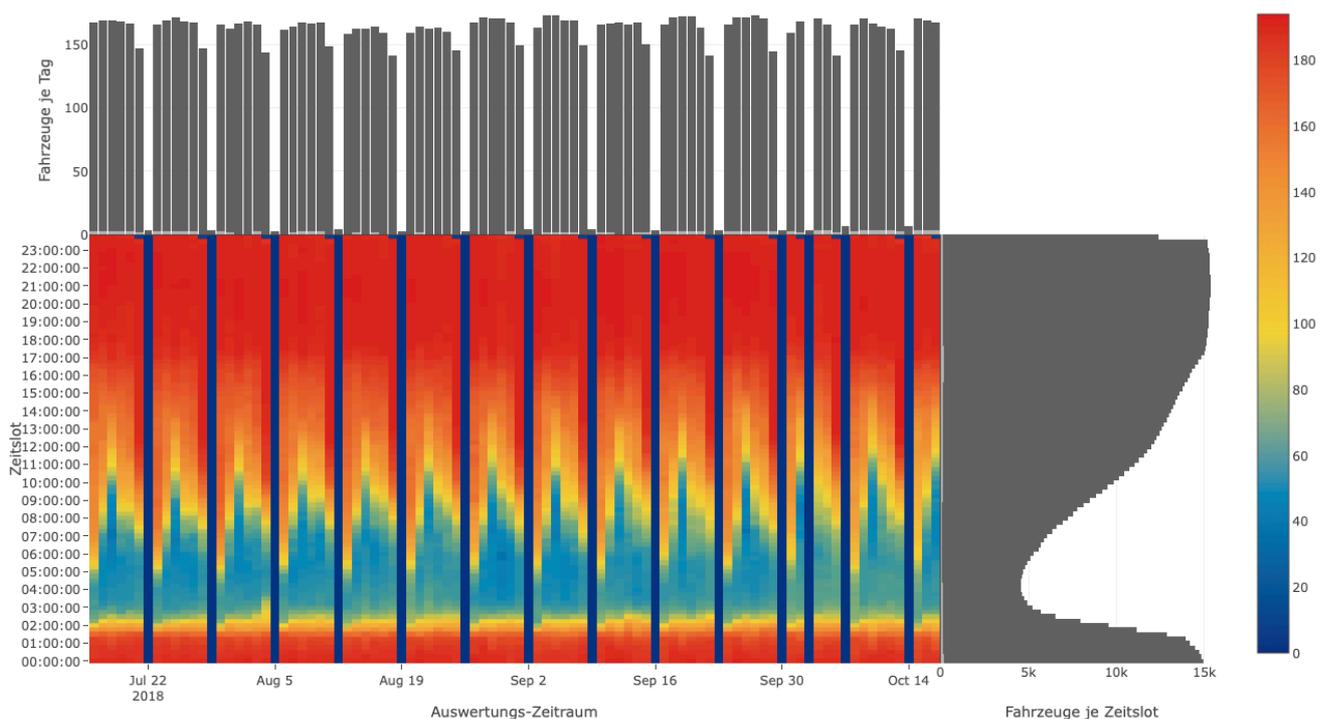


Abbildung 24: Analyse der Multi-Use-Potentiale, kumulierte Betrachtung der gesamten Fahrzeugflotte

Paketdienste (nachgelagertes Cargo-Sharing)	
Beschreibung	Zustellung von Paketen außerhalb der üblichen täglichen Touren (bspw. am Abend). Das Logistikunternehmen fungiert dabei im Auftrag eines Versenders (Handelsunternehmens, bspw. eines Onlinehändlers) als Transport-Unternehmen. Die Zustellung erfolgt direkt an den Endkunden des Handelsunternehmens.
Mögliche Kunden	<ul style="list-style-type: none"> • Online-Handel • Einzelhandel
Ausprägungen	<ul style="list-style-type: none"> • separate Touren außerhalb der täglichen Touren zur Zustellung von Paketen (gesonderte Paket-zustellung) • Kombinationstouren mit anderen Zustellungen (Cargo-Sharing, bspw. Postabholung + Paket-zustellung)
Prozess	<ul style="list-style-type: none"> • Tourenplanung • Abholung • Kommissionierung • Zustellung • Ggf. zweiter Zustellversuch
Mögliche Restriktionen	<p>Vorgaben des Kunden (Handelsunternehmen):</p> <ul style="list-style-type: none"> • ggf. kein gleichzeitiger Transport / keine gleichzeitige Auslieferung von Paketen und weiteren Transportgütern zugelassen • vorgesehene Zustellzeiten (Zeitfenster) • Retouren ja/nein • zweiter Zustellversuch • vorgegebene Tourenplanung <p>Sonstige Restriktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> • komplementäre Leistungsfelder • begrenztes Transport- und Lagervolumen
Anwendung im Projekt	Abendzustellung von Paketen durch SZ und Zalando-Belieferung durch LLG.

Tabelle 15: Modul Paketdienste

Lebensmittelbestellungen (nachgelagertes Cargo-Sharing)	
Beschreibung	Zustellung von Lebensmittelbestellungen außerhalb der üblichen täglichen Touren (bspw. während der Mittagszeit). Das Logistikunternehmen fungiert dabei im Auftrag regionaler Einzelhandelsunternehmen, Apotheken als Zustellunternehmen.
Mögliche Kunden	<ul style="list-style-type: none"> • regionale Einzelhandelsunternehmen verschiedener Warenbereiche, v.a. Lebensmitteleinzelhandel • Apotheken
Ausprägung	<ul style="list-style-type: none"> • separate Touren außerhalb der täglichen Touren zur Zustellung von Bestellungen (gesonderte Zustellung)
Prozess	<ul style="list-style-type: none"> • Tourenplanung • Abholung • Kommissionierung • ggf. Zwischenlagerung und Kühlung • Zustellung
Mögliche (monetäre) Einflussfaktoren	<p>Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • veränderte Auslastung des Personals (Personalkosten) • zusätzlicher Planungsaufwand (Personalkosten) • veränderte Auslastung der Fahrzeuge (variable und fixe Kosten) • veränderte Anforderungen an Fahrzeuge (Fixkosten) • spezielle Anforderungen an Fahrzeuge (Transportvolumen) • zusätzliche Räumlichkeiten (Kommissionierung, Lager) • spezielle Transportboxen <p>Nutzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einnahmen für Zustellung (pro Tour / pro Zustellung)
Mögliche Restriktionen	<p>Vorgaben des Kunden:</p> <ul style="list-style-type: none"> • vorgesehene Zustellzeiten (Zeitfenster) • vorgegebene Tourenplanung <p>Sonstige Restriktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> • komplementäre Leistungsfelder • begrenztes Transport- und Lagervolumen
Anwendung im Projekt	Gesammelte Zustellung von fertig kommissionierten Lebensmittelbestellungen an Mitarbeitende großer Unternehmensstandorte während der Pausenzeiten (LLG) sowie Food-Logistik Konzept der eLOG als Belieferung von Apotheken mit Lebensmitteln

Tabelle 16: Modul Lebensmittelbestellungen

Ad Hoc Belieferung zubereiteter Gerichte („Fast Food“) (nachgelagertes Cargo-Sharing)	
Beschreibung	Zustellung von zubereiteten Gerichten außerhalb der üblichen täglichen Touren (bspw. am Abend). Das Logistikunternehmen fungiert dabei im Auftrag lokaler Restaurants als Zustellunternehmen. Touren werden vorab nicht geplant.
Mögliche Kunden	<ul style="list-style-type: none"> lokale Restaurants ohne eigene Lieferdienste
Ausprägung	<ul style="list-style-type: none"> separate Touren außerhalb der täglichen Touren zur Zustellung von Bestellungen (gesonderte Zustellung)
Prozess	<ul style="list-style-type: none"> Abholung Zustellung
Mögliche (monetäre) Einflussfaktoren	<p>Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> veränderte Auslastung des Personals (Personalkosten) veränderte Auslastung der Fahrzeuge (variable und fixe Kosten) veränderte Anforderungen an Fahrzeuge (Fixkosten) <p>Nutzen</p> <ul style="list-style-type: none"> Einnahmen für Zustellung (pro Tour / pro Zustellung)
Mögliche Restriktionen	<p>Vorgaben des Kunden:</p> <ul style="list-style-type: none"> sofortige Zustellung <p>Sonstige Restriktionen</p> <ul style="list-style-type: none"> kein gleichzeitiger Transport komplementäre Leistungsfelder
Anwendung im Projekt	Abendbelieferung durch die SZ (Ad-hoc-Belieferung / Sushi)

Tabelle 17: Modul: Ad Hoc Belieferung zubereiteter Gerichte („Fast Food“)

Hybridzustellung (internes Cargo-Sharing)	
Beschreibung	Kombination von Zeitungs- und ggf. Resthaushaltsproduktzustellung mit Postzustellung. Es werden ausschließlich die Touren eines Logistikpartners kombiniert („intern“). Das Anwendungsgebiet liegt insbesondere im ländlichen Raum.
Mögliche Kunden	<ul style="list-style-type: none"> • Endkunden des Medienlogistikunternehmens
Ausprägung	<ul style="list-style-type: none"> • Einsparung von Touren durch Zusammenführung einzelner Touren unterschiedlicher Produkte (bspw. Kombination von Zeitungs- und Postzustellung)
Prozess	<ul style="list-style-type: none"> • Tourenplanung und Zusammenführung • Kommissionierung • Zustellung
Mögliche (monetäre) Einflussfaktoren	<p>Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • veränderte Auslastung des Personals (Personalkosten) • zusätzlicher Planungsaufwand (Personalkosten) • veränderte Auslastung der Fahrzeuge (variable Kosten) • veränderte Anforderungen an Fahrzeuge (Festkosten) • spezielle Anforderungen an Fahrzeuge (Transportvolumen) <p>Nutzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Einsparung von Touren, Ermöglichung von sozialversicherungspflichtigen Stellen
Mögliche Restriktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Vorgesehene Zustellzeiten (Zeitfenster, insbesondere geplantes Zustellende der Zeitung „Zustellversprechen“) • Begrenztes Transport- und Lagervolumen
Anwendung im Projekt	Multi-Use-Konzept der Hybridzustellung der SZ beispielsweise in Kamenz

Tabelle 18: Modul Hybridzustellung

2.10.7 Erprobung und Simulation von Mehrfachnutzungsansätzen auf Basis der Ergebnisse der Voruntersuchung, und zuvor erarbeiteter Erprobungsszenarien

Das im vorangegangenen Arbeitsschritt entwickelte Multi-Use-Konzept „Paketdienste (nachgelagertes Cargo-Sharing)“ befindet sich bereits bei der SZ und der LLG in der testweisen Umsetzung. Ziel ist es durch Mehrfachnutzungsansätze die vorhandenen personellen Kapazitäten und die vorhandenen Fahrzeuge besser auszulasten und so insgesamt die Wirtschaftlichkeit zu steigern. Mehrfachnutzungsansätze verursachen jedoch aufgrund verschiedener spezifischer Anforderungen und individueller Restriktionen zusätzliche Kosten, die im Praxisbetrieb ebenfalls über die zusätzlichen Einnahmen kompensiert werden müssen.

Zur monetären Bewertung der realen Multi-Use-Einsätze und zur Feststellung möglicher Rückkopplungseffekte beim Faktoreinsatz wird der Feldtest der Mehrfachnutzungseinsätze durch die FH Erfurt begleitet. Hierfür wurde unter Mitwirkung der Logistikpartner durch die FH Erfurt ein Auswertungskonzept erstellt, das die Generierung valider und reproduzierbarer Datensätze gewährleisten soll. Das Auswertungskonzept wurde abgestimmt und den Partnern zur Verfügung gestellt und benennt die für die genannte Zielsetzung erforderlichen Daten. Im Folgenden ist das Auswertungskonzept dargestellt (s. Tabelle 19).

Auswertungskonzept: Erprobung und Auswertung des Mehrfachnutzungsansatzes „Nachgelagertes Cargo-Sharing“

Ziel

Monetäre Bewertung von realen Multi-Use-Ansätzen sowie Ermittlung von Rückkopplungseffekten beim Faktoreinsatz.

Anwendungsaufgaben auf Basis der Feldtestdaten

- Anwendung des Bewertungsmodells auf das ausgewählte Anwendungsbeispiel, (nachgelagertes Cargo-Sharing) über einen bedarfsabhängigen Zeitraum
- Vergleich und Extrapolation der Faktor-Kennzahlen bzgl. der Nutzung mit und ohne Abendzustellung / Zalando-Belieferung
- Ggf. Bewertung des dispositiven Mehraufwandes

Umsetzungsschritte bei den Logistikpartnern

1. Erfassung des regulären Fahrzeugeinsatzes ohne nachgelagertes Cargo-Sharing der für die Mehrfachnutzung geplanten Fahrzeuge (Tourdaten aus SDL-Plattform)
2. Erfassung des Fahrzeugeinsatzes während des Feldtests des nachgelagerten Cargo-Sharings (Tourdaten aus SDL-Plattform)
3. Erfassung des geplanten Fahrzeugeinsatzes (Tourdaten der geplanten Touren) und ggf. Vergütung
4. Durchführung des Feldtests und Generierung von Daten mit und ohne Abendzustellung / Zalando-Belieferung

Benötigte Daten (Eingangsgrößen Bewertungsmodell)

- Tour-Daten der Fahrzeuge inkl. zugehöriger Sendungsdaten (anonymisiert)
- Tour-Daten der Fahrzeuge, deren Einsatz im Multi-Use gewünscht ist (ggf. Prognose der möglichen Kosten)
- Fahrzeugkosten und vollständige Fahrzeug-Profil-Datensätze (Bewertung von Rückkopplungseffekten)
- Personalkosten und zusätzliche Gemeinkosten durch höheren Dispositionsaufwand
- Tourbezogene Arbeitszeiten (Zustellung mit Vor- und Nachlaufzeiten, sowie mit Beladezeiten)

Tabelle 19: Auswertungskonzept Mehrfachnutzungsansatz

2.10.8 Bewertungssysteme zur Quantifizierung des Multi-Use-Vorteils

Innerhalb dieses Aufgabenbereiches wurde das entwickelte Bewertungssystem zur kostenseitigen Analyse von Mehrfachnutzungskonzepten erweitert (s. Abbildung 25). Hierzu wurden zunächst alle Faktoren-Merkmale identifiziert, die innerhalb der betrieblichen Prozessplanung durch Anwendung von Mehrfachnutzungsansätzen signifikant veränderter werden.

Dies umfasste insbesondere Merkmale, wie Einsatzzeiten, Jahresfahrleistungen, Nutzungsdauer sowie zusätzlichen Verwaltungs-, Personalaufwand und Wagniszuschläge. Im zweiten Schritt wurde der Einfluss der durch Mehrfachnutzung veränderten Merkmale auf die Kennzahlen des Bewertungssystems untersucht. Während der Einfluss der Einsatzzeiten, Jahresfahrleistung und Personalaufwand auf Basis der abschätzbar planbaren und Mehrfachnutzungskonzepte ermittelt werden kann, sind für

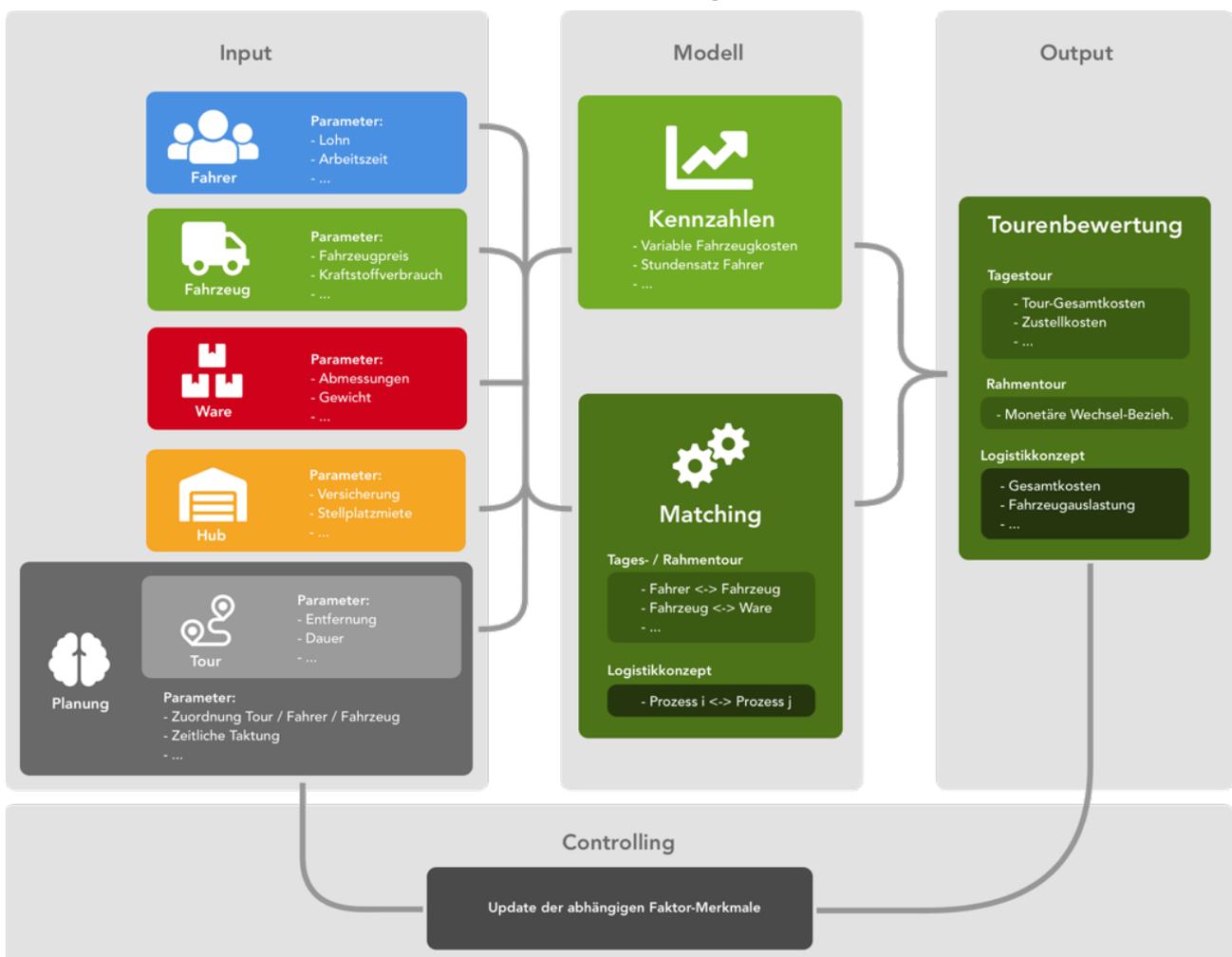


Abbildung 25: Für den Multi-Use-Einsatz erweitertes Bewertungsmodell

die möglicherweise entstehenden Mehrkosten bzgl. Gemeinkosten, wie Verwaltung und Wagniszuschläge, Untersuchungen über längere Zeiträume notwendig. Wie bereits in Kap. 2.3) gezeigt wurde, werden die bisherigen Ergebnisse dadurch in Ihrer Aussage nicht grundlegend verändert.

Kostenbewertung

Die zur Kostenrechnung verfügbaren Merkmale der eingesetzten Fahrzeuge finden sich in Tabelle 20. Hierbei beziehen sich die Energie- bzw. Kraftstoffkosten auf den durchschnittlichen Energie- bzw. Kraftstoffpreis für 2019 inkl. Steuern.

Bezeichnung	Fahrzeug 1	Fahrzeug 2	Fahrzeug 3	Fahrzeug 4	Fahrzeug 5	Fahrzeug 6	Fahrzeug 7	Fahrzeug 8
Leasingrate (EUR/Monat)	277,30	309,80	179,64	170,46	162,00	189,57	190,37	270,08
Leasingsonderzahlung (EUR)	2000,01	2000,01	2000,01	2000,01	2000,01	1666,68	2000,01	2000,01
Reifenkosten (EUR / Stück)	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00	50,00
KFZ-Versicherung (EUR/Jahr)	2456,46	1270,23	2218,80	2353,10	3249,57	1890,74	2345,35	2540,46
KFZ-Steuer (EUR/Jahr)	71,00	71,00	45,99	20,00	64,00	32,00	32,00	124,00
Reparatur/Wartung (EUR/Monat)	90,57	55,78	58,67	48,14	239,38	189,73	103,23	247,46
Leasingdauer (Jahre)	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,50	3,00	3,00
Reifenlaufleistung (km)	30000,00	30000,00	30000,00	30000,00	30000,00	30000,00	30000,00	30000,00
Jahresfahrleistung (km)	51010,00	43186,00	32116,00	30063,00	39972,00	30799,00	18469,00	28374,00
Energieverbrauch (l bzw. kWh /100km)	5,99	7,26	6,16	7,18	5,57	7,27	5,46	6,84
Kraftstoffkosten (EUR/l)	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41

Tabelle 20: Kostenmerkmale der eingesetzten Fahrzeuge

	Gesamtkosten pro km ohne Cargo-Sharing	Gesamtkosten pro km mit Cargo-Sharing	Differenz (absolut)	Differenz (prozentual)
Fahrzeug 1	0,234	0,217	-0,016	-6,906
Fahrzeug 2	0,250	0,232	-0,019	-7,409
Fahrzeug 3	0,267	0,238	-0,029	-10,902
Fahrzeug 4	0,290	0,257	-0,032	-11,101
Fahrzeug 5	0,299	0,269	-0,029	-9,878
Fahrzeug 6	0,331	0,293	-0,038	-11,544
Fahrzeug 7	0,433	0,343	-0,089	-20,627
Fahrzeug 8	0,433	0,372	-0,060	-13,920

Tabelle 21: Vergleich der Gesamtkosten pro km

Eine wichtige Kennzahl zum Kostenvergleich zwischen Fahrzeugen, sowie zur einfachen Gegenüberstellung von Erlösen pro Paket und

den Kosten der zusätzlich zu fahrendem Kilometer, sind die Gesamtkosten pro Kilometer

$$c_{km} = \frac{c_{fix}(t_L, s_L, r_L, r_V, r_S, r_W)}{d_{Jahr}} + c_{var}(d_R, p_R, n_R, p_K, e_K),$$

wobei c_{fix} der Fixkostensatz pro Jahr ist und t_L die Leasingdauer des Fahrzeugs, s_L die Leasingsonderzahlung, r_L die Leasingrate, r_V die Versicherungsrate, r_S die monatlichen Steuern und r_W die monatlichen Reparaturkosten sind.

c_{var} ist der variable Kostensatz pro Kilometer mit der Reifenlaufleistung d_R , den

Reifenstückkosten p_R , der Reifenanzahl n_R , den durchschnittlichen Energie- bzw. Kraftstoffkosten p_K und dem durchschnittlichen Energie- bzw. Kraftstoffverbrauch e_K . Der zu erwartende Jahreskilometer-Mehraufwand der Fahrzeuge durch Cargo-Sharing wird mit 6186,88 km prognostiziert. Die daraus resultierenden Gesamtkosten pro Kilometer mit und ohne Cargo-Sharing finden sich in Tabelle 21.

Während der variable Kostensatz c_{var} durch den zusätzlichen Kilometer-Mehraufwand, bis auf zusätzlich anfallende Reifenkosten, nahezu unbeeinträchtigt bleibt, wird der jährliche Fixkostensatz c_{fix} auf eine größere Jahresfahrleistung verteilt. Hierdurch sinken die Gesamtkosten pro Kilometer je nach Fahrzeug um 0,016 EUR bis 0,089 EUR bzw. um 6,91 % bis 20,63 %. Dies hängt stark von der bisherigen Jahresfahrleistung des Fahrzeugs ohne Cargo-Sharing ab (s. Tabelle 22). Diese Erkenntnisse

werden durch die Untersuchungen beim Projektpartner SZ zu den Kostensenkungspotentialen verschiedener Multi-Use-Szenarien bestätigt.

Prognosefehler

Die Kalkulation der Gesamtkosten beruht auf der Annahme, dass sich die Kostenmerkmale in Tabelle 1 durch den Kilometer-Mehraufwand nicht ändern. Es ist jedoch zu erwarten, dass insbesondere bestehende Leasing- und Versicherungsverträge durch die zusätzliche Fahrzeugnutzung angepasst werden müssen.

	Gesamtkosten pro km ohne Cargo-Sharing	Gesamtkosten pro km mit Cargo-Sharing	Differenz (absolut)	Größtfehler Δ
Fzg 1	0,234	0,217	-0,016	±0,032
Fzg 2	0,250	0,232	-0,019	±0,038
Fzg 3	0,267	0,238	-0,029	±0,048
Fzg 4	0,290	0,257	-0,032	±0,054
Fzg 5	0,299	0,269	-0,029	±0,048
Fzg 6	0,331	0,293	-0,038	±0,061
Fzg 7	0,433	0,343	-0,089	±0,117
Fzg 8	0,433	0,372	-0,060	±0,086

Tabelle 22: Vergleich Größtfehler und Differenz der Gesamtkosten

Zudem ist mit höheren Reparaturkosten sowie zusätzlichem Dispositionsaufwand zu rechnen. Je nach Einsatzgebiet kann auch der durchschnittliche Energieverbrauch des Fahrzeugs signifikant beeinflusst werden. Ziel ist es daher auf Basis von Fehlerschätzwerten $\Delta_{x_1}, \dots, \Delta_{x_n}$ für die Prognose- bzw. Messunsicherheiten der Kostenmerkmale x_1, \dots, x_n eine Fehlerabschätzung für die Gesamtkosten pro Kilometer zu ermitteln. Hierzu wird der sogenannte Größtfehler $\Delta_{c_{km}}$ gemäß des Fehlerfortpflanzungsgesetzes genutzt

$$\Delta_{c_{km}} = \pm \left(\left| \frac{\partial c_{km}}{\partial x_1} \right| \times \Delta_{x_1} + \dots + \left| \frac{\partial c_{km}}{\partial x_n} \right| \times \Delta_{x_n} \right)$$

Für die Schätzwerte Δ_{x_i} der Kostenmerkmale werden hierbei folgende Annahmen getroffen: Die Beiträge für Leasing, Versicherung und Reparatur steigen proportional zum Kilometer-Mehraufwand. Dies ist vermutlich zu konservativ geschätzt, da solche Verträge sich ab einer bestimmten Jahresfahrleistung nur sehr ungenau linear approximieren lassen. Für den durchschnittlichen Energieverbrauch wurde eine Unsicherheit von 15 % angesetzt. Aufgrund des relativ kurzen Betrachtungszeitraumes wird für den Kilometer-Mehraufwand des Cargo-Sharings eine Unsicherheit von 25 % angenommen. Die Ergebnisse für den so ermittelten Größtfehler finden sich in der Tabelle 22.

Es zeigt sich, dass der Größtfehler von der Kostendifferenz der Gesamtkosten pro Kilometer mit und ohne Cargo-Sharing stark abweicht. Dies lässt vermuten, dass die gewählten Fehlerschätzwerte zu konservativ gewählt wurden. Um zu überprüfen, welche Schätzwerte den größten Einfluss auf den Größtfehler haben, können die einzelnen Summanden $\left| \frac{\partial c_{km}}{\partial x_i} \times \Delta x_i \right|$ des Größtfehlers herangezogen werden (s. Tabelle 23).

Bei fast allen Fahrzeugen hat der Fehlerschätzwert für den Energieverbrauch den größten Einfluss auf den Größtfehler. Zudem haben Leasingrate und Kfz-Versicherungsbeiträge sowie Reparaturkosten wesentliche Einflüsse. Während letztere nur schwer zu prognostizieren sind, sollten für Energieverbrauch, Leasingrate und Kfz-Versicherungsbeiträge deutlich bessere Schätzwerte unternehmensseitig zu ermitteln sein, um so eine genauere Prognose der Gesamtkosten erstellen zu können.

Bezeichnung	Größtfehler	Leasingrate	Leasingsonderzahlung	KFZ-Versicherung	Reparatur / Wartung	Jahresfahrleistung	Energieverbrauch
Fahrzeug 1	0,032	0,007	0,001	0,005	0,002	0,004	0,013
Fahrzeug 2	0,038	0,011	0,002	0,004	0,002	0,004	0,015
Fahrzeug 3	0,048	0,011	0,003	0,011	0,004	0,006	0,013
Fahrzeug 4	0,054	0,012	0,004	0,013	0,003	0,007	0,015
Fahrzeug 5	0,048	0,007	0,002	0,011	0,010	0,006	0,012
Fahrzeug 6	0,061	0,012	0,003	0,010	0,012	0,008	0,015
Fahrzeug 7	0,117	0,031	0,009	0,032	0,017	0,017	0,012
Fahrzeug 8	0,086	0,020	0,004	0,016	0,019	0,012	0,015

Tabelle 23: Einflüsse der Schätzwert-Summanden auf den Größtfehler

2.11 Zusammenfassung der Ergebnisse

Bedingt durch die zunehmende Erweiterung der Geschäftsfelder in der Medienlogistik sowie der Umstellung auf Vollzeitbeschäftigung wird die Nutzung von IT-basierten technischen Unterstützungssystemen integraler Bestandteil dieser Neugestaltung. Vor dem Hintergrund dieser Entwicklung und dem zusätzlichen Rückgang der Transportleistungen speziell im Bereich der Medienlogistik steht auch weiterhin die Wirtschaftlichkeit des Logistikkonzeptes im Vordergrund. Gleichzeitig bietet eine Neustrukturierung der Logistikkonzepte durch die Geschäftsfelderweiterung Potentiale zum künftigen Einsatz von Elektrofahrzeugen.

Die Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit insbesondere bei dem Einsatz elektromobiler Zustellfahrzeuge in der Medienlogistik wird mehr und mehr nur durch die Umsetzung innovativer Logistikkonzepte (bspw. mittels Mehrfachnutzungskonzepten) möglich.

Das im Gesamtprojekt SDL entwickelte IT-technische System sowie auch die auf die Anwendung bezogenen Modelle und Strategien wurden einem Feldtest unterzogen. Dabei standen aus Sicht der FH Erfurt vor allem die Auswirkungen von Mehrfachnutzungsansätzen auf den wirtschaftlichen Einsatz von (Elektro-)Fahrzeugen im Vordergrund. Als eines der wesentlichen Ergebnisse des Teilprojektes SDL-ELEMENTRA ist dabei das Bewertungsmodell zur Bestimmung des Gütemaßes der Faktoreinsätze zu nennen. Es ermöglicht die TCO-basierte Planung und Steuerung der gesamten Logistikkette und umfasst Analysen der TCO-relevanten Einflussgrößen bezogen auf die

Faktoren „Mensch“, „Ware“, „Fahrzeug“ und „Hub“.

Als weiteres zentrales Ergebnis des Teilprojektes seien die allgemeingültigen und übertragbaren Mehrfachnutzungsansätze genannt. Diese konnten im Projekt insbesondere vor dem Hintergrund distributionslogistischer und rechtlicher Rahmenbedingungen erprobt und mithilfe des Bewertungsmodells monetär validiert werden. Die entsprechenden Rahmenbedingungen vorausgesetzt, bieten die Mehrfachnutzungsansätze Potentiale für Unternehmen der Medienlogistik, um die Auslastung der vorhandenen Kapazitäten zu erhöhen und so einen monetären Vorteil zu generieren.

Die Ergebnisse des Teilprojektes bieten die Basis für künftige Forschungsaktivitäten. So werden sowohl die konzipierten Mehrfachnutzungsansätze als auch das entwickelte faktorspezifische Bewertungsmodell zentrale Bestandteile des Folgeprojektes SMART MULTI-USE LOGISTIK (SML) sein, indem ein kooperativer Multi-Use-Ansatz entwickelt wird, der durch unternehmensübergreifende Verteilung der Transportleistung den wirtschaftlichen Einsatz von (Elektro-)Zustellfahrzeugen gewährleisten soll. Insbesondere das faktorspezifische Bewertungsmodell soll künftig noch in weiteren Forschungsprojekten eine Anwendung finden.

3 WICHTIGE POSITIONEN DES ZAHLENMÄßIGEN NACHWEISES

Die nachfolgende Aufstellung zeigt die Gesamtkostenkalkulation für den Zeitraum vom 01. Mai 2017 bis zum 30. April 2020 (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) gemäß des aktualisierten Zuwendungsbescheides vom 01.07.2019.

Die Mittel wurden im Sinne des genehmigten Finanzierungsplanes vom 01.07.2019 weitgehend ausgeschöpft. Die Personalkosten umfassen dabei den weitaus größten Teil an den Gesamtkosten. Des Weiteren wurden Mittel für Beschäftigungsentgelte, Verwaltungsausgaben, Dienstreisen sowie in kleinen Anteilen für Investitionen verausgabt.

	Kostenstelle	Fördermittel
0812	Beschäftigte E12-E15	251.491,28
0817	Beschäftigte E1-E11	192.905,51
0822	Beschäftigungsentgelte	10.443,61
0835	Vergabe von Aufträgen	60.867,84
0843	Sonst. allg. Verwaltungsaufgaben	1.495,81
0846	Dienstreisen	6.650,65
0850	Gegenstände und Investitionen über 410 EUR	1.222,56
	Summe	525.077,26

Tabelle 24: Kostenaufstellung aus dem Verwendungsnachweis

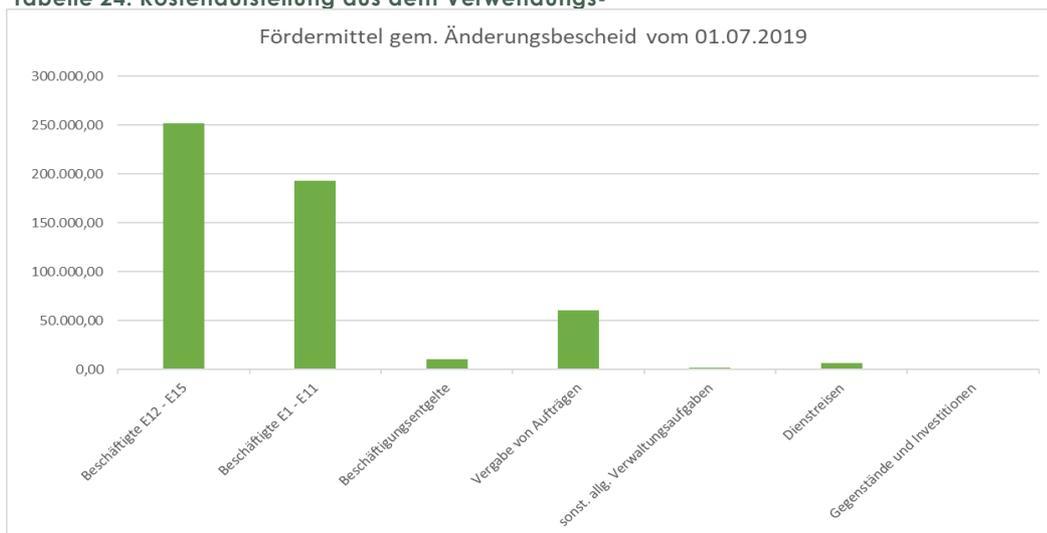


Abbildung 26: Kostenaufstellung aus dem Verwendungsnachweis

4 NOTWENDIGKEIT UND ANGE- MESSENHEIT DER GELEISTETEN ARBEIT

Der wirtschaftliche Einsatz von Elektrofahrzeugen ist aufgrund ihrer vergleichsweise höheren Anschaffungskosten auch im Jahr 2020 eine Herausforderung. Jedoch intensivieren derzeitige Entwicklungen wie Einfahrtsbeschränkungen, fortwährend hohe Umweltbelastungen oder mögliche die Einführung einer CO₂-Steuer die Diskussionen über den Einsatz von Elektrofahrzeugen.

Die Logistik, und speziell die Distributionslogistik, mit großen Fahrzeugflotten sowie regelmäßig wiederkehrenden Tourstrukturen bietet hier vor allem auch aufgrund der guten Planbarkeit über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus erhebliche Potentiale für eine großflächige Adaption der elektromobilen Fahrzeugtechnik. Die Entscheidung zur Nutzung von Elektrofahrzeugen im logistischen Bereich begründet sich diesbezüglich in erster Linie in einer wirtschaftlichen Einsatzentscheidung. Dies bedeutet, dass der wesentliche Hinderungsgrund zur Technologieadaption entfällt, sobald der Nachweis eines ökonomischen Betriebes vorliegt.

Die Entwicklung und Implementierung einer echtzeitfähigen IKT-Systemlösung, welche servicebasiert die e-mobility-spezifische Erweiterung bestehender IT-Logistiksysteme über die gesamte Frachtverteilungskette für den innerstädtischen Lieferverkehr ermöglicht, war eine wissenschaftlich und technisch komplexe Aufgabe, die viele Kompetenzen und erhebliche personelle und finanzielle Ressourcen sowie ein völlig neues Zusammenspiel ganz

unterschiedlicher Akteure erfordert. Neben dem Neuheitscharakter sorgte insbesondere die notwendige ganzheitliche Betrachtung der durch Elektromobilität erweiterten Logistikprozesse für Komplexität.

Gleichzeitig konnte für die Projektbearbeitung auf umfangreiche Vorarbeiten aufgebaut werden, da alle Partner in ihren Kompetenzfeldern über beachtliches Vorwissen und Erfahrung verfügen und sich gleichzeitig mit beträchtlichen Eigenanteilen in das Projekt eingebracht haben. Damit konnten die Projektpartner einen wesentlichen Beitrag leisten, die Elektromobilität in innerstädtischen Lieferverkehren zu etablieren und insgesamt den Einsatz von Elektrofahrzeugen in Deutschland nachhaltig zu fördern.

Elektromobilität ist derzeit betriebswirtschaftlich zumeist nicht tragfähig. Ein solcher Umstellungsprozess muss insgesamt von staatlicher Seite begleitet und gefördert werden, da er die finanziellen Ressourcen eines einzelnen Marktteilnehmers übersteigt. Es zeigte sich, dass die während der Antragstellung geplanten und im Förderbescheid ausgewiesenen Mittel zur Realisierung der festgelegten Aufgaben für die Umsetzung des Gesamt- und Teilvorhabens notwendig waren.

Mit den geleisteten Arbeiten wurden die Zielstellungen der im Antrag dargestellten Projektaufgaben realisiert und erreicht.

5 VORAUSSICHTLICHER NUTZEN UND VERWERTBARKEIT DER ERGEBNISSE

Lfd. Nr.	Verwertungsaktivität	Zeithorizont
1	<p>Integration der Projekterfahrung und -ergebnisse in die Lehre, insbesondere in folgenden Lehrveranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - „Grundlagen Verkehrs- und Transporttechnologie“, B.Eng. Wirtschaftsingenieur Verkehr, Transport, Logistik, 1. Sem. - „Einführung in die Verkehrspolitik“ (B.Eng., 3. Semester) - „Intelligente Verkehrssysteme und Umwelt“ (M.Sc./M.Eng., 3. Semester) - „Kraftfahrzeug und Umwelt“ (M.Sc./M.Eng., 3. Semester) - „Intelligente Fahrzeuge“ (M.Sc. Intelligente Verkehrssysteme und Mobilitätsmanagement, M.Eng. Materialfluss und Logistik, 2. Sem) - „Kfz und Umwelt“, (M.Sc. Intelligente Verkehrssysteme und Mobilitätsmanagement, M.Eng. Materialfluss und Logistik, 2. Sem.) - „Verkehrsträger“ (B.Eng., 4. Semester) 	2017 - fortlaufend
2	<p>Verzahnung aktiver Forschung und Lehre sowie Kompetenzausbau:</p> <p>Nicht anders einzuschätzen, als im Forschungsantrag beschrieben.</p>	2017 -2020

3	<p>Wissenstransfer:</p> <p>Messestand oder Konferenzbeitrag auf folgenden Veranstaltungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CEBIT 2018 (Hannover) ▪ 5. SMART CITY LOGISTIK Kongress (Ettersburg) ▪ IAA Nutzfahrzeugmesse 2018 (Hannover) ▪ Operations Research 2018 (OR 2018) (Brüssel) ▪ InnoCon Thüringen 2018 (Erfurt) ▪ Hannover Messe (HMI) 2019 ▪ MicroMobility Expo 2019 (Hannover) ▪ Tage der digitalen Technologien (Berlin) ▪ 6. SMART CITY LOGISTIK Kongress (Rudolstadt) ▪ Ideenexpo 2019 (Hannover) ▪ Tag der offenen Tür im Thüringer Landtag und Umweltministerium 2019 (Erfurt) ▪ Lange Nacht der Wissenschaft 2019 (Erfurt) ▪ InnoCon Thüringen 2019 (Erfurt) 	2017 - 2019
4	<p>Mehrfachnutzungskonzepte:</p> <p>Feldtests der entwickelten Multi-Use-Ansätze bei den Logistikpartnern</p>	Seit Ende 2019
5	<p>Ergebnisse Teilvorhaben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die innerhalb der AP 4.1.2 und 4.2.2 entstandenen Anforderungen zur Ermittlung bzw. Messung verschiedener Fahrzeug-Parameter im Bereich Elektromobilität wurden innerhalb der Konzeption zur Modernisierung Prüfstandes an der Fachhochschule Erfurt im Projekt „MULTI-LAB F²IVE“ berücksichtigt. • Die aus dem Projekt abgeleiteten Anforderungen zur Erfassung von Ladevorgängen bildeten die Grundlage für die Konzeption und Realisierung der Messbox (AP 4.3.2). • Das innerhalb des Projektes konzipierte TCO-Bewertungsmodell soll in einem beantragten Förderprojekt (AMELIE II) zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit von Oberleitungs-LKW adaptiert und weiterentwickelt werden. • Das eingesetzte Verfahren zur Fahrzeugdatenerfassung (request-response) konnte weiterentwickelt werden und ermöglicht damit in künftigen Projekten eine schnellere Datenerfassung. 	2019 - 2020

6 WÄHREND DER VORHABENS-DURCHFÜHRUNG BEKANNT GEWORDENER FORTSCHRITT BEI ANDEREN STELLEN

Hinsichtlich der Entwicklung von Geschäftsmodellen und Multi-Use-Szenarien und spezifischer Bewertungsmodelle für eine TCO-basierte Tourenplanung und Steuerung ist speziell für das Anwendungsszenario der Medienlogistik kein Fortschritt bei anderen Stellen bekannt geworden.

Bezogen auf die Einführung von Elektromobilität in der Medienlogistik konnten Fortschritte von anderen Stellen verzeichnet werden. Insbesondere die Mediengruppen aus Halle (Saale) und Magdeburg sowie die Funke Mediengruppe setzen zunehmend Elektrofahrzeuge ein und unterziehen unterschiedliche Fabrikate ausgeprägten Einsatztests. Die Zielstellung im Vorhaben SMART DISTRIBUTION LOGISTIK lag konsortiumsübergreifend in der Bündelung dieser Kompetenzen und der Einbeziehung gewonnener Erkenntnisse in die durchgeführte Entwicklung. Aus diesem Grund wurden die benannten Partner – sowie weitere – in Form einer assoziierten Partnerschaft in das Projekt eingebunden.

7 ERFOLGTE UND GEPLANTE VERÖFFENTLICHUNG DER ERGEBNISSE

7.1 Veröffentlichungen

Bereits während der Durchführung des Vorhabens war das gesamte Konsortium bestrebt, die jeweils aktuellen Ergebnisse einem großen Interessentenkreis zugänglich zu machen. Hierzu zählen unterschiedliche Beteiligungen an nationalen und international wahrnehmbaren Messen, Kongressen und weiteren Veranstaltungen. Darüber hinaus war das Projekt während der Projektlaufzeit in vielen lokalen Medien wie auch in Fachmedien präsent, betreibt eigene Webseiten und weitere Kanäle wie eine Facebook-Seite oder einen eigenen Kanal auf YouTube. Die Fortsetzung dieser Aktivitäten ist auch nach Projektende vorgesehen.

Eine weitere wesentliche Plattform für die Veröffentlichung von Ergebnissen aus dem Vorhaben bietet das Veranstaltungsformat SMART CITY LOGISTIK Kongress. Das ursprünglich aus dem gleichnamigen Forschungsvorhaben entstandene Medium wurde im Zuge des Projektes fortgesetzt und dient dem Austausch zwischen Anwendern, der Forschung und der Entwicklung von Fahrzeugen im Bereich der elektromobilen Logistik. Ein wesentlicher Aspekt der Veranstaltungsreihe ist der Transfer von Erkenntnissen und Neuerungen aus dem Projekt an den Teilnehmerkreis, welcher in Form von Fachvorträgen und themenspezifischen Workshops praxisnah durchgeführt wird. Im Jahr 2021 wird die Kongressreihe in die siebte Runde gehen und voraussichtlich zugleich als Abschlussveranstaltung des Konsortiums

fungieren. Die Fortsetzung der Veranstaltungsreihe ist somit auch nach dem Abschluss des Forschungsvorhabens vorgesehen.

Neben dem Kongress und weiteren öffentlichkeitswirksamen Veranstaltungen beabsichtigt die FH Erfurt, wie auch das gesamte Konsortium, weitere Formen der Veröffentlichung von Ergebnissen des Vorhabens. Mit der Publikation des konsortialen Abschlussberichtes auch auf den Webseiten des Konsortiums und dem vorliegenden Schlussbericht werden die Projektergebnisse einem interessierten Fachpublikum zugänglich gemacht. Darüber hinaus ist es vorgesehen, eine komprimierte Zusammenstellung der Ergebnisse im Zuge einer Ergebnisbroschüre zu erstellen, die primär auf einen breiten Personenkreis zielt. Ergänzt werden diese Bestrebungen durch die fortwährende gemeinsame Beteiligung an Messen und dem Halten von Fachvorträgen.

Die folgenden Veröffentlichung seitens der FH Erfurt bzw. mit entsprechender Mitwirkung erfolgten während der Projektlaufzeit. Eine vollständige Liste der Veröffentlichungen auf Ebene des Gesamtvorhabens wurde ausführlich im Abschlussbericht des gesamten Konsortiums dargelegt, auf welchen an dieser Stelle verwiesen wird.

- B. Nieberding, J. Kretschmar; Implementation of a Total Cost of Ownership Model for Last-Mile Logistics as a Constraint Satisfaction problem; Dynamics in Logistics, Springer, 2020.
- C. Vollrath, B. Nieberding; Analyse und monetäre Bewertung der Geschäftsfelderweiterung in der Medienlogistik; Tagungsband, Wissenschaftsforum

Mobilität, Veröffentlichung geplant Q4/2020.

- Konferenzbeitrag
B. Nieberding; An Estimator for Load Capacity for Cargo-Sharing Applications in Urban Delivery; Operations Research 2018, Brüssel, 2018

7.2 Marketingmaßnahmen

Über die im Konsortialbericht dargestellten Marketingmaßnahmen hinaus, wurden seitens der FH Erfurt folgende Marketingmaßnahmen umgesetzt:

1. Veröffentlichung von Projektergebnissen auf Veranstaltungen wie dem SMART CITY LOGISTIK Kongress und der Online-Abschlussveranstaltung am 15.09.2020.
2. Veröffentlichung im Zuge eigener Kanäle wie der Webseite der FH Erfurt und in Form spezifischer Flyer sowie lokalen Veranstaltung mit Bezug zu Wissenschaft und Lehre (bspw. „Lange Nacht der Wissenschaften Erfurt“)
3. Beteiligung an gemeinsamen Messe-Auftritten sowie weiteren Veranstaltungen.

8 LITERATURVERZEICHNIS

Aichinger, W. (2014). Elektromobilität im städtischen Wirtschaftsverkehr. Chancen und Handlungsspielräume in den Kommunen. Deutsches Institut für Urbanistik. Berlin.

BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH. (2015). Abgeschlossene Projekte IPS (Hg.: C. Gorltdt, P. Dittmer, & M. Veigt) Abgerufen am 14. 11 2016 von LaMa – Intelligentes Ladungsträgermanagement: http://www.biba.uni-bremen.de/ipsarchiv.html?&no_cache=1

Bogdanski, R., Bayer, M., Seidenkranz, M. (2017). Nürnberger Mikro-Depot-Konzept in der KEP-Branche: Übertragbarkeit auf andere Städte und Integration von innovativen Same-Day-Delivery-Konzepten. Abgerufen am 14.10.20 20 von https://www.th-nuernberg.de/fileadmin/thn_forschung-innovation/Vorlauforschung/2017/1_MikroDepot-Konzept.pdf

Bundesverband Carsharing e.V. (2010). Carsharing für gewerbliche Kunden. Gute Beispiele der Carsharing-Nutzung in Unternehmen, Verwaltungen, Organisationen und Vereinen. Hannover. Abgerufen am 12. 11 2016 von http://www.carsharing.de/images/stories/pdf_dateien/broschre_business-carsharing_endversion_mailfhig.pdf

Daimler FleetBoard GmbH. (2016). Abgerufen am 08. 11 2016 von <https://www.fleetboard.de/produkte/produkte/fuhrparkmanagement.html>

Daimler FleetBoard GmbH. (2016). FleetBoard Reports. Stuttgart. Abgerufen am 14. 11 2016

von https://www.fleetboard.de/fileadmin/content/germany/Produktdokumentation_Fahrerreport.pdf

Dupatec GmbH. (2016). Kippindikatoren. Abgerufen am 14. 11 2016 von <http://dupatec.de/de/%C3%BCberwachung/kippindikatoren>

Fraunhofer IAO. (2013). Stress und Burnout: Unnötig, unwirtschaftlich und häufig vermeidbar. Stuttgart. Abgerufen am 14. 11 2016 von <https://blog.iao.fraunhofer.de/stress-und-burnout-unnotig-unwirtschaftlich-und-haufig-vermeidbar/>

Gnewt Cargo. (2016). Our Solution. Abgerufen am 12. 11. 2016 von <http://www.gnewtcargo.co.uk/our-solution.html>

GPSoverIP GmbH. (2016). *Das Original für GPS Ortung und Flottenmanagement - GPSauge*. Abgerufen am 08. 11. 2016 von <http://www.gpsauge.de/>

GPSoverIP GmbH Schweinfurt. (2016). *Was ist Click-a-point?* Abgerufen am 12. 11 2016 von <https://www.clickapoint.com>

GS1 Germany GmbH. (2016). Klassifikation. Abgerufen am 13. 11 2016 von <https://www.gs1-germany.de/gs1-standards/klassifikation/>

GS1 Germany GmbH, Institut der deutschen Wirtschaft Consult GmbH. (2007). *Gefahrgut- und Gefahrstoffdaten - immer transparent und aktuell. PROZEUS – eBusiness-Praxis für den Mittelstand*. Köln. Abgerufen am 13. 11 2016 von <https://www.gs1->

germany.de/service/datei-down-
load/?tx_mwbase[action]=processDown-
load&tx_mwbase[uid]=2428&tx_mwbase[file-
name]=gefahrgut_und_gefahrstoffdaten_im-
mer_transparent.pdf&tx_mwbase[source]=fal

Holdorf, S., Röder, J., & Haasis, H.-D. (2015). In-
novative Konzepte für die Logistikbranche. In-
ternationales Verkehrswesen (Heft 2).

Jeekel, H. (2018): Cities and adoption of inno-
vation in passenger mobility. In: van Geenhui-
zen, M.; Holbrock, J.; Taheri, M. [Hrsg.]: Cities
ans Sustainable Technology Transitions, Chel-
tenham, Northampton, S. 167-188.

Kampker, A. (2016). Elektrisch. Die Zukunft der
Transporter. Abgerufen am 12. 11. 2016 von
<http://www.streetscooter.eu/modelle/work>

Kerler, S. (2010). *Fuhrpark und Flotte (3.Auf-
lage)*. Heinrich-Vogel-Verlag. München.

Pamyra UG Erfurt. (2016). Mehr Transportauf-
träge. Abgerufen am 12. 11 2016 von
<https://www.pamyra.de/frachtenboerse-kostenlos>

Pfohl, H.-C. (2001). Management von Produk-
tionsnetzwerken. In: Baumgarten, H. [Hrsg.]
(2001), Frankfurt 2001, S.35–54.

Richarz, H.-R. (2015). UPS erweitert seine Elekt-
roflotte. (Auto-Medienportal.net, Herausge-
ber) Abgerufen am 12. 11 2016 von
[https://www.auto-medienportal.net/arti-
kel/detail/33740](https://www.auto-medienportal.net/artikel/detail/33740)

Staberhofer, F. (20. 02 2015). „Modulushca“:
Warentransport 4.0. Abgerufen am 14. 11

2016 von [https://industriemagazin.at/a/mod-
ulushca-waretransport](https://industriemagazin.at/a/modulushca-waretransport)

TomTom International B.V. (2016). Abgerufen
am 08. 11 2016 von [https://de.support.tele-
matics.tomtom.com/app/answers/de-
tail/a_id/1210](https://de.support.telematics.tomtom.com/app/answers/detail/a_id/1210)

TomTom International B.V. (2016). Abgerufen
am 08. 11 2016 von [https://telematics.tom-
tom.com/de_de/webfleet/fleet-manage-
ment/green-and-safe-driving/](https://telematics.tomtom.com/de_de/webfleet/fleet-management/green-and-safe-driving/)

9 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Differenzierung von Bewertungskriterien.....	12	Abbildung 15: Ladebox zur messtechnischen Begleitung der Ladeversuche (oben) Referenzyklus (unten)	37
Abbildung 2: Bewertungsmodell mit TCO- und Matching-Modell	13	Abbildung 16: Ermittelter Energieverbrauch des Testfahrzeugs (Paxster) auf den Referenztouren in Abhängigkeit der Beladung	38
Abbildung 3: Durch Multi-Use-Einsatz beeinflusste Faktor-Merkmale und Kennzahlen im Bewertungsmodell	17	Abbildung 17: Entwickelte Energie-Messbox.....	39
Abbildung 4: Elastizitäten der Merkmale des Faktors „Fahrzeug“, variable Kosten.....	18	Abbildung 18: Komplementäre Leistungsfelder im Bereich Cargo-Sharing	45
Abbildung 5: Elastizitäten der Merkmale des Faktors „Mensch“	18	Abbildung 19: Heatmap zur Kapazitäts-Auslastung (links) Untersuchung der Restreichweite (rechts)	47
Abbildung 6: Darstellung der drei Faktor-Klassifizierungs-Ebenen	20	Abbildung 20: Gebietsbezogene Kapazitätsauslastung.	47
Abbildung 7: Cluster-Ausprägung in Abhängigkeit unterschiedlicher Anwendungsparameter	22	Abbildung 21: Gebietsbezogene Restreichweite des Zustellfahrzeugs am Ende des Fahrzeugeinsatzes.	48
Abbildung 8: Klassifizierung der Fahrzeuge des Projektpartners LLG	23	Abbildung 22: Analyse der Nutzungszeiten, exemplarisch für ein Fahrzeug.	48
Abbildung 9: : Unter-Klassifizierung mittels Graph-Layouting der Fahrzeuge des Projektpartners SZ	25	Abbildung 23: Zeitliches Multi-Use-Potential, exemplarisch für ein Fahrzeug.	50
Abbildung 10: Klassifizierung der Fahrzeuge des Projektpartners eLOG	25	Abbildung 24: Analyse der Multi-Use-Potentiale, kumulierte Betrachtung der gesamten Fahrzeugflotte	51
Abbildung 11: Ermittelte Basistouren	27	Abbildung 25: Für den Multi-Use-Einsatz erweitertes Bewertungsmodell.....	57
Abbildung 12: Auswertung zu Vergleichsfahrten zwischen Paxster und VW take up! mit Tourdaten im Wochenzeitraum.	28	Abbildung 26: Kostenaufstellung aus dem Verwendungsnachweis	63
Abbildung 13: Relaxiertes Matching von externen und internen Transportprozessen...	29		
Abbildung 14: Untersuchte Fahrzeuge (u.a. EMP Cargo; EDV 1601)	33		

10 TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht der faktorspezifischen Kennzahlen im Bewertungsmodell.....	14	Tabelle 19: Auswertungskonzept Mehrfachnutzungsansatz	56
Tabelle 2: Matching-Kriterien innerhalb des Bewertungsmodells.....	14	Tabelle 20: Kostenmerkmale der eingesetzten Fahrzeuge.....	58
Tabelle 3: Kategorien zur Einordnung der Elastizität	15	Tabelle 21: Vergleich der Gesamtkosten pro km.....	59
Tabelle 4: Elastizität ausgewählter Merkmale auf Fahrzeugkostenkennzahlen	16	Tabelle 22: Vergleich Größtfehler und Differenz der Gesamtkosten.....	60
Tabelle 5: Kennzahlen LLG	24	Tabelle 23: Einflüsse der Schätzwert-Summanden auf den Größtfehler	61
Tabelle 6: Fahrzeugvergleich (Herstellerangaben).	26	Tabelle 24: Kostenaufstellung aus dem Verwendungsnachweis	63
Tabelle 7: Auswertung zu Vergleichsfahrten zwischen Paxster und VW take up! mit und Kennzahlen des Tourenvergleichs.	28		
Tabelle 8: Datenset erwarteter Daten.....	32		
Tabelle 9: Kommunikationsstrategien bei den eingesetzten Fahrzeugen	33		
Tabelle 10: : Erfassbare Daten bei Partnerfahrzeugen	35		
Tabelle 11: Abgrenzung der Multi-Use-Konzepte	40		
Tabelle 12: Übersicht betrachteter Leistungsfelder.....	42		
Tabelle 13: Komplementäre Leistungsfelder im Truck-Sharing	43		
Tabelle 14: Rechtliche Rahmenbedingungen im komplementären Transport	46		
Tabelle 15: Modul Paketdienste	52		
Tabelle 16: Modul Lebensmittelbestellungen.....	53		
Tabelle 17: Modu: Ad Hoc Belieferung zubereiteter Gerichte („Fast Food“)	54		
Tabelle 18: Modul Hybridzustellung.....	55		

11 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CAN	controller area network
DAKO	DAKO GmbH
ECO	Faktor Klimabilanz
eLOG	eLOG Systembetrieb GmbH
EPSa	EPSa Elektronik- und Präzisionsbau Saalfeld GmbH
FHE	Fachhochschule Erfurt
FSU	Friedrich-Schiller-Universität Jena
GPS	Global Positioning System
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IT	Informationstechnik

KEP	Kurier-, Express- und Paketdienste
LLG	Leipzig Logistik GmbH
SCL	SMART CITY LOGISTIK
SDL	SMART DISTRIBUTION LOGISTIK
SML	SMART MULTI-USE LOGISTIK
SOC	State of Charge
SZ	Sächsische Zeitung GmbH
TCO	Total Cost of Ownership

12 KONTAKT

Prof. Dr.-Ing. Uwe Adler | FH Erfurt



Altonaer Straße 25
99085 Erfurt
Telefon: +49 (0) 361 6700-659
E-Mail: adler@fh-erfurt.de
www.fh-erfurt.de

13 IMPRESSUM

Herausgeber

Fachhochschule Erfurt

Altonaer Straße 25
99085 Erfurt

kontakt@sdl-projekt.de

www.sdl-projekt.de

© Copyright liegt bei den Herausgebern. Alle Rechte vorbehalten. Dieses Werk ist einschließlich seiner Teile urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung, die über die engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes hinausgeht, ist ohne schriftliche Zustimmung der Herausgeber unzulässig und strafbar. Dieses gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen sowie Speicherung in elektronischen Systemen. Für die Richtigkeit der Angaben und für Druckfehler wird keine Gewähr übernommen.

Förderung

Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags im Rahmen des Technologieprogramms IKT für Elektromobilität III.

Förderkennzeichen: 01ME17001F

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

IKT FÜR
ELEKTROMOBILITÄT 



Berichtsblatt

1. ISBN oder ISSN geplant	2. Berichtsart (Schlussbericht oder Veröffentlichung) Schlussbericht
3. Titel Schlussbericht zum Teilvorhaben: „Entwicklung und Erprobung factorspezifischer Bewertungsmodelle und Mehrfachnutzungskonzepte für die Medienlogistik (SDL-ELEMENTRA)“ im Verbundvorhaben SMART DISTRIBUTION LOGISTIK Förderkennzeichen 01 ME 17001	
4. Autor(en) [Name(n), Vorname(n)] Prof. Dr.-Ing. Adler, Uwe Vollrath, Christian Nieberding, Bernd Bleil, Reiner	5. Abschlussdatum des Vorhabens 30.04.2020
	6. Veröffentlichungsdatum geplant
	7. Form der Publikation Buch
8. Durchführende Institution(en) (Name, Adresse) Fachhochschule Erfurt Altonaer Str. 25 99085 Erfurt Deutschland	9. Ber. Nr. Durchführende Institution
	10. Förderkennzeichen 01 ME 17001 D
	11. Seitenzahl 76
12. Fördernde Institution (Name, Adresse) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)	13. Literaturangaben 23
	14. Tabellen 24
	15. Abbildungen 26
16. Zusätzliche Angaben	
17. Vorgelegt bei (Titel, Ort, Datum) Technische Informationsbibliothek (TIB), Q4/2020	

Der wesentliche Fokus des Teilvorhabens lag in der Entwicklung des Bewertungsmodells sowie der Identifikation und Erschließung dafür benötigter Messgrößen. Des Weiteren erfolgte die Entwicklung von Mehrfachnutzungskonzepten sowie die Unterstützung der Logistikpartner bei der Implementierung und Bewertung dieser Konzepte.

1. Derzeitiger Stand von Wissenschaft und Technik

Zu Projektbeginn wurden nur wenige Elektrofahrzeuge von Logistikunternehmen eingesetzt. Die Gründe hierfür liegen in den Bereichen Nutzbarkeit (bspw. Dauer der Energiebetankung) und Wirtschaftlichkeit (bspw. verhältnismäßig hohe Anschaffungskosten). Um dem zu entgegenen sollten im Vorhaben neue Konzepte für die Mehrfachnutzung von Fahrzeugen entwickelt werden und deren quantitative Vorteile durch entsprechend entwickelte Bewertungsmodelle geprüft werden. Ansätze, die über die erreichten Ergebnisse hinausgehen, sind zum derzeitigen Stand der Wissenschaft und Technik nicht bekannt.

2. Begründung / Zielstellung der Untersuchung

Ziel der Untersuchung war es, empirisch Optimierungsansätze und Mehrfachnutzungsmodelle zu identifizieren und einer praktischen Felderprobung zu unterziehen. Insbesondere in Kombination mit der entwickelten Plattformlösung und dem darin integrierten Bewertungsmodell sollte ein wirtschaftlicher Fahrzeugeinsatz gesichert werden.

Für deutsche Logistikunternehmen ist der Einsatz von elektrischen Fahrzeugen durch drohende Einfahrtsverbote oder eine CO₂-Steuer überaus relevant, um die logistische Dienstleistung langfristig erbringen zu können. Demgegenüber steht ein hoher Kostendruck und der Bedarf an wirtschaftlichen Einsatzkonzepten. Die im Zuge des Vorhabens entwickelten Konzepte tragen dieser Problematik Rechnung.

3. Methode

Methodisch folgte das Vorhaben dem Ansatz einer erprobungs-basierten Entwicklung. So wurden Daten zu kostenrelevanten Aspekten sowie Tourdaten kontinuierlich erfasst und auf Basis dieser neue logistische Konzepte entworfen, die gemeinsam mit weiteren Partnern einem projektbegleiteten Feldtest unterzogen wurden.

4. Ergebnisse

Im Zuge des Vorhabens wurden die nachfolgend aufgezählten Ergebnisse erzielt:

- Ergebnisse in Bezug auf die Erprobung von Elektrofahrzeugen im Szenario der Medienlogistik,
- Faktorbewertungsmodelle für die Logistik,
- Prozessanalysen und die empirische Entwicklung von typisierten Logistikkonzepten,
- Multi-Use-Konzepte für Elektrofahrzeuge in der Logistik,
- Geschäftsmodelle für Multi-Use-Konzepte und
- Analysen der Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen.

Die im Zuge des Teilvorhabens gewonnenen Ergebnisse wurden gemeinsam mit den weiteren Logistikpartnern im Projekt validiert und in die im gesamten Konsortium geschaffene Systemlösung integriert.

5. Anwendungsmöglichkeiten

Die in die Systemlösung integrierten Ergebnisse und Modelle stehen einem weiten Feld und einer Vielzahl logistischer Anwendungsfälle zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund wird Dritten eine Tourenoptimierung und -Bewertung speziell für Elektrofahrzeuge genauso wie die systemseitige Unterstützung von Multi-Use-Konzepten ermöglicht. Weitere Anwendungsmöglichkeiten bestehen zudem auch über den Anwendungsbereich der Elektromobilität hinaus. Die im Teilprojekt erarbeiteten Ergebnisse, z.B. das TCO-Bewertungsmodell sollen zudem künftig in weiteren Forschungsprojekten angewandt und weiterentwickelt werden.

19. Schlagwörter

SMART DISTRIBUTION LOGISTIK, Elektromobilität, Logistik, Geschäftsmodelle, Logistikkonzepte, IKT-Systemplattform

20. Verlag

-

21. Preis

-

Document Control Sheet

1. ISBN or ISSN planned	2. type of document (e.g. report, publication) report
3. title Final report of the sub-project "Development and Testing of Factor-Specific Valuation Models and Multi-Use Models for Use Cases in Media Logistics (SDL-ELEMENTRA)" as part of the collaborative project "SMART DISTRIBUTION LOGISTICS" reference number: 01 ME 17001	
4. author(s) (family name, first name(s)) Prof. Dr.-Ing. Adler, Uwe Vollrath, Christian Nieberding, Bernd Bleil, Reiner	5. end of project 30.04.2020
	6. publication date planned
	7. form of publication book
8. performing organization(s) (name, address) Fachhochschule Erfurt Altonaer Str. 25 99085 Erfurt Deutschland	9. originator's report no.
	10. Förderkennzeichen 01 ME 17001 D
	11. no. of pages 76
12. sponsoring agency (name, address) Federal Ministry for economic affairs and energy (BMWi) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)	13. no. of references 23
	14. no. of tables 24
	15. no. of figures 26
16. supplementary notes	
17. presented at (title, place, date) technical information library (TIB), Q4/2020	

18. abstract

Main goals of the subproject with respect to the research group at the University of Applied Sciences Erfurt in the project SMART DISTRIBUTION LOGISTICS were testing of electric vehicles in the context of media logistics and developing of evaluation models and multi-use applications to ensure the cost-effectiveness of these vehicle types.

1. Current state of science and technology

At the beginning of the project, only a few electric vehicles were used by the project-related logistic companies. The main reason for this situation based on the economic efficiency and deficits in driving range, duration of energy refueling and relatively high acquisition costs. To encounter these problems, new concepts for an extended use of vehicles should be developed in the project.

2. Reason / Aim of the investigation

The aim of the investigation was an empirical identification of optimization approaches and shared-use models and a practical testing with respect to real-world conditions. In combination with the developed platform solution and the integrated evaluation model inside the platform, an economical use of vehicles should be ensured.

3. Method

Methodically, the project followed the approach of a test-based development. Data on cost-relevant aspects as well as tour data were continuously recorded and, based on this, new logistical concepts were developed, which were tested in a field test together with other project partners.

3. Results

The results achieved are listed below:

- Results with respect to testing of electric vehicles in the use-scenarios of pharma logistics and media logistics
- models for factor evaluation in logistics,
- Process analyzes and empirical development of standardized logistics concepts,
- Multi-use concepts for electric vehicles in logistics,
- Business models for multi-use concepts and
- Analyzes of the economics of electric vehicles.

The results obtained by the sub-project were validated together with logistics partners in the project and integrated into the overall system solution created by the entire project consortium.

4. Applications

The results and models integrated in the developed system are sufficient for a wide field and a large number of logistical applications. Further, third parties have the opportunity to optimize and evaluate routes specifically for electric vehicles, as well as system-based support for multi-use concepts. Other possible applications exist beyond the scope of electro-mobility.

19. keywords

SMART DISTRIBUTION LOGISTICS, electromobility, business models, Logistic concepts, ICT-System Platform, Logistics

20. publisher

21. price