Schlussbericht

zu dem IGF-Vorhaben

Potenziale, Erfolgsfaktoren und Entscheidungshilfen für den Einsatz von E-Mobility bei mittelständischen Logistikdienstleistern

der Forschungsstelle(n)

Technische Universität München - Forschungsinstitut Unternehmensführung, Logistik und Produktion

Das IGF-Vorhaben 17916 N der Forschungsvereinigung Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA) wurde über die

im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

München, 19.06.2015
Ort, Datum

Univ.-Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Horst Wildemann
Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s) an der/den Forschungsstelle(n)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

AiF-Forschungsprojekt

E-Mobility bei Logistikdienstleistern (EMOLO)

Potenziale, Erfolgsfaktoren und Entscheidungshilfen für den Einsatz von E-Mobility bei mittelständischen Logistikdienstleistern

Projektdurchführung:

Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Horst Wildemann

Forschungsinstitut
Unternehmensführung, Logistik und Produktion
Technische Universität München

Der Autor

Horst Wildemann

Univ.-Prof. Dr. Dr. h. c. mult.

Forschungsinstitut

Unternehmensführung, Logistik und Produktion

Technische Universität München

Die Mitarbeiter

Fabian Fischer

M. Sc.

Technische Universität München

Christopher Hellmann

Dipl.-Kfm.

Technische Universität München

Thomas Wolff

Dipl.-Ing.

Technische Universität München

Vorwort

Die Entwicklung zukünftiger Mobilitätssysteme ist aufgrund von Ressourcenknappheit und wachsender Umweltbelastung zu einem dringenden Thema geworden. Das Elektroauto steht derzeit im Blickfeld dieser Diskussion. Wie wird es unsere Mobilität beeinflussen? Wir sind im Begriff, derzeit einen Paradigmenwechsel in der Automobilindustrie zu erleben und eine neue Art von Mobilität zu etablieren. Dabei sollen E-Mobility-Konzepte nicht nur im privaten Bereich, sondern auch im gewerblichen Wirtschaftsverkehr beispielsweise bei Transportunternehmen zukünftig eine Rolle spielen. Staatliche Vorschriften, veränderte Kundenanforderungen und steigende Wettbewerbsintensität sind nur einige Herausforderungen, die Logistikdienstleistern derzeit gegenüberstehen. Diese verstärken die Notwendigkeit, den wachsenden Waren- und Güterverkehr ressourcenschonend zu organisieren. Im Blick steht dabei neben dem Klimaschutz die Wirtschaftlichkeit verschiedener Logistikmodelle. Ein Lösungsansatz zur Erhöhung der Energieproduktivität und Effektivitätssteigerung in der Logistikbranche liegt im Bereich der Elektromobilität. Die Entwicklung von E-Mobility-Konzepten für Logistikunternehmen verspricht erhebliche Potenziale zur Reduktion von CO_2-Emissionen aber auch zur Optimierung der Produktivität.

Das Forschungsprojekt wurde in enger Zusammenarbeit mit den Partnern durchgeführt. Für die produktiven und aufschlussreichen Diskussionen und Workshops bedanken wir uns bei allen Experten aus Forschung und Praxis: Akasol GmbH, AVL Deutschland GmbH, Balth.

Papp Internationale Lebensmittellogistik KG, BATA Logistics GmbH, BODAN Großhandel für Naturkost GmbH, CargoLine GmbH & Co. KG, City Express Logistik GmbH, DEKRA Consulting GmbH, Deutsche Post AG, eCraft Mobility, E-FORCE ONE AG, EPOS Bio Partner Süd GmbH, ETG Entsorgung + Transport GmbH, evandus GmbH, e-Wolf GmbH, Fraunhofer IPK, GEROTAX GmbH, Hochschule Bochum, Hochschule Kempten, Ingo Balster Transporte, Klaeser Internationale Fachspedition und Fahrzeugbau GmbH, L. Wackler Wwe. Nachf. GmbH, Landesverband Bayerischer Transport- und Logistikunternehmen (LBT) e.V., Lithium Storage GmbH, Meyer & Meyer Holding GmbH & Co. KG, Obermann Logistik-GmbH, Schenker Deutschland AG, TEDi Logistik GmbH, TÜV SÜD Auto Service GmbH, Walcher Logistik GmbH, Wilhelm Weber Transporte.

Das Forschungsprojekt wurde von der Mitgliedsvereinigung Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF), vertreten durch den Verein zur Förderung der Energie- und Umwelttechnik e. V., gefördert. Für die Unterstützung der Forschungsarbeit und die sehr gute Zusammenarbeit bedanken wir uns vielmals.

Mein Dank gilt auch meinen Mitarbeitern Herrn Fabian Fischer M. Sc., Herrn Dipl.-Kfm. Christopher Hellmann und Herrn Dipl.-Ing. Thomas Wolff für die Unterstützung bei der Forschungsarbeit und für die Erstellung des Berichts.

München, 01. Mai 2015

Horst Wildemann

Inhaltsverzeichnis

Vorwort III

0 Zusammenfassung 1

1 Einleitung: E-Mobility in der Logistik 2

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung 2

1.2 Stand der Forschung 11

1.3 Charakterisierung der Forschungskonzeption 17

2 Logistikdienstleistungsindustrie als Betrachtungsgegenstand 26

2.1 Trends und Herausforderungen in der Logistik 26

2.1.1 Spezialisierung als Herausforderung für Logistikdienstleister 31

2.1.2 Nachhaltigkeit als Herausforderung für Logistikdienstleister .. 34

2.2 Kernkompetenzanalyse der Logistik 37

2.2.1 Begriff der Logistik 37

2.2.2 Logistik und ihre Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit 43

2.3 Aufgabenfelder der Logistikdienstleister 46

2.3.1 Beschaffungslogistik 46

2.3.2 Produktionslogistik 49

2.3.3 Distributionslogistik 51

2.3.4 Entsorgungslogistik 53

2.3.5 Handelslogistik 55

2.3.6 Ersatzteillogistik 57

2.3.7 Logistik der „letzten Meile“ 60

2.3.8 City-Logistik 62

2.4 Entwicklung und Struktur der Logistikdienstleister 64

2.5 Mobilitätskonzepte bei Logistikdienstleistern 71

2.5.1 Fahrzeugtypen im Güterkraftverkehr 73

2.5.2 Antriebskonzepte und Potenziale bei Nutzfahrzeugen 76

3 E-Mobility in der Logistik 85

3.1 E-Mobility Konzepte im Pkw- und Nutzfahrzeugbereich 89

3.1.1 Batterie als Schlüsseltechnologie für elektrische Fahrzeuge 95

3.1.2 Bereits erprobte E-Mobility Ansätze im Bereich Logistik 103

3.2 Potenziale und Hemmnisse der E-Mobility bei Logistikdienstleistern 107

3.2.1 Hemmnisse des Einsatzes von E-Mobility Konzepten 109

3.2.2 Potenziale des Einsatzes von E-Mobility Konzepten 122

4 Empirische Analyse des Einsatzes von E-Mobility 134

4.1 Forschungsmethoden und empirische Basis 136

4.2 Substitutionspotenziale der E-Mobility 142

4.2.1 Beschaffungslogistik 144

4.2.2 Produktionslogistik 149

4.2.3 Distributionslogistik 154

4.2.4 Entsorgungslogistik 157

4.2.5 Handelslogistik 162

4.2.6 Ersatzteilelogistik 165

4.2.7 Logistik der letzten Meile 170

4.2.8 City-Logistik 174

4.2.9 Zusammenfassung 178

4.3 Bewertung der Mobilitätskonzepte 180

4.3.1 Einflussfaktoren und Kostenblöcke 181

4.3.2 Dieselfahrzeuge 196

4.3.3 Berechnung der Wirtschaftlichkeit 204

4.3.4 Darstellung der Ergebnisse 206

4.3.5 Sensitivitätsanalyse Batteriekosten 219

4.3.6 Sensitivitätsanalyse Kraftstoffkosten 224

4.4 Anforderungsanalyse und Prognose der Diffusionsgeschwindigkeiten der E-Mobility 229

4.4.1 Zielsetzung bei der Einführung von E-Mobility 234

4.4.2 Relevanz der Gestaltungsansätze bei der Einführung von E-Mobility 236

4.4.3 Anforderungen an E-Mobility Konzepte 243

4.4.4 Aussagen über die Diffusion der Elektromobilität 248

5 Modell zur Einführung von E-Mobility Konzepten 255

5.1 Modellstruktur zur Umsetzung der Elektrifizierung 255

5.2 Parametrisierung des Modells 259

5.2.1 Einflussgrößen auf den Prozess der Elektrifizierung 259

5.2.2 Parametrisierung der Einflussgrößen 265

5.2.3 Gestaltungsfelder zum Prozess der Elektrifizierung 272

5.3 Ausgestaltung des Einführungsprozesses 277

5.3.1 Flussdiagramme als konzeptionelle Grundlage 277

5.3.2 Ergebnisse je Phase des Prozesses zur Elektrifizierung des Fuhrparks 281

5.3.3 Expertengespräche zur Überprüfung des Modells 287

5.4 Zusammenfassung der Erkenntnisse zur Modellbildung 290

6 IT-Tool zum Transfer der Forschungsergebnisse 292

6.1 Anwendungsmöglichkeiten und Nutzen des IT-Tools 293

6.2 Beschreibung des IT-Tools 294

7 Abschließende Würdigung 305

7.1 Nutzen des Forschungsprojekts 305

7.2 Zielsetzungen und Ergebnisse 308

7.3 Realisierbarkeit des Transferkonzepts 309

7.4 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten 313

Abbildungsverzeichnis 317

Literaturverzeichnis 324

Anhang 350

0 Zusammenfassung

Die fortschreitende Globalisierung und Urbanisierung lassen das Handelsvolumen und damit auch das Transportaufkommen weiter ansteigen. Gleichzeitig nimmt das öffentliche Interesse an der Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit zu, weshalb die Nachfrage nach umweltorientierten Logistikleistungen steigt. Da der Straßengüterverkehr einen wesentlichen Anteil an der Transportleistung ausmacht, stellen alternative Antriebe bei Nutzfahrzeugen einen besonders vielversprechenden Ansatz dar, um auf die zunehmenden Umweltanforderungen zu reagieren. Damit elektrische Fahrzeuge künftig in der Logistikbranche zum Einsatz kommen, müssen sie wirtschaftliche Vorteile aufweisen. Diese Fragestellung wurde im vorliegenden Forschungsprojekt untersucht. Das Forschungsvorhaben „E-Mobility bei Logistikdienstleistern“ erarbeitete praxistaugliche Lösungsansätze zu spezifischen Handlungsempfehlungen zur erfolgreichen Integration von Elektrofahrzeugen. Diese Handlungsempfehlungen wurden durch einen detaillierten Wirtschaftlichkeitsvergleich der drei wesentlichen Antriebsarten von Nutzfahrzeugen (Diesel, Elektro und Hybrid) bewertet. Damit ist sichergestellt, dass die Potenziale der E-Mobility für kleine und mittelständische Logistikdienstleister nutzbar gemacht werden können. Basierend auf diesen Ergebnissen wurde ein elektronisch gestützter Leitfaden entwickelt, der kleinen und mittelständischen Logistikdienstleistern individuelle Strategien und Handlungsempfehlungen zur Elektrifizierung ihres straßengebundenen Fuhrparks bietet. Das IT-Tool zum Forschungsprojekt steht interessierten Unternehmen kostenlos im Internet unter folgender Website zur Verfügung: http://tools.bwl.wi.tum.de/emolo/index.php/site/index

Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde erreicht.

1 Einleitung: E-Mobility in der Logistik

1.1 Ausgangssituation und Problemstellung

Die Entstehung von Netzwerken und Wertschöpfungspartnerschaften im Zuge der Globalisierung hat insgesamt zu einer gestiegenen Bedeutung der Logistik für den Unternehmenserfolg geführt. Diese Entwicklungen erfordern die Schaffung exzellenter logistischer Strukturen. Die steigende Weltbevölkerung benötigt eine funktionierende logistische Infrastruktur zur Sicherstellung eines reibungslosen Waren- und Güterverkehrs. Fokussierung auf Kernkompetenzen, zunehmende Arbeitsteilung und internationale Handelsströme prägen nach wie vor das Logistikumfeld. Die Komplexität der Supply Chains wird durch die Spezialisierung der beteiligten Netzwerkpartner auf bestimmte Leistungsumfänge weiter zunehmen (vgl. Beckmann 2003). Getrieben durch die zunehmende Tendenz zum Outsourcen von Logistikleistungen, erlebt die Branche eine Art Logistische Revolution. Die Konzentration auf Kernkompetenzen und eine fortschreitende Optimierung von Logistikkosten seitens der Industrie macht Logistikdienstleister zu wahren Spezialisten für individuelle Kundenanforderungen. Das Resultat hieraus manifestiert sich einer zunehmenden Spezialisierung der Logistik und ihrer Aufgabenstruktur. Ausgehend von einer ursprünglich funktionsorientierten Ausrichtung auf abgegrenzte Aufgabenbereiche wie Transport, Umschlag und Lagerung, erfüllen heutige Logistikdienstleister immer mehr spezialaufgaben und differenzieren sich somit gegenüber dem Wettbewerb (vgl. Göpfert 2012).

Die Gestaltung wettbewerbsfähiger Supply Chains wird daher zukünftig zum entscheidenden Erfolgsfaktor für den Kunden- und Markterfolg der Netzwerkpartner (vgl. Göbl/ Froschmayer 2011). In diesem Kontext kommt den Logistikdienstleistern eine wichtige Rolle zu: Sie übernehmen die Funktionen der Planung, Steuerung und Kontrolle aller Material- und Informationsflüsse zur zeit-, kosten- und qualitätsgerechten Erfüllung der Kundenanforderungen. Logistikdienstleister sind dabei mit einem harten Wettbewerb innerhalb ihrer Branche konfrontiert, da ein kontinuierlicher Anstieg der Logistikleistungen zu beobachten ist. Mit dem Anstieg der Logistikumfänge im Zuge der Netzwerkbildung nehmen auch die Transporte und die Anzahl der Transportmengen zu (vgl. Handelsblatt 2012). Neben der zunehmenden Anzahl an Transportmengen steigt auch die Transportfrequenz, weil die Warenverteilung immer stärker in Kleinstmengen erfolgt. Gerade im Bereich der Ersatzteillogistik oder im medizinischen Bereich bei Medikamentenlieferungen müssen geringe Mengen in kurzer Zeit an den Kunden geliefert werden. E-Commerce und neue Internettechnologien stellen einen weiteren wichtigen Trend der Zukunft dar. Der boomende Online-Handel stellt die Logistikbranche vor neue Herausforderungen in Bezug auf Lagerhaltung, Versand und Retourenmanagement. Mit Internetbestellungen nehmen auch die Anzahl der Zustellversuche und die Retourquoten je nach Produktart signifikant zu. Die Kosten der letzten Meile bei der Endkundenbelieferung werden dadurch stark strapaziert (vgl. Hoppe 2007). Darüber hinaus erschwert die hohe Produktvielfalt infolge steigender Individualisierungsbedürf-

nisse der Kunden den Warentransport. Auswirkungen zeigen sich in einem erhöhten Bedarf an Kraft- und Nutzfahrzeugen, der sich bis zum Jahre 2020 fortsetzen wird. Der daraus resultierende zusätzliche Kraftstoffverbrauch stellt nicht nur eine erhebliche Kostenbelastung für die Logistikdienstleister dar, sondern führt auch zu weiteren Umweltbelastungen (vgl. Johansen 2012). Nach aktuellen Schätzungen trägt der Logistiksektor mit rund 10 % zum Gesamtausstoß von CO_2 bei (vgl. Handelsblatt 2012). Unter Annahme einer gleichbleibenden Entwicklung des Logistikumfelds wird dieser Anteil in den nächsten Jahren weiter zunehmen. Die breite gesellschaftliche Diskussion von Klimawandel und CO_2-Problematik führt jedoch bereits heute zu einem veränderten Bewusstsein der Wirtschaftsteilnehmer in Bezug auf die Gestaltung von nachhaltigen und effizienten Logistikstrukturen. In der globalisierten Welt besteht die Herausforderung darin, den wachsenden Waren- und Güterverkehr ressourcenschonend zu organisieren. Die Themen Ressourceneffizienz und Energieproduktivität gewinnen im industriellen Umfeld immer stärker an Aufmerksamkeit. Unternehmen und ihre Logistikpartner nehmen diese Entwicklungen zur Grundlage für die Erarbeitung von nachhaltigen Geschäftsstrategien. Das globale Wirtschaftswachstum verschärft zusätzlich die Ressourcenproblematik (vgl. Nolte/ Oppel 2008). Die weltweite Verknappung von natürlichen Ressourcen hat logischerweise zu einem signifikanten Anstieg der Rohstoffpreise beigetragen (vgl. Reeker 2004). Dieser Trend ist ungebrochen und hat insbesondere für transportintensive Branchen wie die Logistik gewaltige Auswirkungen. Der größte An-

teil aller Kraft- und Nutzfahrzeuge im Logistikbereich ist mit konventionellen Antriebstechnologien ausgestattet. Obwohl Technologiesprünge zu immer effizienteren Verbrennungsmotoren geführt haben, bleiben die dauerhaft hohen Kraftstoffpreise ein großes Problem für die Logistikdienstleister, da ein hoher Anteil der Gesamtkosten auf die Treibstoffkosten entfällt. Aus den geschilderten Trends ergeben sich konkrete Herausforderungen für die Logistikdienstleister. Es gilt, die Abhängigkeit vom Öl in der Logistikbranche zu verringern und den Anteil an CO_2-Emissionen zu reduzieren. Durch den effizienten Einsatz von Ressourcen kann nicht nur die Umwelt geschont, sondern auch die Unabhängigkeit von den schwankenden Energiekosten gefördert werden (vgl. Kranke 2008). Daneben werden zukünftig staatliche Vorschriften und Restriktionen die Logistikbranche zu einer signifikanten CO_2-Reduktion und zu einer Erhöhung ihrer Energieeffizienz zwingen. Kunden werden erhöhte Anforderungen an die Logistikdienstleister im Hinblick auf die Erreichung von CO_2-Reduktionszielen formulieren (vgl. Spitz 2012). Und eine steigende Wettbewerbsintensität in der Logistikbranche wird den Weg zur Schaffung von hoch effizienten und nachhaltigen Logistikstrukturen beschleunigen (vgl. Bretzke/ Barkawi 2010). In den auf der internationalen Ebene getroffenen politischen Vereinbarungen wird das Ziel verfolgt, den Klimawandel durch den verminderten Ausstoß von CO_2 zu begrenzen. So hat sich Deutschland verpflichtet, bis zum Jahr 2020 seine Treibhausgasemissionen gegenüber 1990 um 40 % zu senken (vgl. ZLV 2009). Nach Auslaufen des Kyoto-Protokolls ist die inter-

nationale Staatengemeinschaft bestrebt, ein Nachfolgeabkommen zu schließen. In Deutschland forciert die Bundesregierung mit ihrer Energiewende den Weg zu einer schadstoffarmen Wirtschaft. Hiervon wird die Logistikbranche in erheblicher Weise betroffen sein, da sie für einen wesentlichen Anteil der CO_2-Emissionen in Deutschland verantwortlich ist. Um die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands zu sichern, sind Maßnahmen zu identifizieren, mit denen gezielt und wirtschaftlich der CO_2-Ausstoß in der Logistik entlang der gesamten Wertschöpfungskette gesenkt werden kann. Prognosen gehen davon aus, dass bis zum Jahre 2015 in Deutschland der Umwelt- und Ressourcenschutz in der Logistik nach der Globalisierung die größte Herausforderung darstellen wird (vgl. Straube/ Pfohl 2008). Mit der Veränderung des gesellschaftlichen Bewusstseins für ressourcenschonende Produkte und Technologien werden aber auch Änderungen im Kundenverhalten von Logistikdienstleistern zu erwarten sein. Viele Unternehmen werben offensiv mit umweltfreundlichen Produkten, um ihr eigenes Image dem gesellschaftlichen Trend anzupassen. Neben den Produkten werden zunehmend auch die Prozesse von den Kunden in Bezug auf Umweltfreundlichkeit bewertet. Kunden gehen dazu über, auch Umweltkriterien als Entscheidungshilfe beim Kauf heranzuziehen. Sie sind sogar bereit, einen Mehrpreis für Produkte und Dienstleistungen mit geringerer Umweltbelastung zu entrichten (vgl. BMU 2008; Statistisches Bundesamt 2009). Daher werden auch an Logistikdienstleistungen in Zukunft erhöhte Anforderungen hinsichtlich Energieeffizienz, Ressourcenschonung und Umweltverträglich-

keit gestellt werden (vgl. Johansen 2012). Durch die hohe Relevanz der Logistik für Netzwerkverbünde und Wertschöpfungspartnerschaften nimmt auch die Wettbewerbsintensität innerhalb der Branche stetig zu. Logistikdienstleister werben mit innovativen Angeboten, um ihre Alleinstellungsmerkmale zu festigen und sich von der Konkurrenz zu differenzieren. Durch die zunehmende Anzahl an Wettbewerbern steigt der Kostendruck weiter an (vgl. Jauernig 2005). Der Anspruch besteht in der Erbringung kundenspezifischer Logistikleistungen zu wettbewerbsfähigen Kosten und kurzen Lieferzeiten bei gleichzeitig hoher Logistikqualität. All diese Rahmenbedingungen zwingen die Logistikdienstleister zu Quantensprüngen im Hinblick auf Effektivität und Effizienz ihrer Geschäftsmodelle. Um diese Verbesserungen zu realisieren, müssen die Logistikdienstleister neue Wege für eine strategische Neuausrichtung ihrer Geschäftsaktivitäten beschreiten.

Ein Lösungsansatz zur Effektivitätssteigerung und Erhöhung der Energieproduktivität in der Logistikbranche liegt im Bereich der E-Mobility. Die Elektromobilität wird von der Automobil- und der Energieindustrie als dominante und zukunftsfähige Technologie angesehen. Bereits heute herrscht weitestgehend Konsens darüber, dass es zu E-Mobility langfristig keine Alternative geben wird (vgl. Bain & Company 2010). Auch die Bundesregierung weist in ihrer Maßnahmenkonkretisierung zur Energiewende darauf hin, dass die Zukunft den Elektroautos gehört. Aus diesem Grund verspricht die Entwicklung von E-Mobility-Konzepten aus Sicht einzelner Logistikunter-

nehmen erhebliche Potenziale in Bezug auf die Reduktion der CO_2-Emissionen und die Senkung ihrer Kraftstoffkosten. Eine Reihe von verfügbaren Konzepten zur E-Mobility wurden bereits erfolgreich erprobt und eingeführt. Hierfür lassen sich erste Beispiele aus dem Logistikbereich anführen. Die Deutsche Post AG hat damit begonnen, ihren Fuhrpark mit E-Fahrzeugen auszustatten. Hierbei handelt es sich um Prototypen, die im Rahmen des Projektes getestet werden sollen.

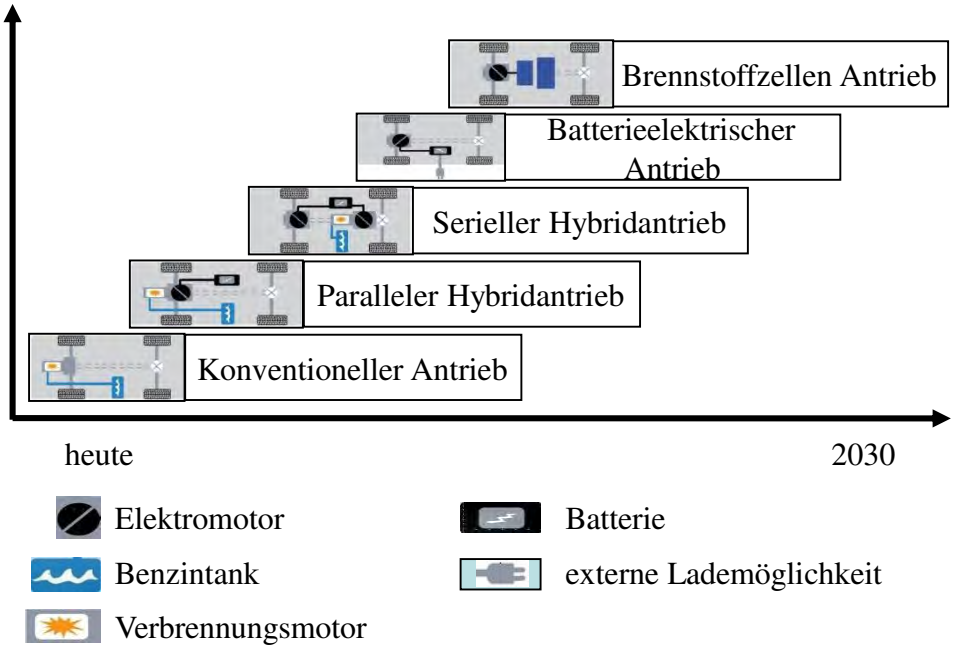


Abbildung 1-1: Elektrifizierung des Antriebstrangs

Die Deutsche Post AG verfolgt das Ziel, einen bedeutenden Teil ihres Fuhrparks auf Elektrofahrzeuge umzurüsten. Zusammen mit Partnern aus der Zulieferindustrie soll ein Elektrofahrzeug entwickelt werden, welches zur Zustellung von Briefen und Paketen geeignet ist. Für die Deutsche Post sind bereits jetzt mehr als 3.500 Fahrzeuge mit Elektro- und Hybridantrieben sowie alternativen Kraftstoffen auf der Straße, davon 60 Elektrofahrzeuge im Briefbereich (vgl. Automobil-Produktion 2012). Zu berücksichtigen ist, dass es verschiedene For-

men der E-Mobility gibt (vgl. Beckmann 2003). Im Vordergrund stehen Lösungen mit Elektromotoren und Brennstoffzellen sowie vor allem Hybridansätze. Es muss berücksichtigt werden, dass E-Mobility-Konzepte sich nicht universell für alle Anwendungszwecke einsetzen lassen. Abbildung 1-1 und Abbildung 1-2 zeigen diesbezüglich eine Eingliederung. Aus den geschilderten Rahmenbedingungen zur E-Mobility ergibt sich eine Reihe von Problemstellungen, denen die Logistikdienstleister gegenüberstehen. Die gegenwärtigen Problemstellungen für Logistikdienstleister bestehen vor allem in einer mangelnden Transparenz über die unterschiedlichen

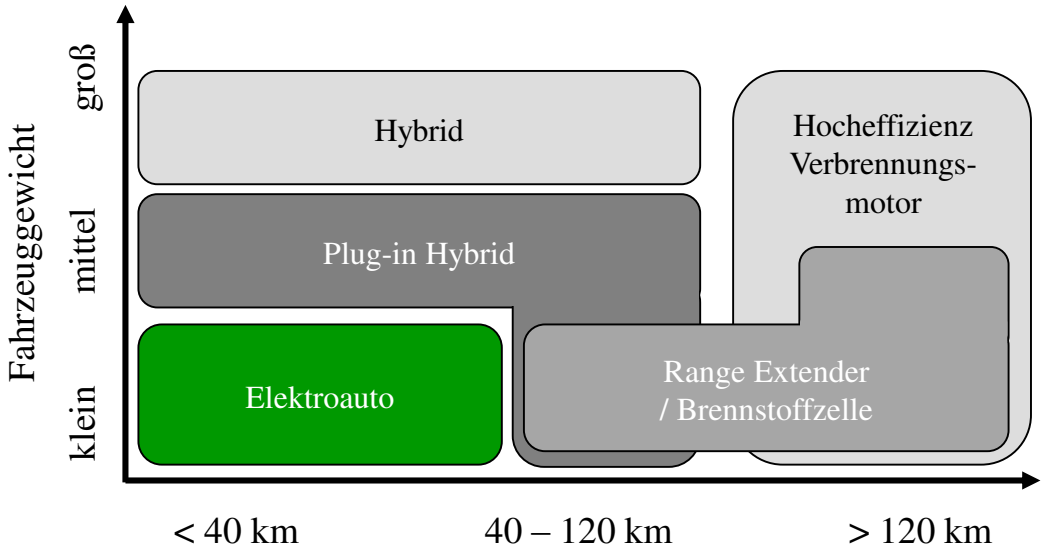


Abbildung 1-2: Anforderungsorientierte Elektrifizierung des Antriebstrangs

E-Mobility-Ansätze in der Industrie und die sich durchsetzenden Entwicklungstrends. Auch fehlt es an Transparenz über Logistiksysteme, in welchen bereits E-Mobility-Ansätze erfolgreich erprobt und eingesetzt wurden. Es herrscht Unklarheit über das Kosten- und Nutzenverhältnis des Einsatzes von E-Mobility. Diese Problemstellungen zeigen

auf, dass die Einflussgrößen und Gestaltungsfelder eines wirtschaftlichen Einsatzes von E-Mobility bei Logistikdienstleistern nur teilweise bekannt und bewertet sind. Doch die eingeschränkte Transparenz über den wirkungsvollen Einsatz der E-Mobility ist nur ein Aspekt der konkreten Problemstellung. Ferner fehlen konkrete Entscheidungshilfen und Handlungsempfehlungen für Logistikdienstleister, die mit den Themen Energieeffizienz und CO_2-Reduktion konfrontiert sind. Diese Unternehmen benötigen eine speziell auf ihre Ausgangssituation zugeschnittene Strategie zur Integration von E-Mobility-Konzepten in ihre jeweiligen Geschäftsmodelle. Die Entscheidung zwischen spezifischen Entwicklungsmöglichkeiten wird erleichtert. Mit der Entwicklung eines Modellansatzes und der Ableitung von theoretisch und praktisch fundierten Handlungsoptionen zum wirtschaftlichen Einsatz von E-Mobility bei Logistikdienstleistern werden mehrere Ziele verfolgt. Zum einen gilt es, theoretische Erkenntnisse im Bereich E-Mobility in der Logistik aufzubereiten und den Stand der Forschung zu erweitern. Zum anderen sollen die Potenziale der E-Mobility für Logistikdienstleister erschlossen und aufgezeigt werden. Zur Erreichung dieser Zielsetzungen ist sowohl die enge Abstimmung als auch Koordination zwischen Unternehmen und Forschung erforderlich. Durch die wechselseitige Kooperation im Rahmen des Forschungsprojektes wird die Realisierung der angestrebten Ergebnisse sichergestellt.

1.2 Stand der Forschung

Im Rahmen des Forschungsprojekts soll ein Entscheidungsunterstützungsmodell zur Applikation der Elektromobilität bei Logistikdienstleistern erarbeitet werden. Die Branche ist ein prädestinierter Betrachtungsgegenstand für die Elektromobilitätsanwendung. Um das steigende Transportvolumen mit beschränktem Ressourcenverbrauch zu bewerkstelligen, bedarf es grüner Technologien als Grundlage einer CO_2-effizienten Logistik (vgl. BMVBS 2010). Die kurzen und Start-Stop-intensiven Fahrsituationen der „letzten Meile“ lassen sich bereits heute durch Elektromobilität deutlich effizienter gestalten (vgl. NPE 2012). Die Bemühungen tragen mittlerweile Früchte, so dass sukzessive Elektromobilitätslösungen am Markt verfügbar sind. Die Herausforderung besteht jetzt im Übergang zwischen Phase 1 „Marktvorbereitung“ und Phase 2 „Markthochlauf“ der nationalen Plattform Elektromobilität. Es gilt, die Konzepte in die private Anwendung zu überführen. Das geplante Forschungsvorhaben greift dieses Schnittstellenproblem auf (vgl. NPE 2009). Eine privatwirtschaftliche Nutzung der Elektromobilität bedarf stets einer vorherigen Investitionsentscheidung nach betriebswirtschaftlichen Kriterien. Eine qualitative und quantitative Entscheidungsunterstützung hierfür wurde bislang seitens der Forschung nicht erarbeitet. Der jetzige Stand der Forschung weist hier Defizite auf. So werden tiefgreifende Analysen über Anwendungsmöglichkeiten der Elektromobilität im Logistikbereich mit Erfolgsfaktoren und Restriktionen in der Nutzung benötigt. Diese bilden die Grundlage einer differenzierten Verkehrsträgerwahl. Auf den Nut-

zungsmöglichkeiten aufbauend wird eine Transparenz über die Auswirkungen der Nutzung der Elektromobilität auf Logistiksysteme benötigt. Zielsetzung des Projekts ist schlussendlich die Erarbeitung eines Leitfadens, der ausgehend von den möglichen Konzepten und deren Auswirkung auf das Logistiksystem Implementierungsunterstützung bietet. Dazu sind betriebswirtschaftliche Bewertungsmodelle erforderlich, die sowohl die ökonomischen als auch die ökologischen Effekte berücksichtigen. Bislang sind hierfür in der Forschung kaum Ansätze zu finden, welche die ökologischen Auswirkungen der unterschiedlichen Verkehrsträger bei der betriebswirtschaftlichen Analyse berücksichtigen. Daher bietet sich das Konzept des CO_2-Footprints der Logistik an.

Studien zu Elektromobilität in der Logistik

Die Mehrzahl der Studien zur E-Mobility beschäftigt sich mit der Technologiediffusion. Dabei werden insbesondere Marktentwicklungsstudien und Hemmnisse und Treiber der Elektromobilität analysiert. So gehen einige Studien von einem Marktwandel hin zur E-Mobility insbesondere auf Kurzstrecken im Stadtverkehr aus (vgl. Bain & Company 2010; The Boston Consulting Group (BCG) 2008, 2011; Diez 2010; Roland Berger Strategy Consultants 2011; Wildemann 2012a). Capgemini nimmt dies als Ausgangssituation und untersucht die Auswirkungen, die sich durch diesen Wandel auf Wertschöpfungsnetzwerke ergeben (vgl. Capgemini 2009). Das Fraunhofer IAO in Stuttgart hat ausgehend von der Marktentwicklung Strukturveränderungen in der Automobilindustrie analysiert, die sich aus den

gewandelten Kompetenzanforderungen ergeben (vgl. Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg 2010). Auf Einladung der Bundesregierung haben sich in der Nationalen Plattform für Elektromobilität (NPE) deutsche Vertreter aus Industrie, Wissenschaft, Politik, Gewerkschaften und Gesellschaft zusammengefunden und einen Drei-Phasen-Plan erarbeitet, wie sich Deutschland bis zum Jahre 2020 als weltweiter Leitmarkt für Elektromobilität etablieren kann. In der ersten Phase bis 2014 soll der Schwerpunkt auf die Erforschung neuer Technologien und Prozesse rund um die Elektromobilität gelegt werden. Hieran schließt sich bis 2017 der Aufbau des Marktes und bis 2020 die Entwicklung tragfähiger Geschäftsmodelle an (vgl. NPE 2009). Die bisherigen Forschungsarbeiten zur Anwendung der E-Mobility im Logistikbereich fokussieren sich auf die Technologieentwicklung und erste Flottenversuche zur Abschätzung der Möglichkeiten. So wurde im Forschungsprojekt EMKEP in Zusammenarbeit mit der Daimler AG die Alltagstauglichkeit von batteriebetriebenen Transporten am Beispiel eines Mercedes-Benz Vito getestet (vgl. BMU 2012). Ähnliche Zielsetzungen wurden auch beim Forschungsprojekt EMIL in Zusammenarbeit mit der Volkswagen AG und der Deutsche Post DHL Research and Innovation GmbH sowie der Hochschule für Bildende Künste Braunschweig verfolgt. In Zusammenarbeit mit der Siemens AG wurden Nutzfahrzeugkonzepte für Ballungsräume entwickelt, welche durch Strom aus der Oberleitung angetrieben werden (vgl. BMVBS 2010). Auch im internationalen Umfeld wurden bereits derartige Flottenversuche durchgeführt. In Ontario

wurden im Jahr 2007 Elektrofahrzeuge als Verteilertransportmittel getestet und deren Einsparpotenziale ermittelt (vgl. Canadian Courier & Logistics Association 2009). In ihrem Regierungsprogramm Elektromobilität hat die Bundesregierung die tiefgreifenden Auswirkungen der Elektromobilität auf die bestehenden Logistiksysteme erkannt und fordert daher eine Untersuchung neuer Logistikkonzepte, welche Elektromobilität integrieren (vgl. Bundesregierung 2011). Das Fraunhofer IFF Magdeburg hat daher neue Logistikkonzepte untersucht, die mit der E-Mobility an Bedeutung gewinnen. Dabei wurden Wechselbehälter als Fahrzeugaufbau für eine flexible City-Logistik erprobt. Diese können einfach von Lang- auf Kurzstreckenfahrzeuge umgesetzt werden und können somit die Grundlage für einen anforderungsgerechten Modal-Split bilden (vgl. Richter/ Adler, F. et al. 2012). Im Rahmen des Forschungsprojekts „Konzipierung und Gestaltung elektromobiler Dienstleistungen im innerstädtischen Raum“ wurden bereits Prototypen Technologiekonzepte für E-Mobility-Anwendungen im Logistikbereich vorgestellt. Allerdings wurden die Konzepte nicht näher und bezüglich ihrer Einsatzweise analysiert (vgl. ITD 2010). Es sind jedoch noch keine Auswertungen durchgeführt worden über Erfolgsfaktoren, Potenziale, Restriktionen, Nutzungskonzepte und Auswirkungen auf bestehende Logistiksysteme durch die E-Mobility-Anwendung.

Bewertungsmodelle der Logistik und der Verkehrsträgerwahl

Die Unternehmen stehen vor der Frage, ob ein Logistikkonzept mit E-Mobility-Fahrzeugen effizienter ist als ein klassisches Logistikkonzept

und somit wirtschaftliche Potenziale durch den Einsatz von E-Fahrzeugen zu heben sind. Antworten auf diese Fragestellung liefert die Logistikpotenzialbewertung. Vom Antragssteller wurde zur Bewertung von Logistiksystemen eine Methodik im Rahmen des Forschungsprojekts „bilanzfähige Logistik“ erarbeitet. Dieses ermöglicht den Vergleich verschiedener Logistiksystemkonfigurationen und lässt Aussagen über die Vorteilhaftigkeit von Logistikinvestitionen zu (vgl. Wildemann 2003b, 2003a, 2004). Es klammert jedoch ökologische Aspekte aus, die in der Vergangenheit eine untergeordnete Rolle spielten. Eine Shell-Studie zum Straßengüterverkehr zeigt jedoch, dass durch Abgasnormen, Umweltzonen, Emissionsvorschriften aber auch gesellschaftliche Forderungen ökologische Aspekte zu zentralen Bewertungskriterien bei der Vergabe von Transportumfängen werden (vgl. Lenz et al. 2010). Um den Nutzen der E-Mobility in der Logistik jedoch ganzheitlich zu bewerten, bedarf es einer integrierten Betrachtung von Ökonomie und Ökologie. Im Rahmen des Forschungsprojekts ETIENNE wurde eine integrierte Bewertungsmethodik für Entsorgungsketten entwickelt. Allerdings kann diese nicht zur Bewertung der Integration der E-Mobility bei Logistikdienstleistern herangezogen werden, da diese Bewertung zum einen die Spezifika nicht berücksichtigt und zum anderen nur eine Grobbewertung darstellt (vgl. Lasch/ Günther 2004).

Insgesamt ist festzustellen, dass zur Transportmittelwahl noch keine Modelle entwickelt wurden, welche speziell die Fragen beantworten, ob und für welche Transportaufgaben E-Mobility-Konzepte in das

Logistiksystem wirtschaftlich und ökologisch nachhaltig integriert werden können. Als Basis eines solchen Modells sind tiefgreifende Kenntnisse sowohl über die E-Mobility in der Logistik als auch über die ökologischen Wirkungen erforderlich. Für Zweites erweist sich vor allem die Berücksichtigung des CO_2-Footprint als Messgröße der Emissionsbelastung als zielführend.

CO_2-Footprint der Logistik

Der CO_2-Footprint stammt aus der Nachhaltigkeitsforschung. Zahlreiche Unternehmen und Institutionen nutzen diese Methode, um am Beispiel von CO_2 Aussagen über die externen Effekte der Unternehmensaktivität treffen zu können (vgl. Rogall 2008; BMU 2003). Die CO_2-Emissionen eignen sich als Kenngröße, da sie direkt proportional zum Energieverbrauch eines Unternehmens sind. Vor allem bei Logistikunternehmen bietet sich auch der CO_2-Footprint an, da die Bevölkerung und der Gesetzgeber ihren Fokus auf diese Kenngröße setzen. Aufgrund dieser Wirkzusammenhänge hat der CO_2-Footprint als Differenzierungsmerkmal an Bedeutung in der Logistikbranche gewonnen. Viele Kunden berücksichtigen diesen bei der Vergabe von Logistikumfängen an Dienstleister (vgl. Kersten et al. 2008; Wildemann 2011).

In einer ganzheitlichen Bewertung zukünftiger Logistiksysteme, die auf E-Mobility-Technologien zurückgreifen, muss demnach der CO_2-Footprint Berücksichtigung finden. Dieser sollte das ganze Logistiksystem mit allen Transportumfängen betrachten (vgl. Specht/ Braunisch 2010). Um vergleichbare Werte zu ermitteln, ist zur Beur-

teilung eines E-Mobility-Einsatzes bei Logistikdienstleistern die Ist-Situation zu bewerten und diese der Zielsituation gegenüberzustellen. Allerdings stößt diese Bewertung an ihre Grenzen, da sie aufgrund mangelnder Standardisierung der Bewertungsvorgehen sehr umfangreich unternehmensindividuell erarbeitet werden muss (vgl. Beucker 2005). Daraus resultiert auch eine mangelnde Vergleichbarkeit zu Wettbewerbern. Erste Ansätze greifen diese Problematik auf und behandeln die Erarbeitung von Bewertungsansätzen, die einen solchen Vergleich ermöglichen (vgl. BMU 2003, 2009; Viere 2011). Insbesondere für KMU in der Logistikbranche sind die Ansätze jedoch als ungeeignet zu bezeichnen, da die Erhebung der Daten diese vor große Herausforderungen stellt. Hier wären standardisierte Bewertungsmodelle wünschenswert, die basierend auf der Analyse der Einflussgrößen (Fahrzeug, Fahrsituation, Distanz, etc.) katalogisierte Bewertungsstandards für Logistikdienstleister bieten (vgl. Staniškis/ Arbačiauskas 2009).

1.3 Charakterisierung der Forschungskonzeption

Die derzeit vorherrschenden Marktcharakteristika, insbesondere das Nutzenverhalten, zwingt die Unternehmen zu einer Umorientierung in der Marktbearbeitung. Logistikdienstleister verfolgen ein primär kostenorientiertes Geschäftsmodell. Hierzu zählen ebenfalls die, von den Unternehmen assoziierten Hemmnisse der Elektromobilität im Fahrzeugeinsatz. Die Herausforderung der Fahrzeughersteller besteht damit vornehmlich in der Identifikation wirtschaftlich rentabler Einsatzarten sowie der Kommunikation sich daraus ergebender Potenziale.

Die Forschungskonzeption zielt darauf ab, die Potenziale der E-Mobility für kleine und mittelständische Logistikdienstleister nutzbar zu machen. Um dies gewährleisten zu können, wird ein auf die Interessen von KMU zugeschnittener Leitfaden erarbeitet, der den Unternehmen nach Abschluss des Vorhabens kostenlos zur Verfügung steht. KMU soll es durch den IT-gestützten Leitfaden ermöglicht werden, ihre individuellen Rahmenbedingungen interaktiv zu bewerten und darauf aufbauend spezifische Handlungsempfehlungen zur erfolgreichen Integration von Elektrofahrzeugen zu erhalten. Hierzu ist es nötig, die Potenziale und Hemmnisse der E-Mobility zu erfassen und bewertet in die Bildung von Handlungsempfehlungen einfließen zu lassen. Unter Berücksichtigung der Budgetrestriktionen von KMU sollen Stufenkonzepte zur schrittweisen Einführung der E-Mobility entwickelt werden. Der Untersuchungsfokus liegt dabei auf straßenverkehrsbezogenen Dienstleistungen und aktuell bekannten Technologien sowie den Gestaltungsfeldern Fuhrpark, Timing, Netzwerk, Mitarbeiter und Marketing. Um das Forschungsziel systematisch und umfassend erarbeiten zu können, wird sich diesem sowohl aus den Perspektiven der Praxis als auch denen der Theorie genähert.

Konkret wird dazu folgenden Forschungsfragen vor dem Hintergrund der betrieblichen Praxis von KMU nachgegangen:

- Wie können unterschiedliche Einsatzarten elektrifizierter Antriebsträng ökonomisch analysiert und hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit bewertet werden?

- Welche Einflussfaktoren determinieren die Wirtschaftlichkeit der Gebrauchsszenarien?
- Welche Potenziale eröffnen sich durch typenspezifischen Einsatz der E-Mobility für Logistikdienstleister?
- Welche Konzepte und Lösungen der E-Mobility können Logistikdienstleister bereits heute nutzen und welche Trends zeichnen sich ab?
- Welche Hemmnisse stehen KMU bei der Elektrifizierung des Fuhrparks entgegen?
- Wie können KMU die Integration von E-Fahrzeugen in einen bestehenden Fuhrpark optimal lösen?
- Wie lassen sich bestehende Logistiknetzwerke auf die Besonderheiten der E-Mobility anpassen?
- Welche Logistikdienstleistungen eignen sich besonders für den Einsatz von E-Fahrzeugen?

Aus Sicht der Wissenschaft wird folgenden Forschungsfragen nachgegangen:

- Mit welchen generellen Handlungsbedarfen können sich KMUs der Logistikbranche in den nächsten Jahren konfrontiert sehen?
- Wie sind Vorarbeiten über E-Mobility, Nachhaltigkeit, Green Logistics, CO_2-Footprint und rechtliche Rahmenbedingungen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf kleine und mittelständische Logistikdienstleister zu bewerten?

- Welchen Einfluss hat die Elektrifizierung von Fahrzeugen auf bestehende Logistikstrukturen?
- Welche betriebswirtschaftlichen Effekte können durch E-Mobility bei KMU erzielt werden?
- Welches sind die zentralen Erfolgsfaktoren einer elektrifizierten Logistik?
- Welchen Beitrag können KMU der Logistikbranche zur Sicherung der internationalen Vorreiterrolle Deutschlands bei der Einführung der E-Mobility leisten?

Zur Erreichung der Forschungsziele dient ein in sechs Module untergliederter Lösungsweg (Module A-F). Das Vorgehen ist so konzipiert, dass die Module die Forschungsfragen aus Theorie und Praxis aufgreifen und die gewonnenen Erkenntnisse zu einem Gesamtergebnis

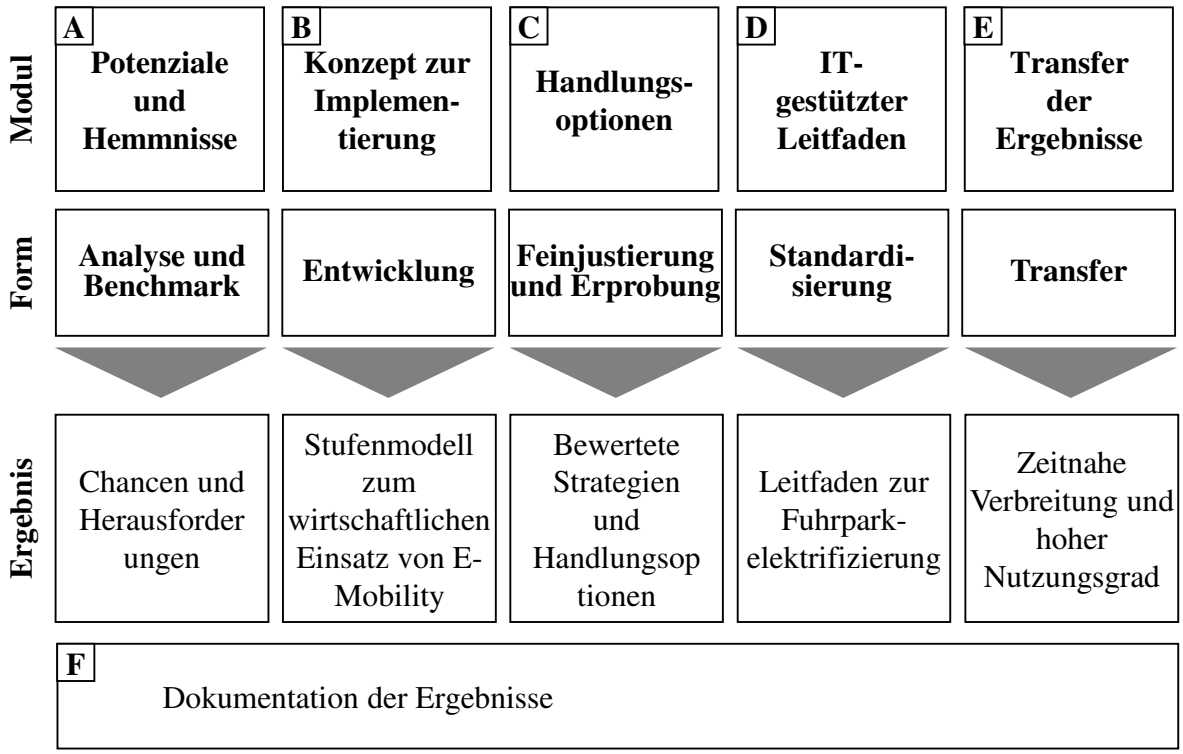


Abbildung 1-3: Vorgehensweise des Forschungsprojekts

zusammenführen. Modul A bildet die Grundlage für das Forschungsvorhaben. Vorhandene Daten aus Forschung und Praxis werden aggregiert und für die weitere Verwendung aufbereitet. Vorarbeiten über E-Mobility, Nachhaltigkeit, Green Logistics sowie CO_2-Footprint werden gesichtet und relevante Erkenntnisse extrahiert. Der Fokus der ausgedehnten Marktstudie liegt dabei auf Entwicklungstrends in der E-Mobility und der Logistikbranche, auf aktuellen und künftigen Mobilitätskonzepten, auf Wirtschaftlichkeitsfaktoren der E-Mobility, auf Geschäftsfeldern der straßengebundenen Logistikdienstleistungen und auf rechtlichen Rahmenbedingungen im ökologischen Umfeld. Die gewonnenen Daten werden in Workshops mit den Erfahrungswerten des projektbegleitenden Ausschusses gespiegelt und aus Sicht der Praxis in KMU bewertet. In diesem Zusammenhang gilt es, spezifische Herausforderungen zu identifizieren und sowohl unternehmensinterne als auch -übergreifende Handlungsbedarfe frühzeitig sichtbar zu machen. Eine erste Kategorisierung von Logistikdienstleistungen und deren Eignung für den E-Mobility-Einsatz dient der weiteren Fokussierung auf den Betrachtungsgegenstand. Potenziale, die von E-Fahrzeugen beim Einsatz in der Logistik ausgehen, werden identifiziert und vor dem Hintergrund eines wirtschaftlichen Einsatzes bei KMU bewertet. Darüber hinaus werden alle Hemmnisse aufgenommen, die einer zeitnahen Integration von E-Mobility-Lösungen bei Logistikdienstleistungen entgegenstehen. Die aus der Gegenüberstellung von Chancen und Risiken resultierende Problemstellung bildet eine robuste Basis für die nachfolgenden Forschungsmodule.

Modul B befasst sich mit der Entwicklung eines Stufenmodelles zum wirtschaftlichen Einsatz der E-Mobility bei Logistikdienstleistungen von KMU. Zu Beginn der Modellentwicklung stehen die Herleitung von Einflussfaktoren, Gestaltungsfeldern sowie deren jeweiligen Ausprägungen. Die Einflussfaktoren dienen dem Modell zur Charakterisierung von Rahmenbedingungen. Unternehmen können durch diese ihre spezifischen Herausforderungen bestimmen. Bei der Selektion der Einflussfaktoren für das Modell ist es wichtig, jene zu identifizieren, die den späteren Handlungsraum der Unternehmen beeinflussen und für die Wahl der richtigen Handlungsoption nötige Informationen liefern. Durch die Herleitung der Gestaltungsfelder gilt es, alle Handlungsoptionen abzubilden, die ein KMU zur Integration von E-Mobility hat. Neben der Katalogisierung von Einflussfaktoren und Gestaltungsfeldern ist ein weiterer, bedeutender Bestanteil des Modul B, beide Dimensionen in einem gemeinsamen Modell zu verbinden und alle Parameter für eine spätere Anwendung zu operationalisieren. Das Modul wird durch ein ganzheitliches Stufenmodell zur Analyse individueller Ausgangssituationen und Ableitung spezifischer Handlungsoptionen abgeschlossen.

In Modul C werden die Wirkungsdimensionen der in Modul B aufgestellten Parameter erprobt und iterativ justiert. Durch Unternehmensbefragungen, Interviews und Workshops findet eine empirische Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren, den Gestaltungsfeldern und den Zieldimensionen statt. Ausgehend von unterschiedlichen Rahmenbedingungen wird ergründet, welche Ge-

staltungsansätze dem Ziel einer wirtschaftlichen Fuhrparkanpassung am meisten dienen. Es wird dabei zwischen typspezifischen und allgemeingültigen Erfolgsfaktoren unterschieden. Für jeden Optimierungsansatz werden die Voraussetzungen identifiziert, die für eine schnelle Realisierung im Unternehmen unumgänglich sind. Handlungsmöglichkeiten werden zeitlich gestuft. Auf Basis dieser Erkenntnisse werden Normstrategien zur wirtschaftlichen Implementierung der E-Mobility zusammengestellt. Die praktikable Umsetzbarkeit wird genau so beachtet wie die Nutzung maximaler Synergieeffekte. Abgeschlossen wird das Modul durch eine Erprobung der entwickelten Normstrategien in der Praxis. Ergebnis des Modul C sind bewertete Normstrategien und typspezifische Handlungsoptionen zur wirtschaftlichen Integration von E-Fahrzeugen in Logistikdienstleistungen bei KMU.

Modul D dient der Überführung der gewonnen Forschungsergebnisse in einen IT-gestützten Leitfaden. Im Modul D werden die Forschungsergebnisse aus Modul A, B und C abstrahiert und in ein selbsterklärendes IT-Tool überführt. Nutzern soll es ermöglicht werden, basierend auf einer Selbstdiagnose (Justierung der Einflussfaktoren) individuelle Handlungsempfehlungen (Ausprägung der Gestaltungsfelder) zu erhalten. Die Wirkungszusammenhänge der einzelnen Parameter werden hierzu elektronisch abgebildet. Besonderer Wert wird auf eine einfache Nutzung und eine hohe Praxisnähe der abgeleiteten Empfehlungen gelegt, um eine schnelle Verbreitung der Forschungsergebnisse bei zu KMU gewährleisten. Identifizierte Erfolgsfaktoren und Norm-

strategien zur E-Mobility werden mit einbezogen. Nach ersten Funktionstests werden die erarbeiteten Bewertungs- und Vorgehensmodelle zusammen mit den Partnerunternehmen an konkreten Fällen erprobt sowie validiert. Es werden reale Unternehmensdaten eingepflegt sowie die entsprechenden Ergebnisse bewertet. Die gewonnen Erkenntnisse führen zu einer Feinjustierung des Stufenmodells und zu einer Anreicherung der Datenbasis. Modul D wird durch einen elektronischen Leitfaden abgeschlossen, der es KMU aufwandsarm ermöglicht, typspezifische Handlungsempfehlungen zur Adaption der E-Mobility abzuleiten. Modul E: Transfer der Ergebnisse: Modul E sichert den Transfer der Forschungsergebnisse in die breite Öffentlichkeit ab und fördert die zeitnahe Umsetzung von E-Mobility-Strategien bei KMU. Die Basis für den Transfer der Forschungsergebnisse in Wissenschaft und Praxis bildet die Feinkonzeptionierung eines Transferkonzeptes, das an die Besonderheiten von kleinen und mittelständischen Logistikdienstleistern angepasst ist. Hierin werden spezielle Kongresse und die Fachpresse einbezogen. Um einen optimalen Transfer zu gewährleisten, werden alle Erkenntnisse angemessen abstrahiert, verallgemeinert und in kommunikationsfähigen Paketen aufbereitet. Kernbestandteil ist dabei das adaptive Stufenmodell, das in einem elektronischen Leitfaden zur Fuhrparkelektrifizierung abgebildet ist. Der selbsterklärende Leitfaden wird öffentlichkeitswirksam vermarktet und Unternehmen kostenlos zur Verfügung gestellt. Besonderer Wert wird auf die gezielte Einbindung von Unternehmen gelegt, die einen multiplizierenden Effekt haben. Die Einbindung unterschiedlichster

Medien und Kommunikationskanäle sichert eine hohe Breitenwirkung. Modul E mündet in der Konzeption, Feinausgestaltung und Umsetzung eines mehrdimensionalen Transferkonzeptes zur Sicherung des nachhaltigen Nutzens der Forschungsergebnisse in Wissenschaft und Praxis.

Modul F hat die laufende Dokumentation des Forschungsfortschrittes und der gewonnen Ergebnisse zum Inhalt. Begleitend zum Gesamtprojekt werden alle Ergebnisse parallel zu den Modulen A bis E fortlaufend dokumentiert und transparent aufbereitet. Den laufenden Projektfortschritt und dessen Abgleich mit den definierten Modulergebnissen gilt es, stets auszuweisen. Meilensteine werden an ihrem Erfüllungsgrad gemessen und ggf. bei Abweichungen Gegenmaßnahmen zur Projektadjustierung vorgenommen. Internetrecherchen, Fallstudien der Partnerunternehmen und neu erschienene Literatur ergänzen kontinuierlich die Wissensbasis. Die Aggregation aller Teilergebnisse zu einem Abschlussbericht ermöglicht einen kompletten Überblick über die getätigten Arbeiten und Ergebnisse des Forschungsprojekts. Alle Aktivitäten und Ergebnisse werden darin nachvollziehbar für Wissenschaft und Praxis aufbereitet.

2 Logistikdienstleistungsindustrie als Betrachtungsgegenstand

2.1 Trends und Herausforderungen in der Logistik

Die Bedeutung der Logistik ist einem anhaltendem Wandel ausgesetzt. Aktuelle Trends aus dem globalen Umfeld ändern die Anspruchshaltung gegenüber der Logistik elementar. Fünf Megatrends können hierbei identifiziert werden: Demografische Entwicklung, Globalisierung und Kundenmärkte, Technologie und Internet, Individualisierung und Flexibilität, Nachhaltigkeit und Umwelt sowie ein stetig zunehmender globaler Preisdruck. Diese werden als zentrale Wandlungstreiber der Logistik angesehen (vgl. Abbildung 2-1).

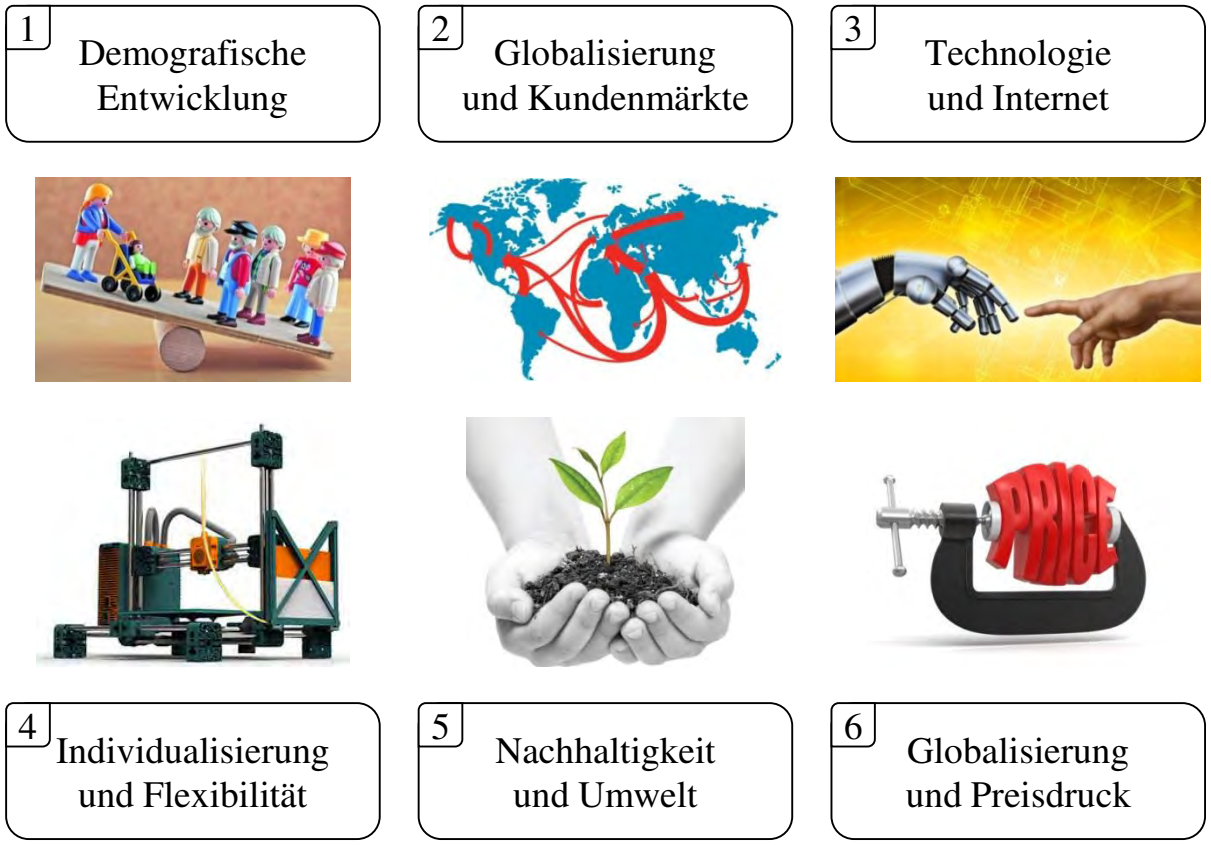


Abbildung 2-1: Megatrends in der Logistik als Treiber zum Wandel

Während heute aus intrinsischer Motivation oder als Reaktion auf Druck von Kunden und Gesellschaft verstärkt Nachhaltigkeitsanforderungen als Kriterium in das allgemeine Bewusstsein rücken, waren es früher primär Kosten, Qualität und Zeit welche die Güte der Logistik bestimmt haben. Obgleich dieser Wandel bis dato noch als sehr subjektiv wahrgenommen wird, ist eine zunehmende Beugung gegenüber diesen Trends auch faktisch festzustellen. Aus diesem Grund ist eine objektive Logik hinter diesen Faktoren nicht zu leugnen.

Die wachsende Weltbevölkerung wird in Zukunft zu einer deutlich erhöhten Komplexität durch stetig steigende Volumen des Warenaustauschs führen. Seit 1970 hat sich der globale Warenverkehr etwa verdreißigfacht (vgl. Wohlfahrt/ Vogt 2010). Die Globalisierung als zentralen Treiber dieser Entwicklung zu platzieren, ist nur als logischer Schluss zu verstehen. Die Verlagerung einzelner Produktionsstätten und –stufen in andere Länder trägt der Logistik neue und komplexere Aufgabenfelder auf: Die transnationale Verbindung der einzelnen Bestandteile eines Produktionsnetzwerks. Die zunehmende Globalisierung der Beschaffung durch Global Sourcing- und Just-in-Time-Prinzipien erfordert intelligente Logistiksysteme aber auch eine fortwährende Kontrolle und Optimierung dieser Elemente (vgl. Klearding/ Große 2012). Auch der Warenaustausch befindet sich derzeit im Wandel. Die sich hin zum Online- und somit Versandhandel verändernden Konsumgewohnheiten erfordern eine zunehmende Dezentralisierung der Logistik. Tiefgreifende Auswirkung auf die Warenströme haben zudem die vermehrt individuell ausgeprägten Wünsche und

Anforderungen der Kunden. Somit ist insgesamt mit einem steigenden Logistikaufkommen zu rechnen (vgl. Abbildung 2-2). Doch bereits heute ist der Transportsektor für 16 % der gesamten weltweiten CO_2-Emissionen verantwortlich. Ein sich zu den ansteigenden Warenströmen direkt proportionaler Anstieg der CO_2-Ausstoßes zum

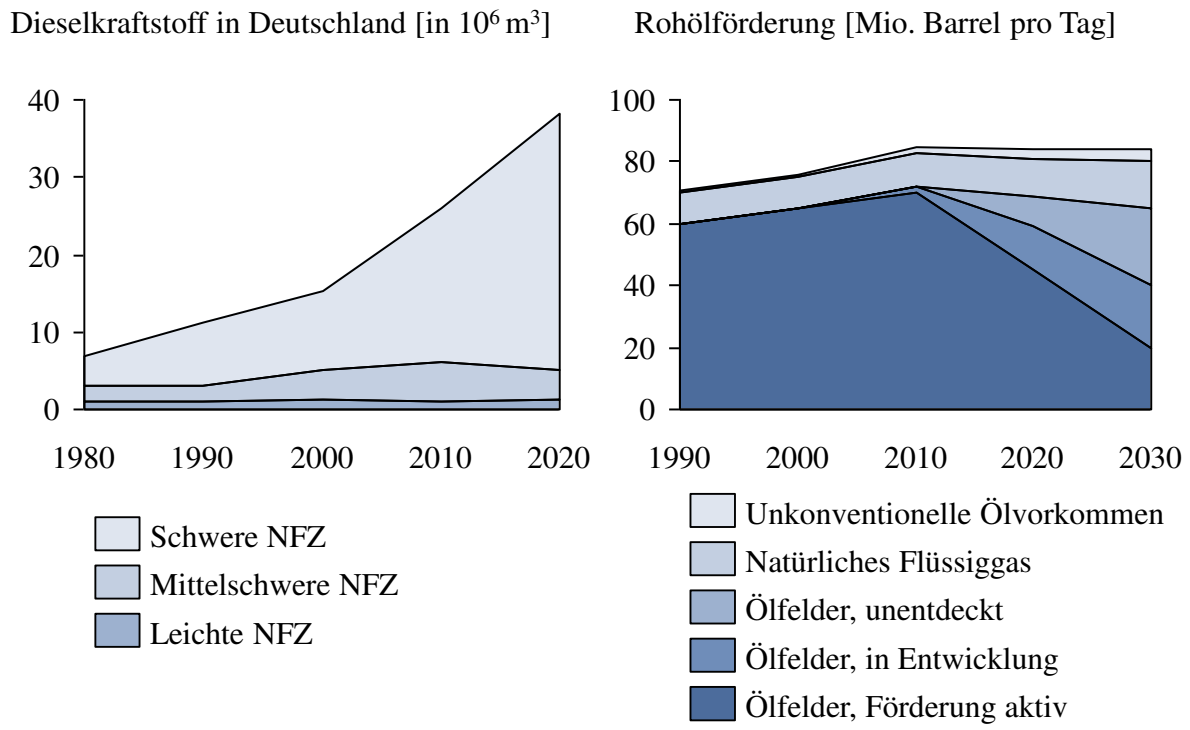


Abbildung 2-2: Vergleich von Kraftstoffbedarf und verfügbaren Ressourcen

Transportvolumen würde folglich erheblich negative Auswirkungen auf die weltweite CO_2-Bilanz haben. Neben dieser Treibhausgasorientierten Betrachtung erfordert jedoch auch die Verknappung der fossilen Brennstoffe eine stärker ausgeprägte Nachhaltigkeit seitens der Logistik. In den kommenden Jahren ist demzufolge ein deutlicher Anstieg des Bedarfs an Dieselkraftstoffen insbesondere durch die Zunahme im Bereich der Schwerlast-Nutzfahrzeuge zu beobachten. Obgleich kontinuierlich neue Ölfelder und moderne Fördertechnologien

wie das umstrittene Fracking die Ölvorkommen stetig anwachsen lassen, ist nicht davon auszugehen, dass diese den zusätzlichen Energiebedarf gänzlich decken können. Verschiedene Studien prognostizieren in diesem Zusammenhang eine Halbierung der jährlichen Ölfördermenge bis 2030. Obgleich die Energiepreise aufgrund der sich abschwächenden Weltkonjunktur kurzfristig fallen, werden mittel- bis langfristig stets Steigende prognostiziert (vgl. Wohlfahrt/ Vogt 2010). Diese Trends der steigenden Komplexität, der Dezentralisierung, einem steigenden Warenumsatz in Kombination mit steigenden Rohstoffpreisen, setzten Unternehmen allgemein, und in diesem Kontext insbesondere Logistikdienstleister, unter Druck den strategischen sowie operativen Wandel zur ganzheitlichen Nachhaltigkeit zu vollziehen (vgl. Wohlfahrt/ Vogt 2010). Die Ökologische Belastung durch CO_2 Emissionen und anderen Schadstoffe in Verbindung mit der zunehmenden ökonomischen Belastung durch steigende Energiekosten, zwingt Unternehmen dazu, eine nachhaltige und ressourcenschonende Logistik zu etablieren. Laut einer Umfrage des BVL wird die Entwicklung der Energie- und Rohstoffpreise bei Logistikdienstleistern als einer der wesentlichen Risikofaktoren wahrgenommen (vgl. Abbildung 2-3). Drei von vier Unternehmen sind einer VDI-Umfrage zufolge von der Rohstoffverknappung betroffen. Von den befragten Unternehmen gehen 66% von einer steigenden Kostenentwicklung aus, welche die Wettbewerbssituation gefährdet (vgl. Klearding/ Große 2012). Die gestiegenen Kosten an die Kunden weiterzugeben, ist für Logistikunternehmen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden.

Obgleich die Transportkosten zuletzt wieder gestiegen sind, sind diese Anstiege jedoch als konjunkturell zu erachten und erlauben keinesfalls Ölpreisanstiege oder dergleichen zu kompensieren (vgl. Wohlfahrt/ Vogt 2010).

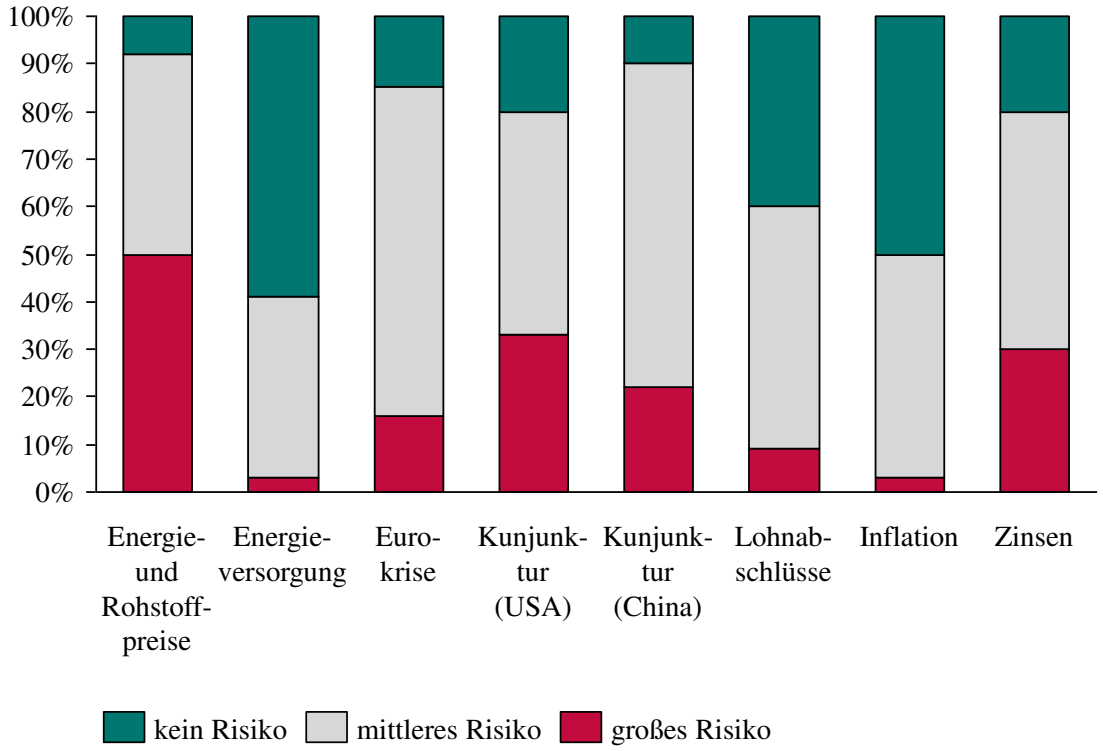


Abbildung 2-3: Konjunkturrisiken bei Logistikdienstleistern (vgl. Kooths 2013)

Da eine Beeinflussung der Makroökonomischen Rahmenbedingungen nicht direkt beeinflussbar sind, müssen die Herausforderungen steigender Kosten und sinkenden Preisen durch die Steigerung der Effizienz begegnet werden. Die Minimierung des Ressourceneinsatzes bei gleichzeitiger Maximierung des Outputs ist also das zu erreichende Ziel. Neben der ökologischen Ressourceneffizienz gilt es jedoch auch soziale Nachhaltigkeit und eine ökonomische Nachhaltigkeit zu erfüllen, um den Kundenanforderungen gerecht zu werden. Die Erhaltung

des Status quo stellt für die Unternehmen keine zielführende Alternative dar.

2.1.1 Spezialisierung als Herausforderung für Logistikdienstleister

Mit dem steigenden Bedarf an Logistikleistungen geht eine kontinuierliche Zunahme der Komplexität in Planung, Steuerung und Koordination einher. Die Revolution in der Logistik ist daher von Unternehmen geprägt, welche zunehmend die Möglichkeit des Outsourcings von logistischen Aufgaben nutzen und die Leistungsfähigkeit der Dienstleister fordern (vgl. Abbildung 2-4). Hierbei werden immer mehr Aufgaben an externe Logistikdienstleiser vergeben, um somit eine Konzentration auf die eigenen Kernkompetenzen zu ermöglichen.

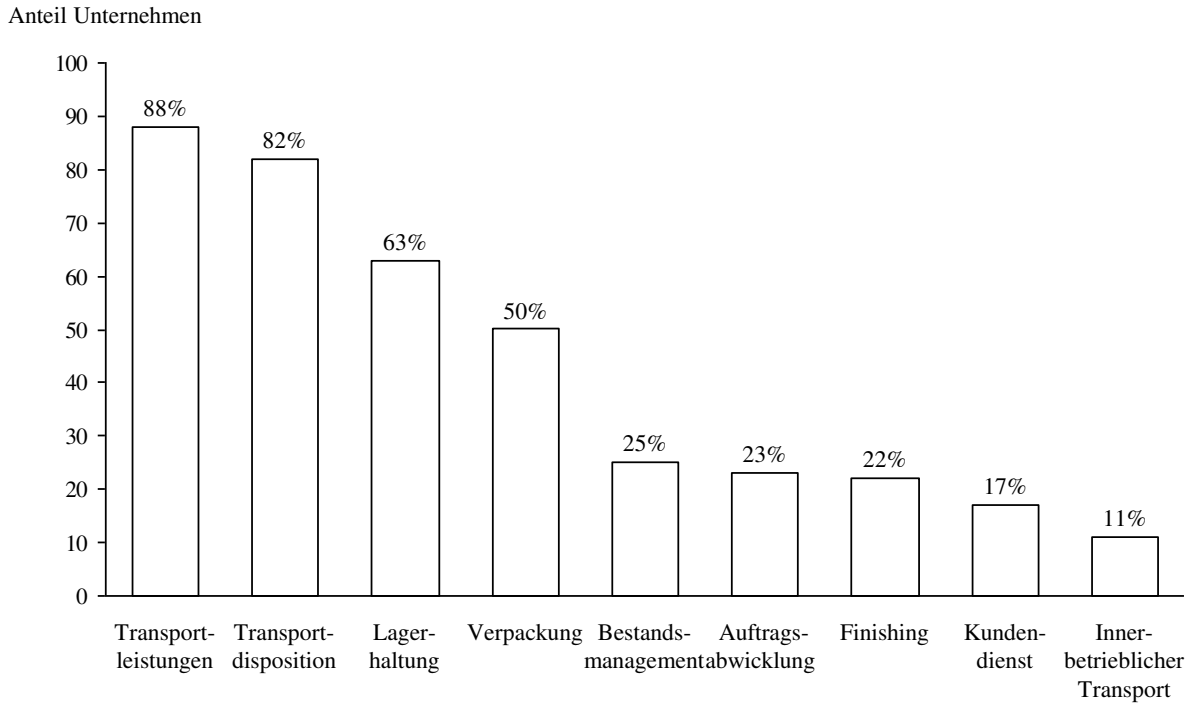


Abbildung 2-4: Outsourcing von Logistikleistungen

Neben den klassischen Kernleistungen, wie Transport- und Lagerleistungen, übernehmen spezialisierte Logistikdienstleister daher auch

umfangreiche Zusatzaufgaben, wie z.B. Informations-, Finanz- und weitere Koordinationsleistungen im Schnittstellenbereich. Die externe Bewirtschaftung bietet dem Dienstleister die Möglichkeit der Übernahme eines Funktionsbündels von Kunden, das über die reine Lagerung, Kommissionierung und den Transport hinausgeht (vgl. Abbildung 2-5). Das resultierende Spektrum des Handelns reicht dabei von der Fremdvergabe logistischer Leistungen bis hin zur vollständigen Verlagerung der Bestandsverantwortung an externe Dritte. Der Trend zum Auslagern von Logistikleistungen birgt sowohl Chancen als auch Risiken. Die für das Auslagern von Logistikleistungen am häufigsten genannten Beweggründe sind einer Studie zufolge Potenzialerwartungen hinsichtlich Qualität, Zeit und Kosten.

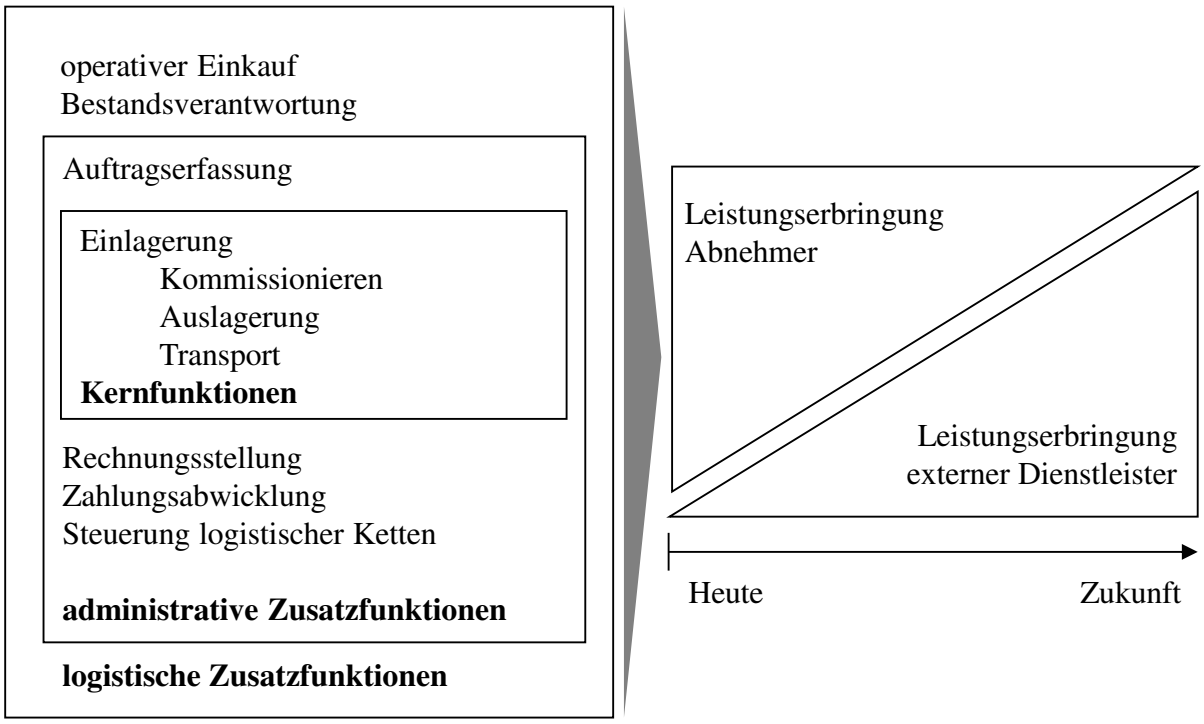


Abbildung 2-5: Wandel zur kundenorientierten Logistik

Durch die zunehmende Spezialisierung und Konzentration auf Kernkompetenzen erlaubt das Outsourcing eine optimalere Ressour-

cenallokation, reduzierte Komplexität und eine höherer Flexibilität zu erreichen. Kosteneinsparungen werden durch den Economie-of-Scale Effekt erreicht. Einhergehend mit der Vergabe von Logistikleistungen an externe Dritte, steigt das Risiko einer strategischen und operativen Abhängigkeit gegenüber dem Logistikdienstleister. Die Abhängigkeit steigt in dieser Hinsicht exponentiell mit der Spezifität der ausgelagerten Leistungsstruktur. Gelichzeitig ist mit der Übertragung der Aufgaben ein Abbau interner Ressourcen und Kapazitäten verbunden, der nur langfristig und mit erheblichem Mehraufwand wieder aufgebaut werden kann.

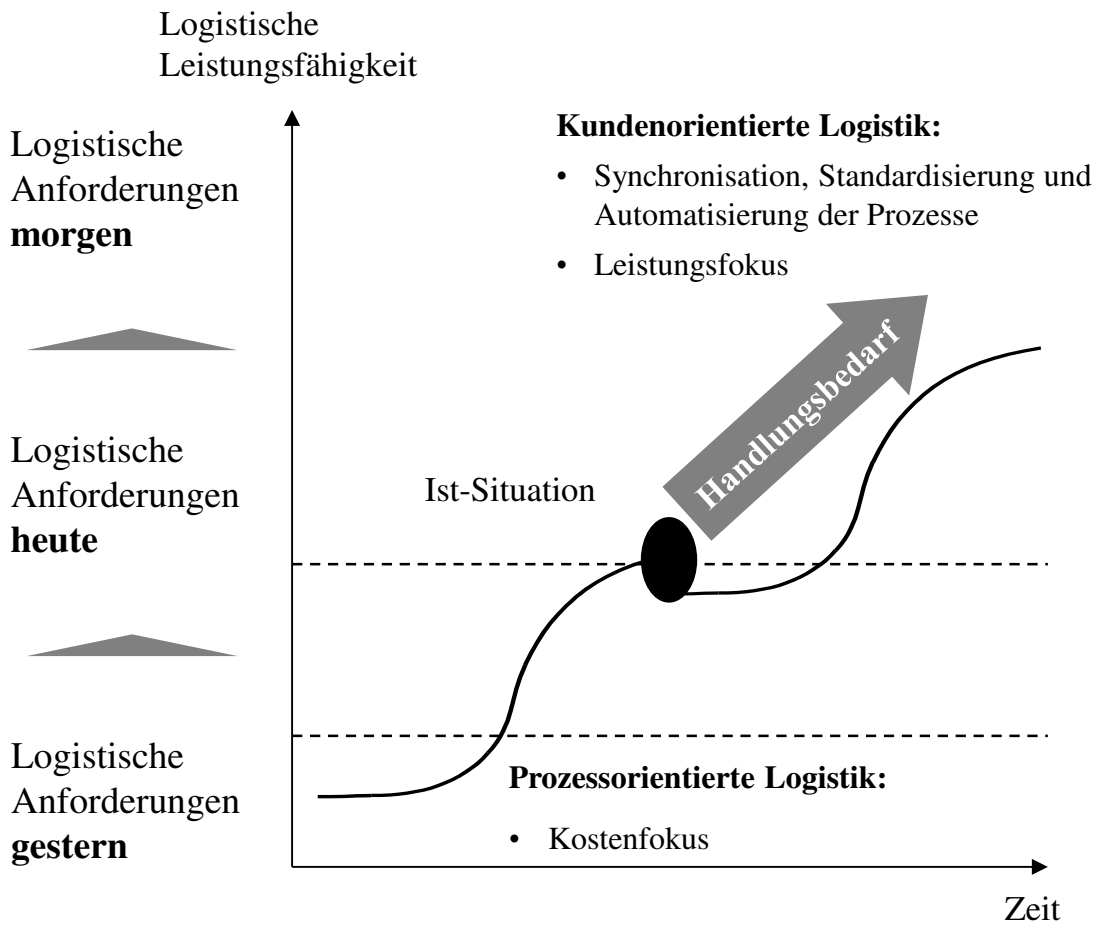


Abbildung 2-6: Herausforderung logistischer Leistungsfähigkeit

Das Entstehen komplexer Schnittstellen erhöht zusätzlich das Fehlerrisiko und stellt den Dienstleister vor die Herausforderung als externer Partner die internen Prozesse und Anforderungen im Rahmen der Leistungserbringung zu verinnerlichen (vgl. Vahrenkamp/ Kotzab 2012a). Der Trend weg von der prozessorientierten und hin zu der spezialisierten, kundenorientierten Logistikleistung verursacht bei den Leistungserbringern einen verstärkten Handlungsbedarf, um den logistischen Anforderungen von morgen gerecht werden zu können. Das entstehende Beziehungsgeflecht zwischen Prinzipal und Agenten manifestiert sich in der stetig größer werdenden Herausforderung der Spezialisierung von Logistikdienstleistungen.

2.1.2 Nachhaltigkeit als Herausforderung für Logistikdienstleister

Die zu Beginn aufgeführten Trends über die Spezialisierung hinaus lassen sich zu einer weiteren zentralen Implikation zusammenführen. Nachhaltiges Handeln wird aufgrund der erwähnten Entwicklungen im Unternehmensumfeld zur zentralen Herausforderung in der Logistik. Nachhaltigkeit und dessen Implikationen für Unternehmensprozesse sind zumeist nur unzureichend definiert, um diese bei betriebswirtschaftlichen Entscheidungen berücksichtigen zu können. Der Begriff der Nachhaltigkeit ist in den vergangenen Jahren immer mehr in den Fokus wesentlicher Herausforderungen für Unternehmen getreten (vgl. Grunwald/ Kopfmüller 2012). Eine Handlung ist per Definition als nachhaltig zu verstehen, wenn sie „die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne zu riskieren, dass künftige Generationen ihre eigenen Bedürfnisse nicht befriedigen können“ (vgl. Müller et al. 2010). Die-

ses Prinzip wird, sowohl aus ökologischen aber überwiegend auch aus ökonomischen Beweggründen in unternehmerische Handlungen integriert. Die Verknappung gepaart mit einem steigenden Bedarf an wertvollen Ressourcen (vgl. Abbildung 2-7) wesentlich bedingt durch ein starkes wirtschaftliches Wachstum wurde bereits in den frühen Siebzigern im Rahmen des Berichts „Die Grenzen des Wachstums“ propagiert (vgl. Meadows et al. 1972). Kundenseitig wurde der Paradigmenwechsel bereits frühzeitig erkannt. Dies manifestiert sich in einer besonders in Industrienationen zunehmend von Nachhaltigkeit geprägten Kundenanforderung in Bezug auf Produkte, Services, Organisation und Produktion.

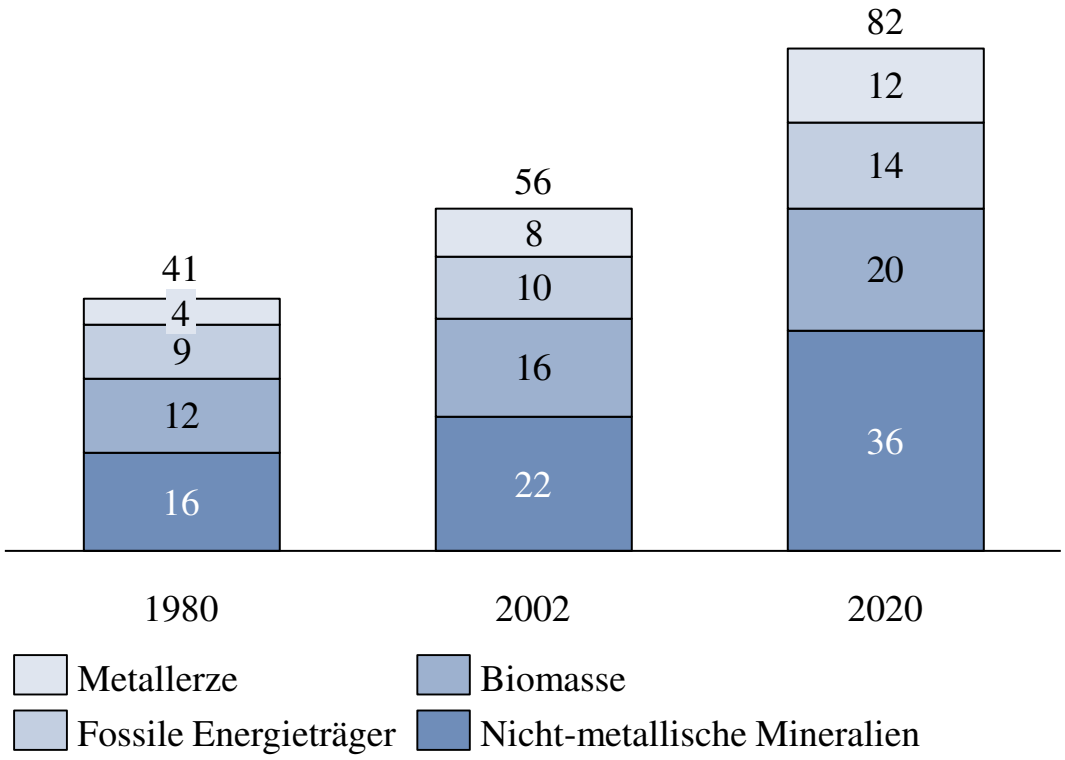


Abbildung 2-7: Wachstum der Rohstoffnachfrage (vgl. Rohn 2010)

Der steigende Ressourcenbedarf bei gleichzeitig begrenzter Ressourcenverfügbarkeit erzeugt eine erhebliche Verknappung nach dem

Prinzip von Angebot und Nachfrage. Das unbezwingbare Marktprinzip zwischen Angebot und Nachfrage führt dabei zwangsläufig zu steigenden Ressourcenpreisen, welche die Kostensituation der Unternehmen gefährden (vgl. Weber et al. 2012).

Nach dem Konzept der „Triple-Bottom-Line“ kann Nachhaltigkeit in drei Dimensionen beschrieben werden. Neben der Perspektive der Ökonomie und Soziales wird Nachhaltigkeit dabei insbesondere durch die Dimension der Ökologie beschrieben (vgl. Wildemann 2013b). Die Dimensionen des somit aufgespannten Triangels der Nachhaltigkeit gilt es entsprechend simultan und möglichst vollumfänglich zu erfüllen. Etwaige teils konträre Wechselwirkungen gilt es zu berücksichtigen und in Einklang mit der Unternehmensstrategie zu bringen. Die Warentransporte in der Logistik sind insgesamt für etwa 16% der weltweiten CO_2-Emissionen verantwortlich (vgl. Müller et al. 2010). Aufgrund der akuten Brisanz der Thematik wird im Bereich des Warentransports die Diskussion der Nachhaltigkeit verstärkt auf die Emission von Treibhausgasen und somit die Dimension der Ökologie reduziert. Die Aufrechterhaltung der ökologischen Leistungsfähigkeit ist ein wesentlicher Bestandteil der ökologischen Dimension. Hierbei geht es zum einen darum, einen unnötigen Verzehr von natürlichen Ressourcen zu vermeiden, und zum anderen darum, innovative Produkt- und Servicekonzepte zu entwickeln, um damit weniger ökologische Konzepte ersetzen zu können. Ziel der ökonomischen Dimension ist es, einen fairen und wohlfahrtsmaximierenden Wettbewerb zu realisieren. Die Dimension beschreibt die effiziente Erfüllung der indivi-

duellen und gesellschaftlichen Anforderungen an das Unternehmen. Dabei ist die ökonomische Leistungsfähigkeit einer Gesellschaft im Zeitverlauf nicht durch lediglich quantitative Maßnahmen, sondern auch durch qualitative Maßnahmen zu steigern (vgl. Herrmann 2010). Die dritte Dimension der Nachhaltigkeit zielt auf den Erhalt des Sozialkapitals ab. Dabei steht die Sozialverträglichkeit des Unternehmens im Vordergrund, welche innerbetriebliche Aktivitäten wie bspw. die Arbeitsbedingungen sowie das gesellschaftliche Engagement beinhaltet (vgl. Balderjahn 2004).

2.2 Kernkompetenzanalyse der Logistik

Grundlage der Untersuchung bezüglich des Einsatzes von E-Mobility Konzepten bei Logistikdienstleistern bildet eine Analyse der Rahmenbedingungen der heutigen Logistik. Hierbei werden theoretische und praktische Grundlagen erörtert, welche für die spätere Beschreibung des Einsatzes von E-Mobility relevant sind. Hierzu wird zunächst eine allgemeine Kernkompetenzanalyse der Logistik durchgeführt und deren Bedeutung diskutiert, um im Anschluss die spezifischen Aufgabenfelder von Logistikdienstleistern zu erörtern.

2.2.1 Begriff der Logistik

Zum Verständnis der Logistik als Gestaltungsbereich werden im Folgenden die Wirkbereiche und wirtschaftliche Bedeutung der Logistik beschrieben. Abbildung 2-8 gibt hierzu zunächst einen Überblick über in der Literatur gängige Definitionen der Begrifflichkeit der Logistik. Im Verlauf der Entwicklung hat der Begriff der Logistik unterschied-

liche Ausprägungen und Interpretationen erfahren. Das aufgeführte Spektrum an unterschiedlichen, teils widersprüchlichen Auffassungen verdeutlicht diesen Fakt. Ausgehend von einem wissenschaftskonzeptionellen Logistikverständnis (Logistik als wissenschaftliche Lehre)

(vgl. Günthner 2009)	„Der klassische Logistikbegriff umfasst in Unternehmen die ganzheitliche Planung, Steuerung, Koordination, Durchführung und Kontrolle aller unternehmensinternen und unternehmensübergreifenden Güter- und Informationsflüsse“.
(vgl. Göpfert 2000)	„Logistik ist ein spezieller Führungsansatz zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Flüsse von Objekten (Güter, Informationen, Personen) in unternehmensweiten und -übergreifenden Wertschöpfungssystemen.“
(vgl. Pfohl 2010a)	„Zur Logistik gehören alle Tätigkeiten, durch die die raumzeitliche Gütertransformation hinsichtlich der Gütermenge und -sorten, der Güterhandhabungseigenschaften sowie der logistischen Determiniertheit der Güter geplant, gesteuert, realisiert oder kontrolliert werden. Durch das Zusammenwirken dieser Tätigkeiten soll ein Güterfluss in Gang gesetzt werden, der einen Lieferpunkt mit einem Empfangspunkt möglichst effizient verbindet.“
(vgl. Wildemann 2013a)	„Logistik beinhaltet neben der Steuerung, Abwicklung und Überwachung von Material- und Informationsflussaktivitäten eine Grundhaltung zur zeiteffizienten, kunden- und prozessorientierten Koordination von Wertschöpfungsaktivitäten.“

Abbildung 2-8: Definitionen des Logistikbegriffes

über problem- und aufgabenbezogene Logistikcharakterisierungen werden letztendlich führungsorientierte Koordinationsansätze sowie strategieorientierte Erklärungsansätze zur Definition der Logistik aufgeführt. Einigkeit herrscht jedoch darüber, dass die Logistik mit eine zielgerichtete Überbrückung von Raum- und Zeitdisparitäten verbunden ist. Logistische Aktivitäten verbinden zeitlich und räumlich entkoppelte Prozesse der Produktion und Konsumption miteinander ohne, dass diese eine bewusste physische Veränderung ihrer Eigenschaften erfahren. Im Sinne der Konzeption als Unternehmenslogistik versteht sich der Begriff als überwindende Gestaltung, Steuerung und Koordination der Material- und Produktflüsse sowie den zugehörigen Informationsflüssen. Diese reichen von den Lieferanten über die

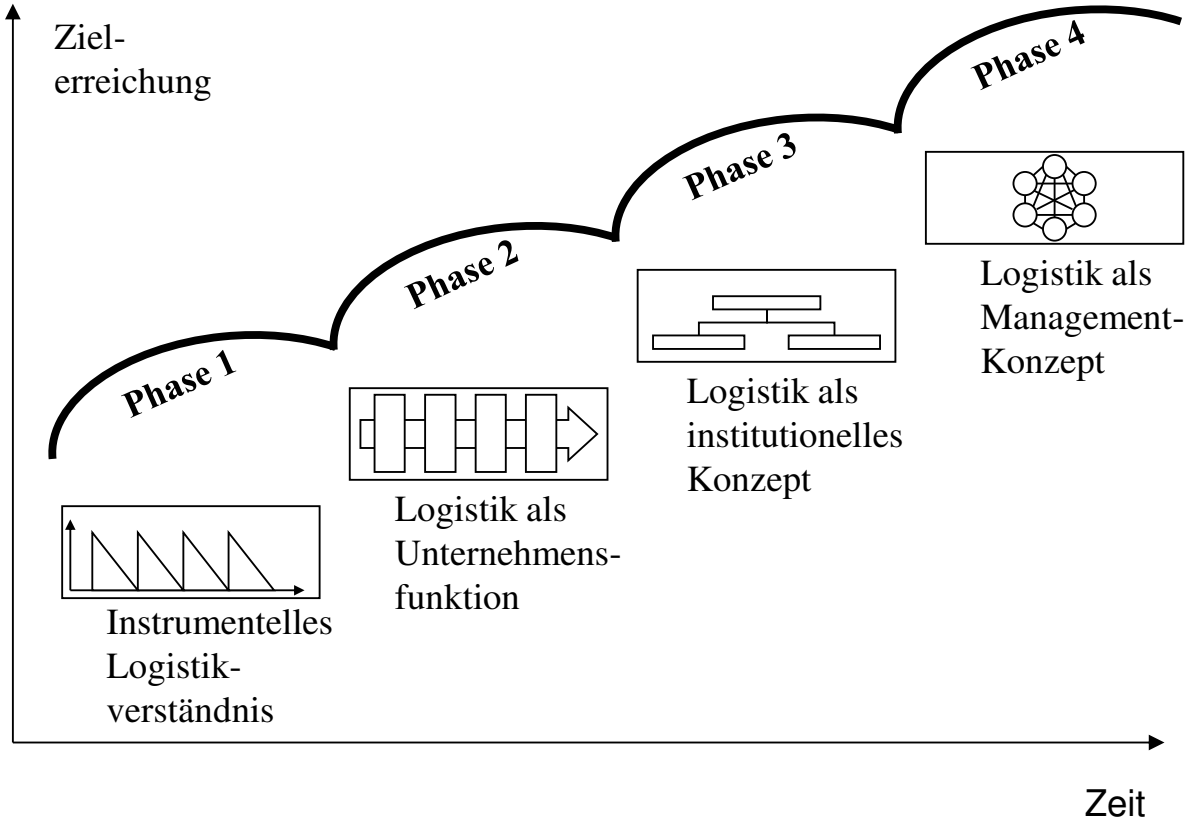


Abbildung 2-9: Entwicklungsphasen der Logistikkonzeption

Unternehmen bis hin zu den Kunden. Zusammenfassend haben sich die in Abbildung 2-9 dargestellten Konzepte der Logistik im Zeitverlauf etabliert. Die Instrumentelle Logistikkonzeption umfasst das betriebswirtschaftliche und technologische Instrumentarium, welches im Rahmen logistischer Aufgaben benötigt wird. Neben dem Einsatz und der Nutzung verschiedener Materialfluss-, Information- und Kommunikationstechnologien, umfasst diese Entwicklungsstufe auch Methoden zur Planung, Steuerung und Kontrolle logistischer Prozesse. Aus dem funktionalen Blickwinkel betrachtet, tritt die Logistik als eigenständige Unternehmensfunktion neben den klassischen Subsystemen wie Forschung und Entwicklung, Einkauf, Produktion und Vertrieb auf. Das Aufgabenfeld der Logistik setzt sich dabei aus sämtlichen für die Ver- und Entsorgung einer Unternehmung notwendigen operativen, administrativen und dispositiven Aktivitäten zusammen. Die institutionelle Konzeption der Logistik betrachtet die Integration in die unternehmerische Organisation und die aufbauorganisatorische Strukturierung. Im Sinne einer strukturellen Bündelung der Ressourcen werden in dieser Betrachtungsweise die Voraussetzungen für eine ganzheitliche Optimierung der Material- und Informationsflüsse geschaffen. Als Weiterentwicklung ist die Managementorientierte Logistikkonzeption zu verstehen. Hierbei werden strategische Gestaltungsaspekte in den Vordergrund gestellt und die Logistik als ganzheitliches Führungskonzept verstanden. Unter Logistik wird dabei nicht nur die Steuerung, Abwicklung und Überwachung von Material- und Informationsflussaktivitäten verstanden. Vielmehr wird darunter

eine Grundhaltung zur zeiteffizienten, kunden- und prozessorientierten Koordination von Wertschöpfungsaktivitäten verstanden. Logistik nimmt neben den funktionalen Spezialisierungen auch koordinative Aufgaben wahr. Dies impliziert logistisches Denken und Handeln in sämtlichen Unternehmenseinheiten und Hierarchiestufen. Das ganzheitliche Management eines Wertschöpfungsgefüges wird in der Literatur auch als Supply Chain Management beschrieben. ***Wildemann*** definiert dieses genauer als Organisations- und Managementphilosophie, die durch eine prozessoptimierte Integration der Aktivitäten der am Wertschöpfungssystem beteiligten Unternehmen auf eine unternehmensübergreifende Koordination und Synchronisierung der Informations- und Materialflüsse zur Kosten-, Zeit- und Qualitätsoptimierung zielt (vgl. Wildemann 2013c).

Eine Spezifizierung des Logistikverständnisses wird über die konkreten Tätigkeiten eines Logistikdienstleisters vorgenommen. Da sich die Ausarbeitung insbesondere mit der Gestaltung von Mobilitätskonzepten und deren Auswirkungen auf die Logistikstruktur auseinandersetzt, sollen hierbei insbesondere Prozesse und Rahmenbedingungen betrachtet werden, die den physischen Warentransport maßgeblich beeinflussen. Hinsichtlich ihrer funktionalen Aufgabenbereiche kann die Logistik in vier Segmente untergliedert werden:

- Bestandsmanagement,
- Lagerhaltung,
- Transport und
- Unterstützungsprozesse.

Im Rahmen der zunehmenden Spezialisierung von Logistikdienstleistungen nehmen die verschiedenen funktionalen Bereiche der Logistik unterschiedliche Gewichtungen entsprechend der individuellen Kundenanforderung ein. Das Bestandsmanagement als funktionaler Teilbereich der Logistik unterstützt dabei verschiedene Aufgabenbereiche bei Unternehmen wie die Produktion, die Beschaffung oder den Vertrieb. Somit kann diese Funktion ebenfalls als ein Resultat der Entwicklungsstufen der Logistik gesehen werden, welche die Logistik als betriebswirtschaftliche Querschnittsfunktion definiert. Das Bestandsmanagement plant, steuert und kontrolliert sämtliche im Unternehmen anfallenden Lagerbestände mit dem allgemeinen Ziel, eine möglichst geringe Kapitalbindung bei gleichzeitig hohem Kapitalumschlag zu erreichen. Lagerbestände können dabei in Form von Hilfsstoffen, Betriebsstoffen, unfertigen oder fertigen Erzeugnissen entlang der gesamten Wertschöpfungskette auftreten (vgl. Grün et al. 2006). Die klassischen Tätigkeiten rund um das Thema Güteraufbewahrung werden zu dem Bereich Lagerdienstleistungen gezählt. Definitorisch wird dabei die zielgerichtete Überbrückung der Zeitdisparitäten von Objektfaktoren verstanden. Hierunter fallen insbesondere Aufgaben der Lagervorbereitung, Einlagerung, Lagerung, Auslagerung und die Lagernachbereitung der zu handhabenden Güter. Die im Rahmen der Untersuchungen zur Elektrifizierung von erheblicher Bedeutung geprägte Funktion ist die des Transportes. Diese umfasst dabei die ursprüngliche Funktion der Güterbewegung. Typische Leistungsumfänge sind Outbound- und Inbound-Transporte, Fuhrparkmanagement,

Verzollung, Umschlagstätigkeiten sowie innerbetriebliche Transporte. Die Transportfunktion als zielgerichtete Überwindung von Raumdisparitäten lässt sich des Weiteren hinsichtlich der Prozessschritte Transportvorbereitung, Beladung, Transportdurchführung, Entladung und Transportnachbereitung unterscheiden. In Hinblick auf eine Elektrifizierung des Fuhrparkes von Logistikdienstleistern sind insbesondere diese Teilschritte hinsichtlich ihrer Kompatibilität bezüglich vorhandener Restriktionen von Elektromobilitätskonzepten zu durchleuchten. Ebenso ist eine Differenzierung zwischen innerbetrieblichem und außerbetrieblichem Transport zu treffen und die Implikationen für die Transportmittelwahl abzuleiten. Der Funktionsbereich der Unterstützungsprozesse umfasst die Teilbereiche Handhabung, Kommissionierung, Umschlag, Verpackung und Management der Logistikhilfsmittel. Im Rahmen der Unterstützungsprozesse kann die Logistik im direkten Kontakt mit dem Kunden auch Tätigkeiten wie Disposition, Bedarfsplanung, Auftragsabwicklung, Retourenmanagement, Endmontage oder Kundenbetreuung übernehmen (vgl. Voss 2006).

2.2.2 Logistik und ihre Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit

In Deutschland erwirtschaftet die Logistikbranche derzeit circa 200 Mrd. EUR jährlich (vgl. Abbildung 2-10). Somit trägt sie mehr als 80 Mrd. EUR zur Bruttowertschöpfung bei. Folglich entstammen 3,5% des Bruttoinlandsprodukts dieser Branche, in der 5,3% der gesamten Arbeitnehmer in Deutschland beschäftigt sind (vgl. Lohre, Bernecker 2011). Die Logistik ist dabei aber nicht als unternehmerischer Selbstzweck zu verstehen, sondern als die Grundlage der Wa-

renversorgung basierend auf steigenden Kundennachfragen und spiegelt entsprechend die Transportnachfrage von Unternehmen sowie öffentlichen und privaten Haushalten wider. Im Jahre 2012 wurde hierbei ein absolutes Transportaufkommen von knapp 4.300 Millionen Tonnen bewältigt (vgl. Lohre/ Bernecker 2011). Die jährliche Transportleistung ist im Zeitraum von 2009 bis 2012 um knapp 8% gestiegen (vgl. Wohlfahrt/ Vogt 2010).

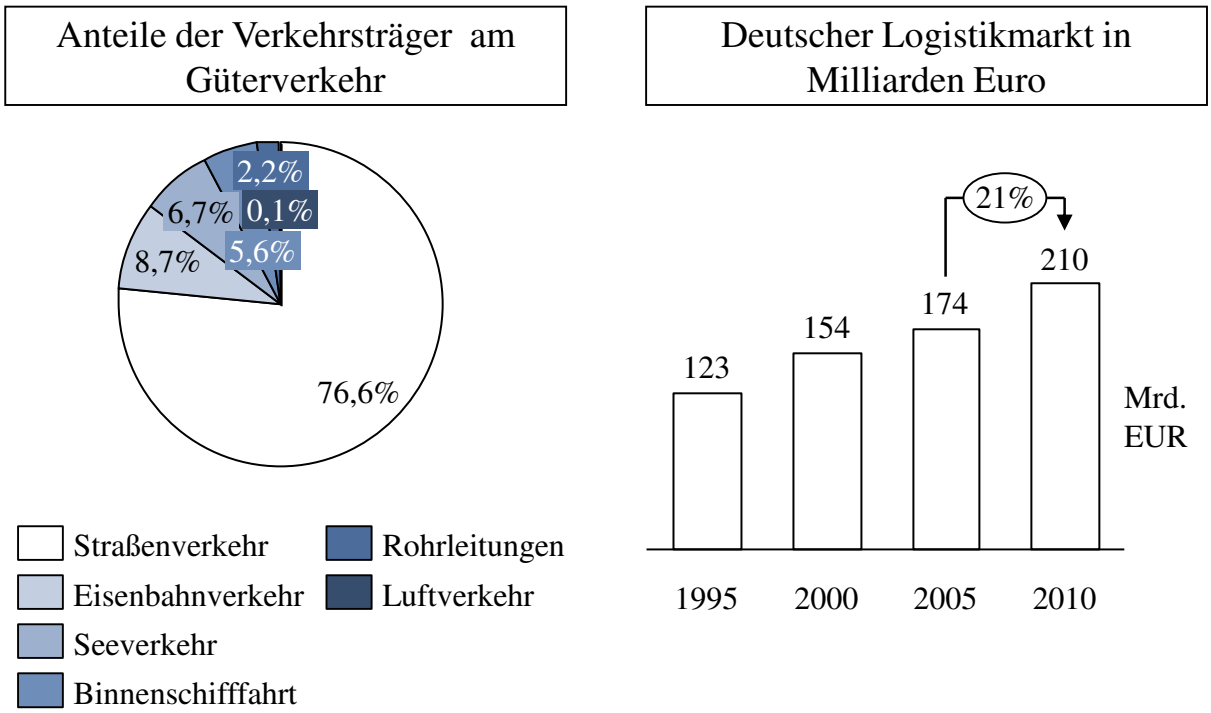


Abbildung 2-10: Entwicklung des deutschen Logistikmarkts

Einhergehend mit der gesellschaftlichen Entwicklung in den vergangenen Jahren haben sich die Zusammensetzung und das Gesamtvolumen der transportierten Güter gewandelt. Aufgrund des gestiegenen Wohlstands werden heute vermehrt hochwertige Waren transportiert. Der Massengutanteil als Indikator hierfür ist zwischen 1970 und 2011 von 72% auf 45% gesunken. Insbesondere der Straßengüterverkehr und die Luftfracht haben davon profitiert (vgl. Lohre/ Bernecker

2011). Die Befragten einer VDI-Studie gaben im Mittel an, dass die Transportkosten circa 7 % des Umsatzes ausmachen. 62 % der Befragten gehen davon aus, dass mehr als 10 % dieser Kosten eingespart werden können (vgl. Rinza 2010). Neben den Kostenwirkungen nimmt die Logistik eine erhebliche Bedeutung hinsichtlich ihrer Leistungskomponente ein. Im Zuge der Globalisierung und stetig steigenden Kundenanforderungen wird die Logistik zunehmend zum ausschlaggebenden Wettbewerbs- und Differenzierungsfaktor.

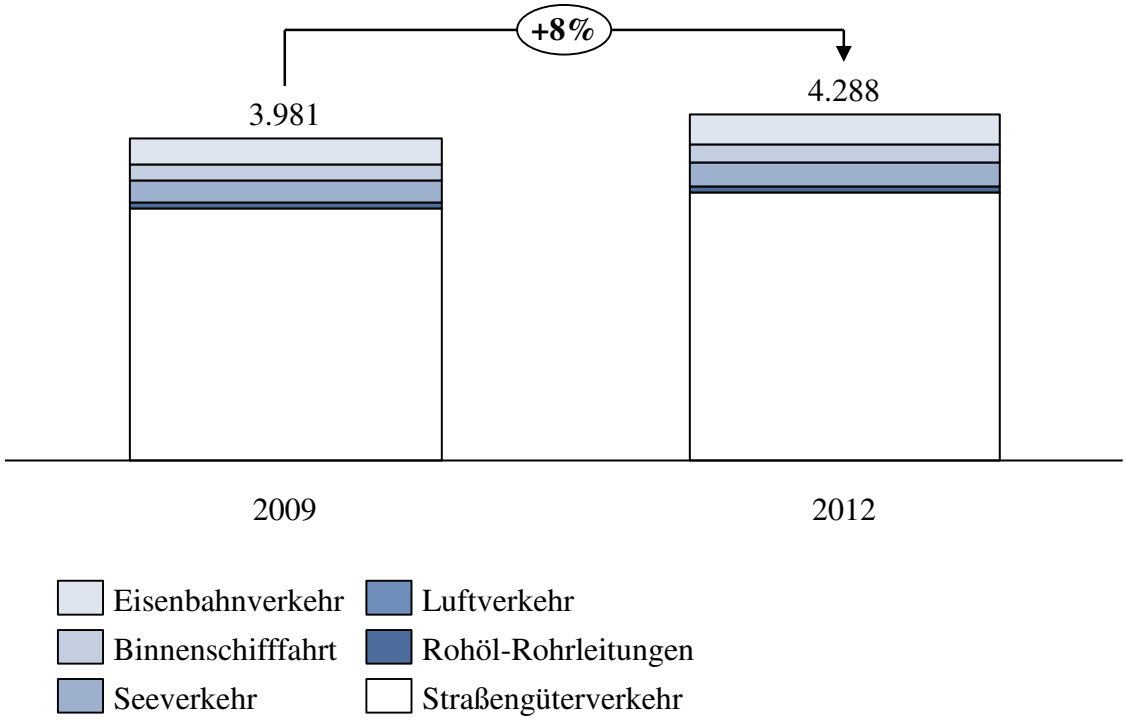


Abbildung 2-11: Jährliches Transportaufkommen nach Verkehrsträger in Mio. Tonnen in Deutschland

Nicht mehr allein die Produktqualität, sondern vielmehr das Angebot an logistischen Dienstleistungen wirkt sich in mehrfacher Weise auf die Spielregeln im Wettbewerb aus. Insbesondere haben logistische Leistungen eine Auswirkung auf den Kundennutzen, indem sie die Lieferqualität, den Lieferzeitpunkt und die Verfügbarkeit am Point of

Sales maßgeblich beeinflussen. Mit der Entwicklung zu industriellen Käufermärkten können nur eine strikte Kundenorientierung und das Anbieten differenzierter Dienstleistungen den Erfolg im Wettbewerb sichern. Darüber hinaus dienen logistische Spitzenleistungen als wesentliches Alleinstellungsmerkmal. Neben der Optimierung unternehmensspezifischer und unternehmensübergreifender Prozessketten bieten sich hierbei insbesondere Differenzierungspotenziale durch den Aufbau interner und externer Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Diese lassen sich von Wettbewerbern, wenn überhaupt, nur schwer imitieren. Durch das Bündeln von logistischen Kompetenzen lassen sich die Prozesse in der Logistik branchenübergreifend neu ausrichten. Dies hat dazu geführt, dass die Branchenspielregeln neu definiert wurden und dabei neue Geschäftsmodelle und Märkte entstanden sind (vgl. Wildemann 2013a).

2.3 Aufgabenfelder der Logistikdienstleister

In den Logistikprozessen Beschaffung, Produktion, Distribution und Entsorgung besteht großes Potenzial bezüglich der Einführung von E-Mobility Konzepten. Weitere Prozesse, welche zu betrachten sind, ergeben sich für die Logistik im Handel, in der Ersatzteilversorgung sowie in urbanen Ballungsgebieten („City-Logistik“) und der Logistik der „letzten Meile“ in einer Logistikkette.

2.3.1 Beschaffungslogistik

Die Verbindung zwischen der Distributionslogistik der Lieferanten und der Produktionslogistik der Abnehmer ist die Beschaffungslogis-

tik. Die Bedarfsträger stellen beim Abnehmerunternehmen das Beschaffungslager oder bei Direktanlieferungen die erste Produktionsstufe im Abnehmerunternehmen (vgl. Pfohl 2010b). Zentrale Aufgabe der Logistikdienstleister ist die bedarfsgerechte Bereitstellung in der Produktion benötigter Güter, wie Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Kaufteile oder Handelsware. Die Beschaffungslogistik stellt somit den Einstieg in den Wertschöpfungsprozess jedes Unternehmens der Wertschöpfungskette dar. Die Sicherung einer optimalen Lieferbereitschaft durch die Gewährleistung von termin- und bedarfsgerechter Lieferungen ist das primäre Ziel der Beschaffungslogistik. Weiterhin stellt sie die Flexibilität im Beschaffungsvolumen zur Anpassung an Schwankungen in Produktion und Vertrieb sowie die Qualität der beschafften Güter, die Wirtschaftlichkeit der Güterbeschaffung und materialwirtschaftlicher Aufgaben sicher, wobei auch die Kapitalbindung zu minimieren ist (vgl. Wildemann 2009). Der betrachtete Bereich der Beschaffungslogistik reicht von der Materialübergabe beim Zulieferer bis zur Übergabe an den Bedarfsträger im Unternehmen. Dementsprechend zählen zu den beschaffungslogistischen Aufgaben der Logistikdienstleister der Transport vom Zulieferanten bis zum Wareneingang, die Warenannahme und -prüfung, Eingangslagerhaltung sowie der innerbetriebliche Transport zum Verbrauchsort. Die Sicherungsziele und die daraus resultierende Optimierung der Material- und Informationsflüsse zwischen Beschaffungsmarkt und den Bedarfsstellen innerhalb des Unternehmens können durch den Einsatz von E-Mobility Konzepten unterstützt werden. Denn aufgrund der steigenden Energie-

und Treibstoffkosten sind die Unternehmen motiviert, diese Kosten zu senken, beispielsweise durch eine ressourceneffiziente Logistik. Logistikdienstleister können durch den Einsatz von E-Mobility Konzepten die Kosten für Energie und Treibstoffe senken, um auf diese Weise ihren Kunden attraktive Leistungen anzubieten. Zeit-, Produktivitäts- und Zuverlässigkeitsverluste durch überlastete Verkehrswege schaffen zusätzliche Anreize für Unternehmen, Lieferungen zu bündeln, durch bessere Planung und Trade-offs zu Lasten maximaler Flexibilität und minimaler Lagerhaltung, kleinteilige- und Sonderlieferungen zu minimieren und somit zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit auch CO_2-Emissionen zu vermeiden (vgl. Bretzke/ Barkawi 2012a). Lieferantennetzwerkstrukturen sowie Versorgungs- und Materialbereitstellungskonzepte stellen im Kontext der Beschaffungslogistik Handlungsfelder dar, die durch ihren Einfluss auf Transport, Lagerung und Umschlag bezüglich des Einsatzes von E-Mobility Konzepten zu untersuchen sind. Die Lieferantennetzwerkstruktur wird über die Beschaffungswege, die Anzahl und geographische Streuung der Lieferanten sowie über die Anzahl der Stufen der vorgelagerten Supply Chain charakterisiert. Eine räumliche Konzentration der Lieferanten unterstützt dabei den Einsatz elektrischer Fahrzeuge. Mit steigender Transportentfernung wächst in den meisten Fällen die Anzahl der erforderlichen Transaktionspartner sowie die Notwendigkeit für den Einsatz unterschiedlicher Transportträger (vgl. Pfohl 2010b). Die güterspezifischen Materialfluss- und Materialbereitstellungsstrategien stellen ein weiteres Betrachtungsfeld der Be-

schaffungslogistik dar. Das Ziel der Materialflussgestaltung ist die Realisierung aufwands- und schnittstellenarmer Logistikstrukturen, die eine enge Zusammenarbeit zwischen Abnehmer und Lieferant beinhalten und eine Fertigung mit kurzen Lieferzeiten und hoher Versorgungssicherheit gewährleisten. Dabei kann zwischen den Ausgestaltungsformen Direktanlieferung und Lagerstufenkonzept unterschieden werden. Bei den Materialbereitstellungskonzepten ist zwischen der Just-in-Time (JIT) Anlieferung, der Just-in-Sequence (JIS) Anlieferung, der periodischen und der bedarfsorientierten Anlieferung zu differenzieren (vgl. Wildemann 2010b). JIT- und JIS-Anlieferungen werden dabei oft von Systemdienstleistern auf Basis einer mittel- bis langfristigen Zusammenarbeit durchgeführt. Die Leistungen im Rahmen von JIS und JIT ermöglichen eine gute Planbarkeit und unterstützen damit den Einsatz von E-Mobility Konzepten.

2.3.2 Produktionslogistik

An die Beschaffungslogistik schließt sich um Unternehmen die Produktionslogistik an (vgl. Pfohl 2010b). Sie umfasst die Planung, Steuerung und Überwachung von Material- und Informationsflüssen entlang der einzelnen Wertschöpfungsstufen des Produktionsprozesses bis hin zur Lagerung der fertigen Produkte. Die Logistikdienstleister haben dort zum Ziel, aufbauend auf der Produktionsplanung den Bedarf an Rohmaterialien, Bau- und Fertigteilen und Modulen sowohl aus Eigenfertigung als auch aus Fremdbezug bereitzustellen. Die Produktionssteuerung zielt anschließend auf eine Minimierung der Durchlaufzeiten ab sowie auf eine Anpassung der Auslastung der Pro-

duktion an die Absatzmöglichkeiten. Darüber hinaus sind kurze Lieferzeiten bei hoher Termintreue und optimal gestaltete Transportwege in der Fertigung weitere Zielgrößen der Produktionslogistik. Ebenso werden niedrige Bestände und die damit verbundene Verbesserung der Kapitalbindung und Lagerhaltung angestrebt (vgl. Wildemann 2010b). Hierbei ist auch eine schnelle Anpassung an die Bedarfsschwankungen im nachgelagerten Prozess der Distributionslogistik wichtig, welcher sich an den Kundenbedarfen orientiert. Bei Mehrbetriebsunternehmen mit standortteiliger Fertigung umfasst die Produktionslogistik auch die zwischenbetriebliche Logistik innerhalb des Produktionssystems. Besonders bei einer weltweiten Zusammenarbeit der Produktionsstandorte sind die Logistikdienstleister auch für umfangreiche außerbetriebliche Logistiktätigkeiten verantwortlich. Auch in der Produktionslogistik sind ökonomische und ökologische Ziele zu vereinen, um die Ressourceneffizienz zu erhöhen. Neben Aspekten der Nachhaltigkeit werden in diesem Kontext stets auch die Gesamtbetriebskosten betrachtet. Im Hinblick auf den Einsatz von E-Mobility Konzepten sind innerbetriebliche Prozesse im Fokus, da hier die zurückzulegenden Strecken meist geringer sind und sich Lademöglichkeiten auf dem Werksgelände gut installieren lassen. Die Anordnung von Lagern und innerbetrieblichen Wertschöpfungsstufen sowie die Entfernung zu Zulieferern und Abnehmern innerhalb und außerhalb des Unternehmens sind maßgeblich für die Länge der Transportstrecken. Dies wiederum wirkt sich auf die generelle Eignung von E-Mobility Konzepten zur Erfüllung dieser Aufgaben aus. Als positives Beispiel

lassen sich hier geographisch konzentrierte Lieferanten in der Automobilindustrie nennen, welche entweder eine Produktionsstätte oder ein Lager in Kundennähe betreiben. Der Einsatz von Logistikdienstleistern ermöglicht durch Bündelungseffekte eine höhere Auslastung der Fahrzeuge, welche aufgrund der geringeren Distanzen durch die regionale Konzentration elektrisch betrieben werden können. Mit dem erklärten Ziel der Vermeidung von Verschwendung haben sich in den letzten Jahrzehnten in der Produktion Konzepte wie das Pull Prinzip, Just-in-Time- und Just-in-Sequence Produktion durchgesetzt. Dabei werden meist in regelmäßigen Zeitabständen gleichmäßige Bedarfe angefordert, wodurch eine gute Planbarkeit der zurückzulegenden Strecken in der Logistik möglich ist. Dies fördert den Einsatz von E-Mobility Konzepten. Auch innerhalb der Produktionshallen werden elektrische Fahrzeuge bereits erfolgreich eingesetzt, beispielsweise Flurförderzeuge, Gabelstapler oder fahrerlose Transportsysteme (vgl. Wildemann 2012d).

2.3.3 Distributionslogistik

Wie die Beschaffungslogistik ist auch die Distributionslogistik ein marktverbundenes Logistiksystem. Hier werden die Logistikprozesse zwischen Produzent und Abnehmer gesteuert. Weitere Aufgaben der Logistikdienstleister im Rahmen der Distributionslogistik sind ferner die Planung, Steuerung und Kontrolle einer optimalen Belieferung der Kundschaft. Durch den direkten Kundenkontakt agiert die Distributionslogistik teilweise vertriebsunterstützend und übernimmt Marketingfunktionen (vgl. Pfohl 2010b). Wichtige Entscheidungsfelder der

Distributionslogistik betreffen die Anzahl und Standorte von Lagern, Verteilzentren und Übergabepunkten an die Beschaffungslogistik der Abnehmer. Die Distributionslogistik bezieht sich auf alle Transport-, Lager- und Umschlagsprozesse im Anschluss an den Produktionsprozess, die Koordination der Warenströme und den zugehörigen Informationsfluss. Die Beschaffenheit der transportierten Güter beeinflusst dabei maßgeblich die zur Verfügung stehenden Transport- und Hilfsmittel sowie die Möglichkeit des Einsatzes von E-Mobility Konzepten. Auch auf die Verwendung standardisierter Verpackungsmittel oder mechanisierter Lager- und Umschlagstechniken haben die transportierten Güter Einfluss. Die Distributionslogistik ist daher bereits bei der Produktdefinition zu berücksichtigen, da die genannten Faktoren große Wirkung auf Kosten und Effizienz des Distributionsprozesses haben (vgl. Wildemann 2010b). Durch Kundennähe und Trends zu mehr Nachhaltigkeit und der Forderung nach mehr unternehmerischer Verantwortung wird es zur Aufgabe der Distributionslogistik, Lieferprozesse auch an ökologischen und sozialen Zielen auszurichten. Durch den Einsatz von E-Mobility Konzepten lassen sich hier Vorteile erzielen, welche dem Kundenwunsch entsprechen. Auch im Hinblick auf die Vermeidung von Treibhausgasen durch konventionelle Antriebsformen sind die Optimierung von Vertriebswegen und die Wahl von Absatzkanälen entscheidend. Die Belieferung von Abnehmern kann sowohl direkt aus dem Produktionsprozess heraus, als auch über eine oder mehrere Absatzlagerstufen, wie beispielsweise Zentrallager, Regionallager, externe Distributionslager, Transshipment-Terminals

oder Güterverkehrszentren erfolgen. Die Absatzwegentscheidung beeinflusst weiterhin maßgeblich die Anzahl der Empfangspunkte. So kann die Belieferung an wenige Großhändler oder viele Einzelhändler oder direkt an den Kunden erfolgen. Die individuelle Belieferung bietet sich bei einer geringen Entfernung zu wenigen Kunden bei großen Transportmengen an. Mehrstufige Logistikstrukturen bieten sich im Gegensatz dazu an, wenn sich durch eine Sammlung von Bedarfen mehrerer Abnehmer die Transporte auf langen Distanzen bündeln lassen (vgl. Wildemann 2010b).

Unternehmen konzentrieren sich derzeit im Bereich der Distributionslogistik vornehmlich auf die Reduzierung von CO_2-Emissionen, wobei die Elektromobilität eine wichtige Rolle spielt. Weitere technische Maßnahmen bei konventionellen Fahrzeugen sind beispielsweise rollwiderstandsarme Reifen, Reifenfülldruck-Sensoren sowie Aerodynamikmaßnahmen. Verschiedene Logistikdienstleister setzen diese Maßnahmen um und bieten neue Dienstleistungen wie beispielsweise klimaneutrale Transporte an. Sie übernehmen hierbei das gesamte Management von kompensierenden Leistungen und erreichen dadurch für ihre Kunden eine Verringerung der Umweltbelastung (vgl. Wildemann 2012d). Zudem setzen Logistikdienstleister bereits elektrische Nutzfahrzeuge erfolgreich zum Warentransport ein (vgl. Deutsche Post DHL 2013b; Müller et al. 2010; Stölzle/ Lieb 2012).

2.3.4 Entsorgungslogistik

Das gestiegene Umweltbewusstsein der Gesellschaft und die vom Gesetzgeber verfolgte Ziele einer ökonomischen und ökologischen

Kreislaufwirtschaft haben zu Umweltschutzauflagen und steigenden Entsorgungskosten geführt. Der Stellenwert der Entsorgungslogistik hat sich in den letzten Jahren daher stark verändert. Die traditionelle Betrachtungsweise der physischen Logistikprozesse im Unternehmen mit ihrer Unterteilung in Beschaffung, Produktion und Distribution ist daher um die nachgeschaltete und entgegengesetzt verlaufende Prozesskette der Entsorgung zu ergänzen (vgl. Wildemann 2007). Die mit Produktion, Distribution und dem Verbrauch verbundene Entstehung von Rückständen bedarf insbesondere im Hinblick auf steigende Rückstandsaufkommen und des damit verbundenen steigenden Logistikaufwandes einer eigenen Betrachtung. Die Trennung, Sortierung und Sammlung von Rückständen sind Aufgaben der Logistikdienstleister in der Entsorgungslogistik. Gebrauchte und verbrauchte Produkte, Austauschaggregate, Retouren und Verpackungen müssen zunächst gesammelt, sortiert und getrennt werden. In Analogie zur Distribution beginnt die Entsorgung bei der Rückstandsquelle, das heißt der innerbetrieblichen Entstehungsquelle beziehungsweise dem Verbraucher. Aufgabe der Dienstleister ist es schließlich, die Aufbereitung zu planen, zu steuern und zu kontrollieren. Die gesammelten Rückstände werden je nach Notwendigkeit in der Aufbereitung in ihre Komponenten zerlegt und die so entstehenden Werkstoffe werden zur Verwendung oder Verwertung dem Wiedereinsatz zugeführt. Reststoffe müssen ordnungsgemäß beseitigt werden. In der letzten Phase der Entsorgungslogistik, der Wiedereinsatzlogistik, sind gewonnene Rohstoffe dem Beschaffungsmarkt oder der Produktion wieder zuzu-

führen. Nur in der Theorie ist so ein komplettes Recycling im Sinne eines geschlossenen Materialkreislaufes möglich. In der Realität gilt es jedoch technische, ökonomische, und ökologische Hürden zu überwinden (vgl. Burghardt 2013; Wildemann 2010b, 2007).

2.3.5 Handelslogistik

Im Rahmen der Handelslogistik werden die Güterflüsse, bestehend aus Handelswaren und Betriebsstoffen sowie den zugehörigen Informationsflüssen, geplant, gesteuert und kontrolliert. Die Gestaltungsmöglichkeiten in der Belieferung von Filialen sind dabei sehr vielfältig, zudem sind Ein- und Verkauf organisatorisch zusammengefasst. Eine phasenspezifische Zuordnung einzelner Teilprozesse wie in der Produktionslogistik ist daher nicht möglich. Findet eine Direktbelieferung der Filialen durch Hersteller oder Dritte statt, so ist die Gestaltung von Material- und Informationsfluss der Beschaffungslogistik zuzuordnen. Werden die Güter hingegen zwischen den handelseigenen Zentrallagern und Filialen koordiniert, so ist dies Aufgabe der Distributionslogistik. Die innerbetriebliche Logistik im Handel umfasst primär Lagerung und Umschlag, und innerbetriebliche Transporte (vgl. Tietz 1993). Im Gegensatz zu produzierenden Unternehmen gibt es in Handelsunternehmen keine Produktionslogistik, Aufbereitungslogistik oder Wiedereinsatzlogistik (vgl. Wildemann 2010a). Das Ziel der Handelslogistik ist es, die Warenverfügbarkeit unter Berücksichtigung der Lagerhaltungs- und Kapitalbindungskosten nach Art, Menge und Qualität termingerecht sicherzustellen. Die Handelslogistik verbindet in ihrer Versorgungsfunktion die globale Herstellung mit der

lokalen Verfügbarkeit von Waren für den Endverbraucher. Durch die oft notwendige Kühlung der Güter, insbesondere bei verderblichen oder gefrorenen Produkten, ist eine Aufrechterhaltung von Kühlketten notwendig. Dies erfordert zusätzliche Energie in Form von Diesel oder Strom und führt somit auch zu zusätzlichen Treibhausgasemissionen. Solche Anforderungen an temperaturgeführte Transporte sind bei der Einführung von E-Mobility Konzepten zu berücksichtigen. Der Energieverbrauch von Kühlaggregaten hängt von diversen Faktoren wie beispielsweise Typ und Betriebsmittel des Aggregats, Größe des Laderaums, Vorkühlung der Güter, Außentemperatur, Anzahl der Laderaumöffnungen sowie Art und Intensität der Kühlung ab. Allgemeine Daten zum Energieverbrauch von temperaturgeführten Transporten liegen in Deutschland bisher nicht öffentlich vor. Energieeinsparungen können bei der Kühlung beispielsweise durch Kyrogen-Kühltechniksysteme, bei denen unter sehr geringem Energieverbrauch flüssiges Kohlenstoffdioxid verdampft wird, erzielt werden (vgl. Kranke et al. 2011). Durch den Einsatz von Mehrkammersystemen wird der Transport von Gütern in mehreren Klimazonen innerhalb eines Lkws möglich, was insbesondere bei kleinteiligen Sendungen zu einer erheblich besseren Auslastung von Fahrzeugen und der Möglichkeit zur Bündelung von Transporten beiträgt. Da manche Filialen mehrmals täglich beliefert werden, um die Frische sensibler Warengruppen zu gewährleisten, finden kleine Lieferungen und Expresslieferungen statt. Daher ist die Handelslogistik besonders mit den Herausforderungen der „Logistik der letzten Meile“ und der City-logistik

konfrontiert, welche in den Abschnitten 2.3.7 und 2.3.8 behandelt werden.

2.3.6 Ersatzteillogistik

Die Ersatzteillogistik sorgt für die Bereitstellung von Ersatzteilen und deren Zusammenführung mit dem defekten Primärprodukt. Durch die besonderen Eigenschaften der Ersatzteile ist die Ersatzteillogistik mit speziellen Herausforderungen konfrontiert. So sind Ersatzteile beispielsweise durch einen sporadischen und schwer prognostizierbaren Bedarf gekennzeichnet (vgl. Schuh et al. 2013). In einer effizienten Ersatzteillogistik steckt trotzdem großes Potenzial zur Verbesserung der Nachhaltigkeit dieses Logistikprozesses. Neben der Entwicklung, Produktion und dem Vertrieb von Primärprodukten ist es im globalen Wettbewerb wichtig, die Marktposition durch weitere Aktivitäten zu stärken. So gewinnen die Geschäftsfelder Service und After-Sales für viele Unternehmen zunehmend an Bedeutung (vgl. Sanders/ Twellmann 2005). Das große Potenzial zur Differenzierung im Servicegeschäft über die gesteigerte Kundenzufriedenheit sowie höhere Margen führen dazu, dass im Bereich After-Sales Chancen zur Erhöhung des Umsatzes und der Marktanteile bieten. So stieg der Anteil des After-Sales-Services am Gesamtumsatz im Maschinen- und Anlagenbau von 15 % im Jahr 1990 auf 27 % im Jahr 2007 (vgl. Mahnel 2008). In der Nutzfahrzeugbranche ist dieser Anteil sogar noch höher – Unternehmen erzielen hier mit dem Verkauf der Fahrzeuge kaum noch Gewinne. Der Handel mit Ersatzteilen sowie das Angebot korrespondierender Dienstleistungen stellt hingegen die Haupteinnahmequelle dar

(vgl. Barkawi et al. 2006). So werden bei Nutzfahrzeugen über den Lebenszyklus etwa zwei Drittel des Umsatzes durch Service-Leistungen generiert und nur ein Drittel durch den Fahrzeugpreis (vgl. Östling 2014). Da die Ersatzteillogistik die Bereitstellung der Ersatzteile übernimmt, umfasst sie auch die Aufgaben der Bedarfsprognose der Ersatzteile sowie deren Bestands- und Beschaffungsplanung. Die Ersatzteillogistik ist dabei ein Querschnittsthema der Logistik, welches sich entsprechend der bereits vorgestellten Logistikprozesse in die Bereiche Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik einteilen lässt. Daher betreffen die vorgestellten Verfahren zur Verbesserung der Logistik auch die Ersatzteillogistik. Um ihre Aufgaben zu erfüllen, ist sie hierfür mit mehreren Unternehmensbereichen in Kontakt. Hierzu gehören die Produktion, welche die Anlagen betreibt, die Instandhaltung, welche die Wartung übernimmt, der Einkauf als Beschaffer der Teile sowie das Ersatzteillager. Besondere Eigenschaften der Ersatzteile sind unter anderem die Kritikalität, Verschleißverhalten und Herkunft (vgl. Schuh et al. 2013). Bei kritischen beziehungsweise funktionskritischen Bauteilen würde ein Schaden des Bauteils einen Ausfall der Maschine herbeiführen. Wird hingegen durch einen Schaden die Quantität oder Qualität in der Produktion gemindert, handelt es sich um ein funktionsunkritisches Bauteil (vgl. Bruckner et al. 2003). Zur Bedarfsprognose von Ersatzteilen ist das Verschleißverhalten zu betrachten, wobei verschiedene Verschleißtypen unterschieden werden. Abhängig vom Verschleiß- und Ausfallverhalten können verschiedene Wahrscheinlichkeitsfunktionen ver-

wendet werden, um das Verhalten abzubilden. Die Herkunft der Ersatzteile kann nach Baumbach in Original-, Fremd-, Recycling- und Gebrauchtersatzteile unterschieden werden. Oft haben die von Primärproduktherstellern angebotene Original- und Recyclingteile eine höhere Qualität. Fremdteile sind meist günstiger als Originalteile (vgl. Baumbach 1998).

Der Ersatzteilbedarf wird unter anderem durch folgende Größen beeinflusst: primärproduktbezogene Faktoren, ersatzteilbezogene Faktoren und instandhaltungsbezogene Faktoren. Zur Ermittlung der Ersatzteilnachfrage ist der Einsatz der Primärprodukte zu betrachten. Neben der Anzahl der eingesetzten Primärprodukte spielen auch die Altersstruktur sowie das oben beschriebene Verschleiß- und Ausfallverhalten eine Rolle (vgl. Bruckner et al. 2003; Loukmidis/ Luczak 2007). Zu den ersatzteilbezogenen Faktoren zählen die Lebensdauer, Einsatzbedingungen und Verschleißverhalten. Ein hoher Anteil von Norm- und Standardteilen sowie die Zusammenstellung mehrerer Teile in Module ermöglicht dabei eine bessere Planbarkeit des Bedarfs (vgl. Barkawi et al. 2006). Die Instandhaltungsstrategie beeinflusst ebenfalls den Bedarf an Ersatzteilen. Bei der geplanten Instandhaltung werden die Teile nach festgelegten Zeitabständen getauscht. Bei ungeplanter Instandhaltung erfolgt der Teiletausch erst bei Ausfall. Hierbei ist die Nachfrage sporadisch, weshalb sich der Teilebedarf schwerer vorhersagen lässt (vgl. Loukmidis/ Luczak 2007). Auch für die Ersatzteillogistik lassen sich Maßnahmen zur Steigerung der Nachhaltigkeit, beispielsweise durch die Verbesserung des CO_2-

Footprints, umsetzen. So lassen sich beispielsweise die Teilebedarfe im Rahmen der geplanten Instandhaltung konsolidieren, um die Anzahl der zurückgelegten Strecken zu senken. Durch den Einsatz von E-Mobility Konzepten lassen sich hier weitere Emissionen einsparen, wodurch der CO_2-Footprint weiter verbessert wird.

2.3.7 Logistik der „letzten Meile“

Die Güterfeinverteilung stellt mit der „letzten Meile“ oft das schwächste Glied in der Logistikkette dar und steht daher im Fokus von Verbesserungsbemühungen. Nachhaltige Konzepte für die Güterfeinverteilung gilt es unter besonderer Berücksichtigung der „letzten Meile“ zu konzipieren (vgl. Weidmann et al. 2012). Während im Fernverkehr meist hohe Volumina mit niedriger Frequenz befördert werden, um Skaleneffekte zu realisieren, müssen Lieferungen beim Abnehmer mit hoher Frequenz und niedrigen Volumina eintreffen. Die „letzte Meile“ bezeichnet dabei die Teilstrecke eines Logistikprozesses vom letzten Verteildepot bis zum Abnehmer. Hierbei wird die Fracht auf Teil- und Sammelladungen fraktioniert und meist auf kleinere Fahrzeuge umgeschlagen, wobei der Transport überwiegend auf der Straße stattfindet. Aufgrund der Sendungsstrukturen ist es hierbei nicht immer möglich, die Fahrzeuge optimal auszulasten. Daher entstehen auf der letzten Teilstrecke die höchsten Kosten und die meisten CO_2-Emissionen.

Die Logistik der „letzten Meile“ lässt sich nach der Art der Transportkette sowie der geographischen Ausprägung näher spezifizieren. Die Art der Transportkette kann ein direkter oder gebrochener Transport

über einen oder mehrere Knoten sein. Hierzu werden sogenannte Verteildepots benötigt, in denen die Güter kommissioniert bzw. umgeschlagen werden und in den weiteren Transport übergehen. Typische Praxisbeispiele sind in diesem Kontext Zentrallager, Verteilzentren, KV-Terminals oder Rangierbahnhöfe. Aus geographischer Perspektive wird die „letzte Meile“ als Variable in Abhängigkeit des notwendigen Handlungsspielraums zur Beeinflussung der Nachhaltigkeit gesehen. Als oberer Grenzwert für die Definition der „letzten Meile“ werden 150km empfohlen (vgl. Weidmann et al. 2012). Aufgrund der eher geringen Distanzen ist die „letzte Meile“ für den Einsatz von E-Mobility Konzepten interessant, da die maximale Reichweite der E-Fahrzeuge für die zurückzulegenden Strecken meist ausreicht (vgl. Pohlgeers 2014). KEP-Dienstleister sind in besonderem Maße mit den Herausforderungen der „letzten Meile“ konfrontiert. Einer aktuellen Studie zufolge repräsentieren die Kosten der „letzten Meile“ bei der Zustellung eines B2C-Paketes 50 % der Zustellkosten. Die Erstzustellung ist dabei nur in 54% der Fälle erfolgreich. Daher werden alternative Zustelloptionen zur Kosten- und CO_2-Emissionsreduzierung entwickelt. Erfolgreiche Alternativen sind beispielsweise die Zustellung an zentrale Abholstellen, an Paketautomaten sowie an den Arbeitsplatz. Diese alternativen Zustelloptionen bergen Kostenreduktionspotenziale von bis zu 12 % und können auch einen Beitrag zur Verringerung der CO_2-Emissionen leisten (vgl. Salehi et al. 2012). Weitere Potenziale auf der „letzten Meile“ liegen im Einsatz elektrischer Fahrzeuge. Für die Brief- und Paketzustellung setzt die Deutsche Post

DHL unter anderem ein neu entwickeltes Elektrofahrzeug, den so genannten Streetscooter, ein (vgl. Heckert 2014).

2.3.8 City-Logistik

Die Versorgung urbaner Ballungsräume stellt besondere Anforderungen an die innerstädtische Logistik. Die City-Logistik bezeichnet die netzwerk- und unternehmensübergreifende Bündelung und Restrukturierung des Güterverkehrs in Ballungszentren. Die Bedeutung der City-Logistik steigt, da weltweit bereits mehr als 800 Städte mit mehr als einer Millionen Einwohnern existieren und im Jahr 2050 voraussichtlich etwa 55% der Weltbevölkerung in urbanen Ballungsgebieten leben werden (vgl. Lierow 2012). Bereits heute sind allein in Deutschland täglich rund 50.000 Lieferfahrzeuge im innerstädtischen Einsatz (vgl. Bosselmann 2011), wobei viele Fahrzeuge zu Beginn ihrer Tour nur zu 30 bis 50 % ausgelastet sind (vgl. Lierow 2012). Der deutsche Markt für Kurier-, Express- und Paketlieferungen umfasste im Jahr 2010 2,33 Milliarden Sendungen und einen Umsatz von knapp 14 Milliarden Euro (vgl. Bosselmann 2011).

Logistische Problemstellungen im Rahmen der City-Logistik sind kleinteilige Lieferungen und eine zunehmende Fragmentierung des Sendungsmarkts. Weiterhin erschweren eine hohe Verkehrsdichte, zeit- und rauspezifische Zufahrtsbeschränkungen sowie Engpässe an Laderampen den Logistikprozess. Mit Hilfe der City-Logistik wird daher eine Entlastung der innerstädtischen Infrastruktur, eine verbesserte Wirtschaftlichkeit sowie eine geringere Umweltbelastung ange-

strebt. Hierfür zielt das Konzept auf die Etablierung einer kooperativen Nutzung von Transportkapazitäten und einer verdichteten, effizienteren Versorgung von Warenempfängern ab. Hierbei lassen sich zwei Verdichtungseffekte unterscheiden: Die Sendungsverdichtung bezeichnet die Erhöhung der pro Warenempfänger gelieferten Sendungen. Die Tourenverdichtung bezeichnet die Erhöhung der Anzahl von Stopps bei gleichzeitiger Verkürzung der Distanz zwischen den Stopps. Aufgrund der begrenzten Ladekapazität von Lieferfahrzeugen führt die Verdichtung von Touren zur Verkürzung der insgesamt zurückgelegten Wegstrecke. Dies ist insbesondere im Hinblick auf eine Reduzierung von Leerfahrten relevant (vgl. Bretzke/ Barkawi 2012b). Wichtiger Bestandteil der City-Logistik sind zentrale Distributionszentren, so genannte City-Hubs oder Urban Consolidation Centers. Hierbei werden Warenströme verschiedener Lieferanten gesammelt, Teilladungen konsolidiert und tourenoptimal gebündelt. Durch eine solche Vorkonsolidierung lässt sich die Auslastung der Fahrzeuge steigern. Das Blickfeld verschiebt sich somit vom Warenstrom des Lieferanten und der Lieferung der gleichen Ware an verschiedene Abnehmer zum Warenstrom des Empfängers und der Lieferung verschiedener Waren an den gleichen Abnehmer (vgl. Wolpert 2013). Solche City-Hubs können in den meisten Fällen jedoch nur mit politischer Hilfe etabliert werden, da die einzelnen Akteure nicht bereit sind, die Entwicklungskosten selbst zu tragen (vgl. Allemeyer et al. 2010). Heute bereits implementierte Konzepte sind im Bereich des Handels, der Versorgung von Krankenhäusern und Hotels sowie im

öffentlichen Sektor, beispielsweise auf Flughäfen. Beispiele sind am Flughafen London-Heathrow (Heathrow Consolidation Center) sowie in Utrecht und Stockholm zu finden. Umfassende Neukonzepte sind derzeit für Dubai, Kuala Lumpur und Istanbul in Planung (vgl. Deutsche Post DHL 2012). Weitere bereits erfolgreich eingesetzte Ansätze im Rahmen der City-Logistik sind der Direktumschlag von Waren ohne Lagerung, die Kommissionierung in der Gangfolge der späteren Lieferstopps sowie standardisierte Labeling- und IT-Systeme (vgl. Lierow 2012). Durch die begrenzte Tourenlänge und die Rückkehr der Fahrzeuge zum Ausgangsort, eigenet sich die City-Logistik für den Einsatz von E-Mobility Konzepten (vgl. Lierow 2012).

2.4 Entwicklung und Struktur der Logistikdienstleister

Es ist vorerst nötig für ein einheitliches Verständnis des Begriffs Logistikdienstleister zu sorgen. Anschließend wird das Thema Logistikdienstleister kategorisiert und ausgewählte Beispiele von Logistikdienstleistern zu Veranschaulichung genauer betrachtet.

Logistikdienstleister sind gewerbliche Unternehmen, die hauptsächlich logistische, aber auch fertigungsnahe Dienstleistungen für Dritte anbieten und erbringen. „Das Leistungs- und Lösungsangebot geht dabei über das traditionelle Speditionsgewerbe hinaus: So werden beispielsweise kundenbezogene Lagerung, Kommissionierung, Assemblierung oder Fakturierung angeboten“ (vgl. Heidenblut/ Hompel 2008). Zu den Haupttätigkeiten von Logistikdienstleistern gehören Transportdienstleistungen, Lagerdienstleistungen sowie Mehrwertleis-

tungen (vgl. Voss 2006). Die Aufgaben von Logistikdienstleistern umfassen somit nicht nur den reinen Transport, sondern offerieren dem Kunden ein umfassendes Leistungsspektrum.

Logistikdienstleister lassen sich nach Eigenschaften und Merkmalen einteilen in Einzeldienstleister, Verbunddienstleister und Systemdienstleister (vgl. Abbildung 2-12). Die meisten dieser Logistikdienstleister haben sich auf bestimmte Güter (beispielsweise Abfallstoffe, Wertgut, Gefahrgut, Möbel, Gase etc.), Frachtarten (beispielsweise Pakete, Paletten, Container etc.) oder sich die sogenannten

Merkmale	Einzeldienstleister	Verbunddienstleister	Systemdienstleister
Leistungsumfang	Einzelleistungen (Transport, Umschlag, Lagern)	Verbundleistungen (Speditions- und Frachtketten)	Systemleistungen (Betrieb von Lager-, Bereitst. und Distr. Syst.)
Ausrichtung	Fachspezifisch Regional und National	Leistungsspezifisch National und Global	Kundenspezifisch Lokal, National, Global
Kundenkreis	Klein, temporär, wechselnd	Groß, anonym, veränderlich	Wenige Großkunden, gleichbleibend
Bindung	Kurz unterschiedlich	Mittel bis 1 Jahr	Lang 3 bis 10 Jahre
Ressourcen	Transportmittel, Logistikbetriebe	Transportnetzwerke, Umschlagterminals	Logistiknetzwerke, Logistikzentren
Eigentum der Ressourcen	Eigener Besitz	Eigener oder fremder Besitz	Eigener Besitz oder Koordination fremder Ressourcen

Abbildung 2-12: Eigenschaften und Merkmale von Logistikdienstleistern (vgl. Gudehus 2010a)

Personenverkehrsunternehmen auf ausgewählte Personengruppen (beispielsweise Reisende, Kranke etc.) fokussiert. Der Aktionsradius von Logistikdienstleistern kann sehr unterschiedlich sein und kann von lokal bis hin zu international tätigen Logistikdienstleistern reichen. Viele Logistikdienstleister treten am Markt in mehreren Funktionen auf, um Synergien zu schaffen, zu optimieren oder Kosten zu reduzieren (vgl. Gudehus 2010a). Die verschiedenen Logistikdienstleister werden im Folgenden genauer betrachtet. „Einzeldienstleister der Logistik beschränken sich auf die Durchführung abgegrenzter Transport-, Fracht- oder Lagerleistungsumfänge. Sie sind häufig auf bestimmte Güter, Frachtarten und Branchen spezialisiert und in begrenzten Gebieten oder festen Relationen tätig“ (vgl. Gudehus 2010a). Die Transportdienstleister verfügen über eigene Transportmittel und haben je nach Spezialisierung unterschiedliche Vereinbarungen mit festen Kunden oder kurzfristig erteilte Aufträge von wechselnden Auftraggebern. Lagerung sowie Kommissionierung erfolgt meist in den eigenen Logistikbetrieben. Spezialisierte Einzeldienstleister arbeiten dabei für feste Kunden oder als Subunternehmer für Verbund- und Systemdienstleister (vgl. Gudehus 2010a). Die Kundenbindung der weniger spezialisierten Einzeldienstleister kann hingegen aufgrund der wechselnden Geschäftsbeziehungen als eher gering angesehen werden. Die Auslastung der Kapazitäten ist beim Einzeldienstleister ein wesentlicher Treiber des Geschäftserfolgs (vgl. Baumgarten et al. 2002). So genannte Verbunddienstleister hingegen integrieren mehrere logistische Einzelleistungen und betreiben hierfür „mit eigenen und

fremden Ressourcen Umschlag- und Logistikzentren und ein Transport-, Fracht- oder Logistiknetzwerk, das auf den Bedarf eines anonymen Kundenkreises ausgerichtet ist“ (vgl. Gudehus 2010b). Verbunddienstleister erhalten meist kurzfristig erteilte Aufträge für einen wechselnden Kundenkreis und Bindefristen von maximal einem Jahr und festen Leistungspreisen. Beispiele für Verbunddienstleister in der Logistik sind Briefpostdienste, Paket- und Expressdienste, Stückgutspeditionen aber auch Entsorgungsdienste und Reedereien (vgl. Gudehus 2010a). Dabei ist es möglich, dass sich der Spediteur auf seine Planungs- und Steuerungsaufgabe konzentriert. Für diesen Fall beauftragt er dritte Unternehmen, beispielsweise Einzeldienstleister, mit der Durchführung der logistischen Tätigkeiten. Im Gegensatz dazu kann er jedoch diese Tätigkeiten auch mit eigenen Ressourcen durchführen. Daher liegen die wesentlichen Leistungen des Spediteurs in der Bündelung von Güterströmen sowie der Organisation von intermodalen Verkehren. Weitere Leistungen umfassen die Erstellung von Zoll- und Frachtdokumenten sowie die elektronische Kennzeichnung und Avisierung zu Standardangeboten (vgl. Baumgarten et al. 2002). Übernimmt der Logistikdienstleister entlang der Wertschöpfungskette weitere Aufgaben, beispielsweise die Auftragsverarbeitung, Lagerung, Kommissionierung, Verpackung oder auch After-Sales-Services und Abwicklung des Zahlungsverkehrs, wird dieser Dienstleister als Systemdienstleister bezeichnet. Hierbei sind die betreffenden Geschäfte der Kontraktlogistik zuzuordnen. Sie ist eine Form der Beauftragung einer logistischen Dienstleistung, wobei der Anbieter für den Auftrag-

geber die volle Leistungs-, Qualitäts- und Kostenverantwortung trägt. Der Systemdienstleister kann mit dem Generalunternehmer im Baugewerbe verglichen werden. Ziel eines Systemdienstleisters ist es, die übernommenen Aufgaben besser und kostengünstiger zu erledigen als vom Auftraggeber oder anderen Einzel- oder Spezialdienstleistern möglich. Grundlage hierfür bietet meist ein langfristiger Dienstleistungsvertrag mit einer Vertragslaufzeit zwischen 3 und 10 Jahren (vgl. Stölzle et al. 2007). Ein Systemdienstleister entwickelt, realisiert und betreibt dabei ein kundenspezifisches integriertes Logistiksystem, das auf einen oder wenige Kunden ausgelegt ist. Abhängig von Bedarf und Aufgabenstellung ist vom Systemdienstleister dabei ein breites Spektrum logistischer Leistungen selbst zu erbringen oder zu beschaffen. Daher sollte er über ausreichende Ressourcen für inner- und außerbetriebliche Logistikleistungen sowie für die Disposition, Information und Kommunikation verfügen (vgl. Scheer 1999). Weitere Erfolgsfaktoren sind Synergien durch eine bessere Auslastung und Bündelung der Ressourcen, niedrige Personalkosten durch entsprechende Tarife, günstige Beschaffungsmöglichkeiten für Einzelleistungen durch gute Marktkenntnis und große Marktmacht sowie eigene Ressourcen für funktionskritische Leistungen und eine hohe Flexibilität für Spitzenlasten durch kurzfristig verfügbare Ressourcen. Systemdienstleister mit einem eigenen IT-System und eigenen Logistikressourcen für Transport, Umschlag, und/oder Lagern werden auch auch als 3PL (3rd party logistics provider) bezeichnet (vgl. Gudehus 2010b). In der Kontraktlogistik sind somit verschiedene Teilprozesse

beim Kunden zu beherrschen und damit IT- und Prozess-Know-how einzubringen, weshalb eine informatorische Vernetzung notwendig ist, siehe Abbildung 2-13. Die hierfür notwendigen langfristigen Partnerschaften sind durch Rahmenverträge geregelt (vgl. Klaus et al. 2010). Bezüglich der Spezialisierung der Systemdienstleister ist anzunehmen, dass diese zunehmend im Bereich der Kontraktlogistik stattfindet. Die Leistungen der 3PL im Bereich des Speditionswesens verlieren daher an Bedeutung. Für die Wertschöpfungsarchitektur bedeutet dies, dass sich der 3PL auf Ergänzungs- und Komplementärleistungen sowie auf Sonderleistungen konzentriert (vgl. Rudolph 2009).

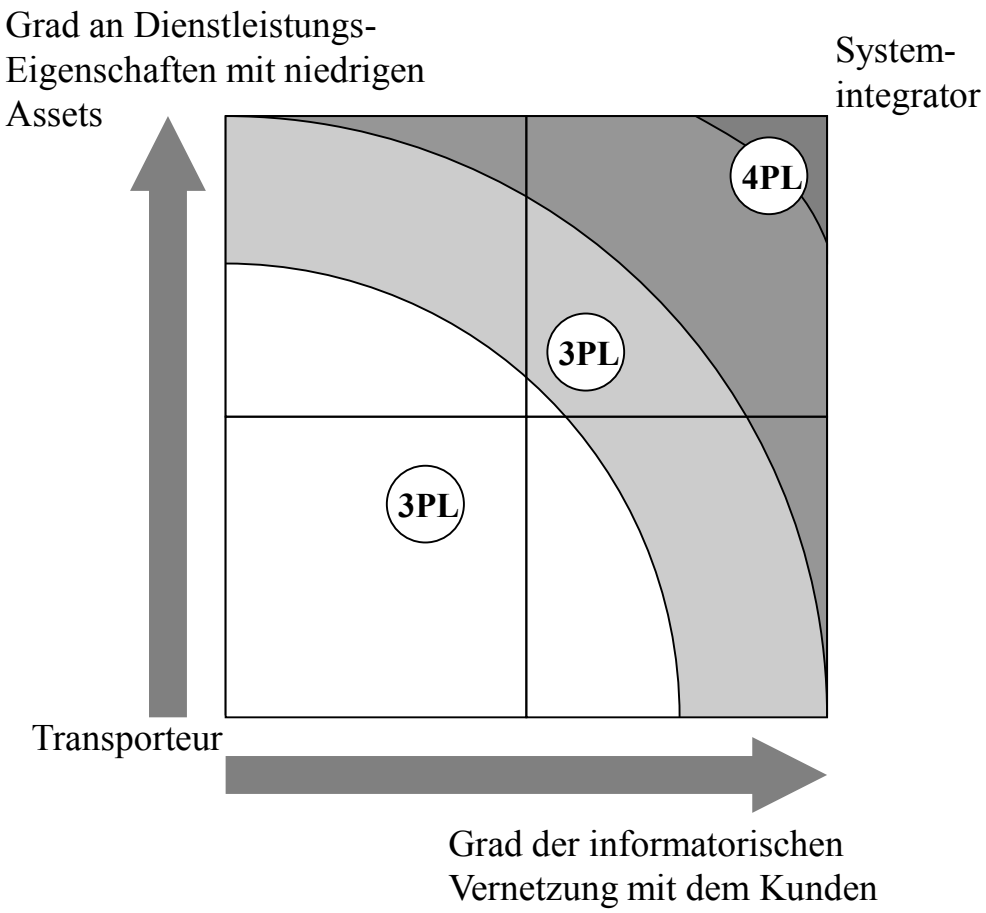


Abbildung 2-13: 3PL und 4PL-Systemdienstleister (vgl. Wildemann 2008)

Da die Leistungen des Systemdienstleisters durch das Outsourcing von Unternehmen aus Industrie und Handel entstanden, hält der 3PL viele Logistik-Assets vor. Denn er übernahm komplette Anlagen seiner Kunden oder erstellte diese selbst, um deren Qualitätsanforderungen erfüllen zu können (vgl. Klaus et al. 2010). Zu den Systemdienstleistern zählen auch die 4PL (4th party logistics provider), (vgl. Abbildung 2-14). Sie übernehmen die Funktion eines Logistiksystemintegrators, um eine unternehmensübergreifende Optimierung der Wertschöpfungskette zu gewährleisten. Sie organisieren und managen daher die vollständige Lieferkette eines Unternehmens mit fremden Logistikressourcen, ohne über eigene Transportmittel zu verfügen (vgl. Gudehus 2010a). Solche 4PL können auch aus der Spezialisierung von 3PL entstehen, welche sich auf die reine Steuerungsfunktion

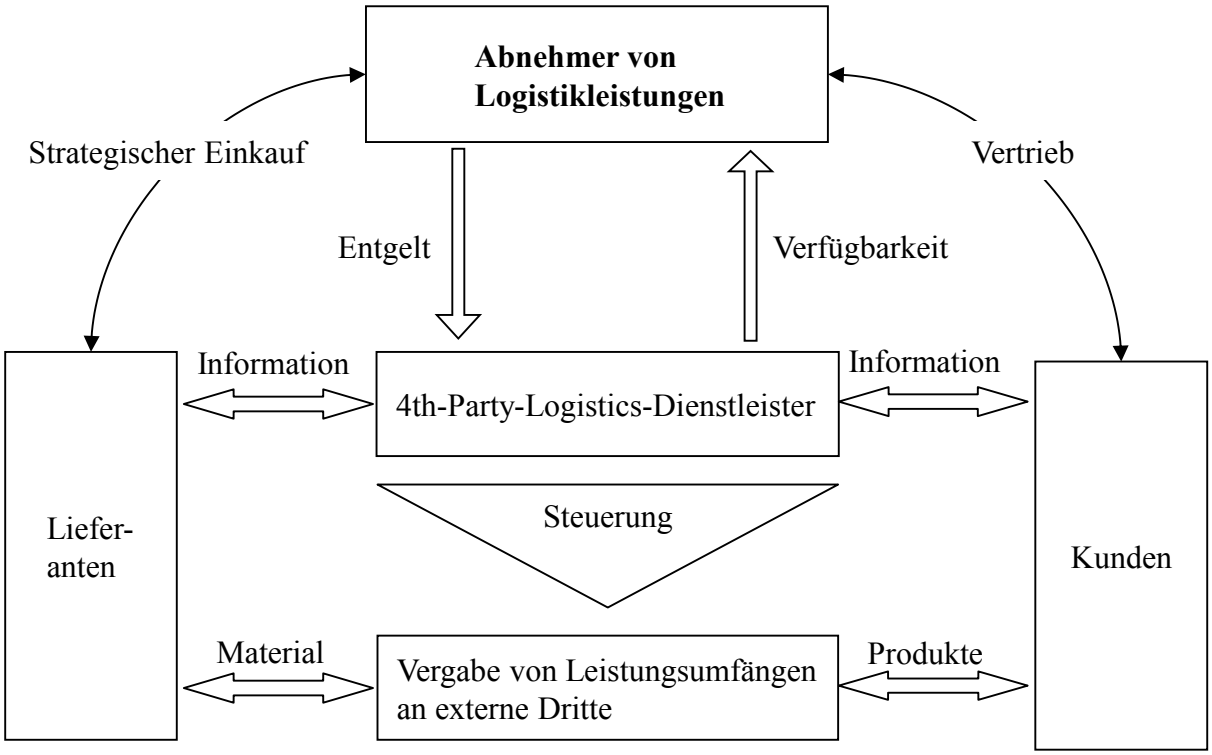


Abbildung 2-14: 4th-Party-Logistics-Dienstleister (vgl. Wildemann 2008)

konzentrieren. Hierzu gehören auch die Planungsleistungen, welche laut einer Studie von Straube et al. von Logistikdienstleistern als wesentliche Wachstumstreiber angesehen werden (vgl. Straube et al. 2005).

2.5 Mobilitätskonzepte bei Logistikdienstleistern

Von derzeit 51,7 Millionen zugelassenen Fahrzeugen in Deutschland sind 42 Millionen Fahrzeuge aus dem Pkw-Bereich ***(vgl. Wermuth 2012),*** was einem Anteil von 81,2% entspricht. Viele Forschungsprojekte konzentrieren sich daher auf den Einsatz von E-Mobility Konzepten für Pkw. Für den Nutzfahrzeugbereich liegen hingegen nur wenige Untersuchungen vor (vgl. Vastag/ Schaumann 2012; Deutsche Post DHL 2013a). Im Sektor des Güterkraftverkehrs ist jedoch noch erhebliches Potenzial verborgen. Hierbei ist zu beachten, dass aufgrund vieler unterschiedlicher Fahrzeugtypen, divergenten Anforderungen und einer differenzierten Nutzung die gewerbliche Nutzung von Elektrofahrzeugen vom Pkw-Bereich abzugrenzen ist. Für die gewerbliche Nutzung sind in Deutschland 2,5 Millionen Fahrzeuge zugelassen, was einem Anteil von 4,8% vom gesamten Fahrzeugbestand entspricht. Hierbei emittieren alle in Deutschland zugelassenen Nutzfahrzeuge annähernd 50 Millionen Tonnen CO_2. Dies entspricht einem Anteil von etwa 29% am gesamten CO_2-Ausstoß des Verkehrssektors im Jahre 2010 ***(vgl. Statistisches Bundesamt 2012).*** Knapp 5% der Fahrzeuge verursachen daher fast ein Drittel der CO_2-Emissionen ***(vgl. Witte/ Klumpp 2013a).*** Dies unterstreicht den Handlungsdruck

bezüglich der Nutzung alternativer Antriebskonzepte, welche es ermöglichen, den CO_2-Ausstoß zu senken.

Die Logistikbranche, welche weit über den Bereich es Güterverkehrs hinaus geht, stellt dabei in Deutschland einen wichtigen Wirtschaftsfaktor dar. So wird ihr Umsatz, in dem auch die Logistikdienstleistungen enthalten sind, für das Jahr 2012 auf etwa 230 Milliarden Euro geschätzt bei einer Beschäftigtenzahl von über 2,8 Millionen (vgl. Pieringer 2013; Statista 2014). Dabei gilt der deutsche Logistikmarkt mit einem Anteil von etwa einem Fünftel als der Größte in der EU (vgl. Ehmer et al. 2008). Der Güterverkehr erfolgt dabei mit den Verkehrsträgern Lkw, Güterzug, Flugzeug, Binnen- und Seeschiff sowie mittels Rohrleitungen. Das vorliegende Projekt behandelt hieraus den Straßengüterverkehr mittels Lkw. Hierbei ist zu beachten, dass im Straßenverkehr die Transporte oft nicht im Direktverkehr erfolgen können. Ein Wechsel des Transportmittels, beispielsweise auf Schiff oder Flugzeug, ist bei langen Distanzen notwendig und wirtschaftlich sinnvoll. Insbesondere bei Transporten zwischen verschiedenen Kontinenten ist ein Transport per Lkw nicht wirtschaftlich darstellbar. Für den Transport der „letzten Meile“ zum Kunden hingegen, das heißt ausgehend vom Flughafen oder Schiffshafen zum Zielort, ist der Straßengüterverkehr meist unverzichtbar (vgl. Lenz et al. 2010).

Für die Logistikdienstleister ist die Wahl des Transportmittels, beziehungsweise des geeigneten Fahrzeugs, unter anderem durch Gewicht und Volumen des transportierten Guts, zurückzulegenden Distanzen sowie den Transportkosten abhängig. Zwar gibt es beim Güterkraft-

verkehr auf der Straße kaum Erreichbarkeitsprobleme im Haus-zu-Haus-Verkehr – die Leistungsfähigkeit der Verkehrsinfrastruktur ist jedoch durch teilweise hohe Auslastungen eingeschränkt. Trotzdem sind Flexibilität und Schnelligkeit im Vergleich zum Transport auf Schiene und Wasser höher. Die Veränderung der Güterstrukturen hin zu hochwertigen Waren und kleinteiligen Sendungen machen den Straßengüterverkehr zusätzlich attraktiv. Mit einer wachsenden Wirtschaftsleistung sowie dem damit verbundenen steigenden Güteraustausch ist daher eine Zunahme nach Güterverkehrs- und Logistikdienstleistungen zu erwarten. Für den Verkehrsträger Straße ist daher eine weitere Zunahme der Transportleistung zu erwarten (vgl. Lenz et al. 2010).

2.5.1 Fahrzeugtypen im Güterkraftverkehr

Für den Gütertransport werden Nutzfahrzeuge verwendet, welche von Kraftomnibussen zum Personentransport sowie von sonstigen Kraftfahrzeugen, beispielsweise Polizei-, Feuerwehr-, Kommunalfahrzeugen, abzugrenzen sind. Der vorliegende Bericht versteht unter Nutzfahrzeugen daher ausschließlich Fahrzeuge zum Gütertransport. Die Nutzfahrzeuge, im allgmeinen Sprachgebrauch auch Lastkraftwagen, Lastwagen oder Lkw bezeichnet, lassen sich nach der EU-Richtlinie 2007/46/EG in drei Klassen einteilen (vgl. Europäisches Parlament, Rat 2007):

- N1: Für Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von 3,5 Tonnen,

- N2: Für Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 Tonnen bis zu 12 Tonnen,
- N3: Für Fahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 12 Tonnen.

Der Bestand dieser Nutzfahrzeuge in der EU-27 betrug am ersten Januar 2008 etwa 33 Millionen Einheiten, wobei hiervon 27 Millionen (82 %) auf die leichten Nutzfahrzeuge unter 3,5 Tonnen entfallen. Frankreich, Spanien und Italien weisen die größten Fahrzeugbestände auf; Deutschland lag mit 2,5 Millionen Fahrzeugen hinter Großbritannien und Polen an sechster Stelle (vgl. Eurostat 2009).

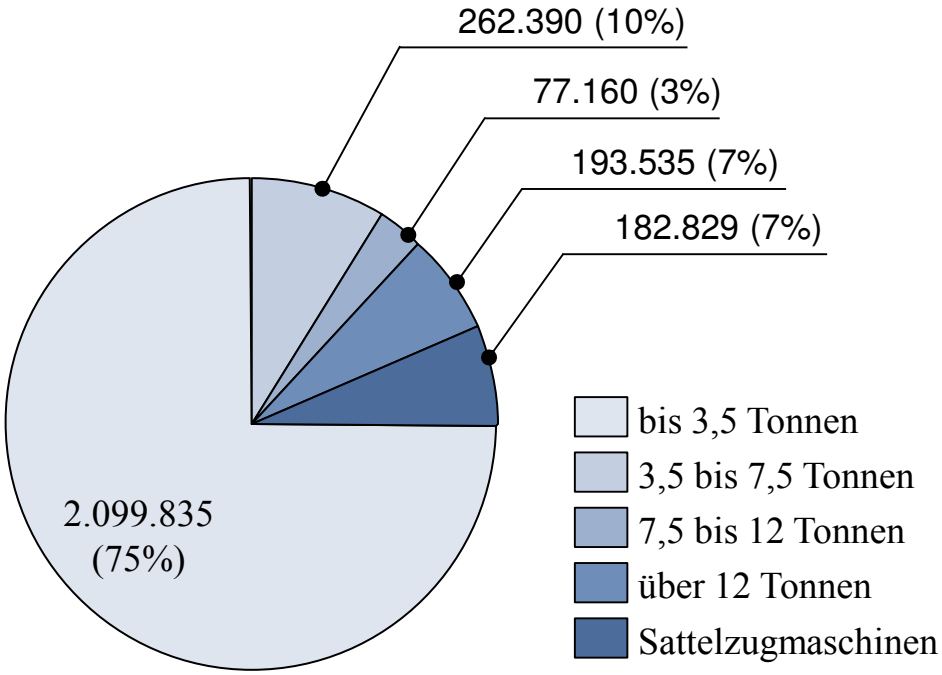


Abbildung 2-15: Bestand der Nutzfahrzeuge in Deutschland, Stand 1.1.2014 (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014b)

Im Januar 2014 betrug der Gesamtbestand an Nutzfahrzeugen in Deutschland 2,8 Millionen. Die leichten Nutzfahrzeuge bis 3,5 Tonnen stellten dabei mit 2,1 Millionen Stück (75 %) den größten Anteil

dar, gefolgt von Lkw bis 7,5 Tonnen mit etwa 260.000 Stück (10 %) und schweren Lkw über 12 Tonnen und Sattelzugmaschinen mit etwa 190.000 und 180.000 Stück (jeweils 7 %) (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014b). Die weiteren Bestandszahlen finden sich in Abbildung 2-15. Die Bestandsentwicklung der Fahrzeuge verlief dabei in den vorherigen Jahren unterschiedlich. Während sich der Gesamtbestand seit 1990 nahezu verdoppelte, verzeichneten die leichten Nutzfahrzeuge im selben Zeitraum einen noch stärkeren Zuwachs in Höhe von etwa 150 %. Der Bestand der Lkw von 3,5 bis 7,5 Tonnen nimmt seit 2001 jedes Jahr leicht ab, genauso wie schwere Lkw bis 12 Tonnen. Der Bestand an Sattelzugmaschinen hat sich hingegen seit 1990 mehr als verdoppelt (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014b). Der hohe Bestand der Fahrzeuge bis zum Gewicht von 7,5 Tonnen verdeutlicht die Potenziale von E-Mobility Konzepten. Denn die kleineren und leichteren Fahrzeuge werden überwiegend für kürzere Transportdistanzen eingesetzt, wodurch die begrenzte Reichweite der E-Fahrzeuge oft kein Hemmnis darstellt. Dies verdeutlicht auch der Bestand an Nutzfahrzeugen mit alternativen Antrieben, welcher in den letzten fünf Jahren dynamisch zulegte. So steigerte sich die Anzahl der E-Nutzfahrzeuge von 2009 bis 2014 um 230 %. Trotzdem machen elektrische Nutzfahrzeuge momentan noch einen sehr kleinen Anteil aus. So sind zum ersten Januar 2014 lediglich 2.931 Lkw rein elektrisch betrieben (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014a), was einem Anteil von 0,001 % entspricht.

2.5.2 Antriebskonzepte und Potenziale bei Nutzfahrzeugen

Die Kraftstoffkosten machen einen wesentlichen Anteil an den Betriebskosten bei Nutzfahrzeugen aus. Daher besteht auch auf Seiten der Logistikdienstleister und Verlader ein hohes Interesse daran, den Kraftstoffverbrauch der Fahrzeuge zu senken. Damit geht auch eine Verbesserung der Klimawirkung des Güterkraftverkehrs einher. Die Verbrauchssenkung lässt sich dabei durch Maßnahmen am Fahrzeug senken, beispielsweise durch die Verbesserung der Aerodynamik, den Einsatz rollwiderstandsarmer Reifen sowie die Verwendung alternativer Kraftstoffe wie Biodiesel oder Gas. Der Einsatz elektrischer Antriebe ermöglicht weitere Kraftstoffeinsparungen bis hin zu einem völligen Kraftstoffverzicht. Weitere Maßnahmen betreffen den Fahrstil der Fahrer und den Einsatz von Telematik-Systemen zur Stauumfahrung, welche an dieser Stelle nur kurz erläutert werden sollen, da der vorliegende Bericht fahrzeugseitige Maßnahmen fokussiert. Mit 94 % ist der Dieselantrieb bei Nutzfahrzeugen die dominante Antriebsform (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014a). Benzinmotoren kommen fast ausschließlich in der Klasse der leichten Nutzfahrzeuge (bis 3,5 Tonnen) mit einem Anteil von etwa 10 % vor und sind in höheren Gewichtsklassen nicht mehr relevant. Durch die strenger werdenden Abgasgrenzwerte, beispielsweise durch die Normen Euro 1 bis Euro 6 in der Europäischen Union, wurde der Dieselmotor in den vergangenen Jahren in seiner Effizienz und Umweltwirkung verbessert. Durch die Einführung von Direkteinspritzung, Turboaufladung, Vierventiltechnik, Ladeluftkühlung und Hochdruckeinspritzung konnten Verbrauch und

Emissionen reduziert werden. Weiteres Potenzial besteht künftig bei höheren Einspritzdrücken, einer verbesserten Motorsteuerung sowie bei Nebenaggregaten und im weiteren Antriebsstrang (vor allem beim Getriebe) (vgl. Pander 2012; Wildemann 2012b). Aufgrund des hohen Anteils des Dieselantriebs bei Nutzfahrzeugen sind solche Verbesserungen von sehr hoher Bedeutung für den Güterkraftverkehr, um die Emissionen weiter zu senken. Mittelfristig werden auf diese Weise Kraftstoffeinsparungen von etwa 10 % erwartet (vgl. Lenz et al. 2010). Biokraftstoffe gehören in vielen Ländern bereits zur wichtigsten alternativen Kraftstoffversorgung des Straßengüterverkehrs, wobei Deutschland der führende Biokraftstoffmarkt in der EU ist. Solche Kraftstoffe sind, häufig als Beimischung verwendet, mit den heutigen Nutzfahrzeugen weitgehend kompatibel. Die Biokraftstoffe lassen sich dabei nach den verwendeten Rohstoffen, Herstellungsverfahren sowie nach ihren Produkteigenschaften unterscheiden. Die heutigen Kraftstoffe der ersten Generation sind meist aus Teilen von Pflanzen hergestellt, beispielsweise aus Raps, Meis und Getreide. Neue Biokraftstoffe der zweiten und dritten Generation nutzen zusätzlich pflanzliche Reststoffe oder Ganzpflanzen wie Stroh und Algen. Für den Straßengüterverkehr ist unter den Biokraftstoffen der Biodiesel am bedeutendsten, welcher vor allem aus Rapsöl, Sojaöl oder Palmöl hergestellt wird. Die Schadstoffemissionen sind bei der Verwendung von reinem Biodiesel meist geringer als beim herkömmlichen Dieselkraftstoff auf Erdölbasis, mit Ausnahme der Stickoxide. Die leicht niedri-

gere Energiedichte des Biodiesels führt zu einem leichten Mehrverbrauch der Fahrzeuge.

Biokraftstoffe können dabei als Reinkraftstoffe oder als Beimischung verwendet werden, wobei Biodiesel in Deutschland in der Regel als Beimischung dem herkömmlichen Diesel zugesetzt wird. So sind für den B7 Kraftstoff nach der Dieselkraftstoff-Norm DIN 51268 seit 2009 bis zu 7 Volumenprozent Beimischung ohne besondere Kennzeichnung erlaubt. Weiterhin war Biodiesel auch als Reinkraftstoff, den so genannten B100, erhältlich (vgl. Lenz et al. 2010). Dieser ist jedoch durch den Wegfall des Steuerprivilegs seit Jahresbeginn 2013 teurer als herkömmlicher Diesel, weshalb er vom Kraftstoffmarkt verschwand (vgl. o. V. 2013a).

Ein weiterer alternativer Kraftstoff ist Erdgas, welches als Compressed Natural Gas (CNG) in Druckbehältern im Fahrzeug mitgeführt und in modifizierten Ottomotoren verbrannt wird. Seine Verbreitung ist unter Nutzfahrzeugen mit etwa 17.000 Einheiten zum 1. Januar 2014 bislang sehr gering (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014a). Da Erdgas eine geringe Energiedichte aufweist, wird es in Druckbehältern bei 200 bar gespeichert, wodurch die Energiedichte sich stark erhöht. Die Erdgasqualitäten unterscheiden sich dabei in L für low und H für high. Der höhere Methangehalt des H-Gases führt zu einem höheren Heizwert. Die physikalischen Eigenschaften des Erdgases führen zu einer sehr sauberen Verbrennung und geringen Emissionen (vgl. Lenz et al. 2010). Auch der geringe Kohlenstoffanteil führt zu einer Reduzierung der CO_2-Emissionen gegenüber der Verbrennung von Benzin oder

Diesel von etwa 10 % (vgl. Pucher/ Müller 2005). Durch den ermäßigten Energiesteuersatz liegen die Steuern auf Erdgas derzeit bei etwa 20 % der Steuern auf Benzin und 30 % der Steuern auf Diesel (vgl. Deutsche Energie-Agentur 2011). Dadurch ergibt sich eine Einsparung an Kraftstoffkosten von etwa 20 %. Die Anschaffungskosten eines Erdgas-Nutzfahrzeugs liegen jedoch um 10 bis 30 % höher als ein vergleichbares Fahrzeug mit Dieselantrieb, weshalb eine Wirtschaftlichkeit des CNG-Fahrzeugs nur bei hohen Fahrleistungen gegeben ist. Derzeit ist der CNG-Antrieb im städtischen Verkehr mit leichten Nutzfahrzeugen verbreitet (vgl. Lenz et al. 2010).

Auch das Flüssiggas LPG (Liquefied Petroleum Gas) wird in modifizierten Ottomotoren und Dieselmotoren eingesetzt. Das in Deutschland auch als Autogas bekannte LPG besteht aus einem Gemisch aus Propan und Butan, welches beispielsweise als Nebenprodukt in Raffinerien anfällt. Im Ottomotor wird LPG dabei als Reinkraftstoff verwendet, das heißt, der Motor läuft im Gasbetrieb mit 100 % Gas. Bei Dieselmotoren hingegen, welche keine Zündkerze aufweisen, ist der reine Gasbetrieb nicht möglich, da sich das Gas nicht von selbst entzünden würde. Daher wird LPG dem Dieselkraftstoff direkt vor der Verbrennung beigemischt. Das verbrennende Diesel-Luft-Gemisch dient dabei als Zünder für das Gas. Beide Kraftstoffe verbrennen daher miteinander (vgl. Bergander 2012). Durch die höhere Energiedichte des LPG im Vergleich zum Erdgas lassen sich höhere Reichweiten erzielen. Die Mehrkosten eines LPG-Antriebs liegen bei leichten Nutzfahrzeugen gegenüber dem Benzinmotor bei 2.000 bis 3.000 Eu-

ro, bei schweren Nutzfahrzeugen für den kombinierten Betrieb etwa 6.000 Euro. Durch den geringeren Energiesteuersatz liegt der Gaspreis je Liter bei etwa der Hälfte im Vergleich zum Diesel. Selbst unter Berücksichtigung der höheren Energiedichte des Diesels, weshalb im reinen Gasbetrieb ein höherer Verbrauch anfällt, sind die Kraftstoffkosten immer noch circa 30 % niedriger (vgl. Lenz et al. 2010). Trotzdem ist der Anteil an LPG-Nutzfahrzeugen derzeit mit etwa 11.000 Fahrzeugen am 1. Januar 2014 noch sehr gering (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014a).

Weitere Potenziale bei Nutzfahrzeugen ergeben sich neben den Antrieben und Kraftstoffen durch weitere fahrzeugbezogene Maßnahmen zur Senkung des Fahrwiderstands. Er steht für die Summe aller Reibungsverluste, welche bei der Fortbewegung des Fahrzeugs bestehen. Fällt er geringer aus, so lässt sich die Antriebsleistung reduzieren, um das Fahrzeug auf eine bestimmte Geschwindigkeit zu beschleunigen oder dort zu halten. Auf diese Weise lassen sich der Energieverbrauch und damit die Emissionen senken (vgl. Lenz et al. 2010; Intra 2014). Die Aerodynamik beeinflusst dabei die Höchstgeschwindigkeit, die Geräuschentwicklung und den Kraftstoffverbrauch eines Nutzfahrzeugs. Ausgedrückt und zusammengefasst werden die Eigenschaften der Aerodynamik durch den Luftwiderstandsbeiwert (c_w-Wert), einer dimensionslosen Kennzahl. Der Luftwiderstand ergibt sich dabei aus der Verdrängung der Luft und aus der Reibung der an der Fahrzeugoberfläche vorbeiziehenden Luft (vgl. Wildemann 2012b). Er ist somit besonders von der Stirnfläche und Windschlüpfrigkeit des Fahrzeugs

abhängig (vgl. Lenz et al. 2010). Die aerodynamischen Eigenschaften eines Nutzfahrzeugs werden daher vor allem durch die Form von Fahrerhaus und Aufbauten, den Fahrzeugunterboden sowie die Gestaltung der Radkästen beeinflusst. Eine günstige Gestaltung des Fahrerhauses sowie kleine Spaltmaße zum Aufbau helfen dabei, Verwirbelungen zu vermeiden und damit den Luftwiderstand sowie den Spritverbrauch zu senken (vgl. Wildemann 2012b). Durch die große Frontfläche von Nutzfahrzeugen ist auch ihr Luftwiderstand vergleichsweise hoch. Dies resultiert in einem c_w-Wert von 0,5 bis 0,8 – Pkw haben einen c_w-Wert von etwa 0,3 (vgl. Lenz et al. 2010). Aufgrund des quadratischen Zusammenhangs von Geschwindigkeit und Luftwiderstand steigt die Bedeutung der Aerodynamik mit zunehmender Geschwindigkeit. Da somit der Widerstand mit zunehmender Geschwindigkeit exponentiell ansteigt, nehmen Kraftstoffverbrauch und CO_2-Emissionen zu (vgl. Volkswagen 2011). Auf einer Autobahnfahrt eines 40 Tonnen Sattelzuges hat der Luftwiderstand einen Anteil von 10 bis 37 % am Energieverbrauch (vgl. Abbildung 2-16). Gering ist der Anteil dabei bei einer anspruchsvollen Topographie, beispielsweise auf der Autobahn A7 bei den Kasseler Bergen. Bei Mittelschweren Topographien, wie auf der A8 München – Augsburg, beträgt der Anteil 20 % und auf einfachen Topographien, beispielsweise von Berlin nach Hamburg, 37 %. Beispielhafte Maßnahmen zur Senkung des Luftwiderstands sind die Anpassung der Bugschürze sowie ein Dachspoiler.

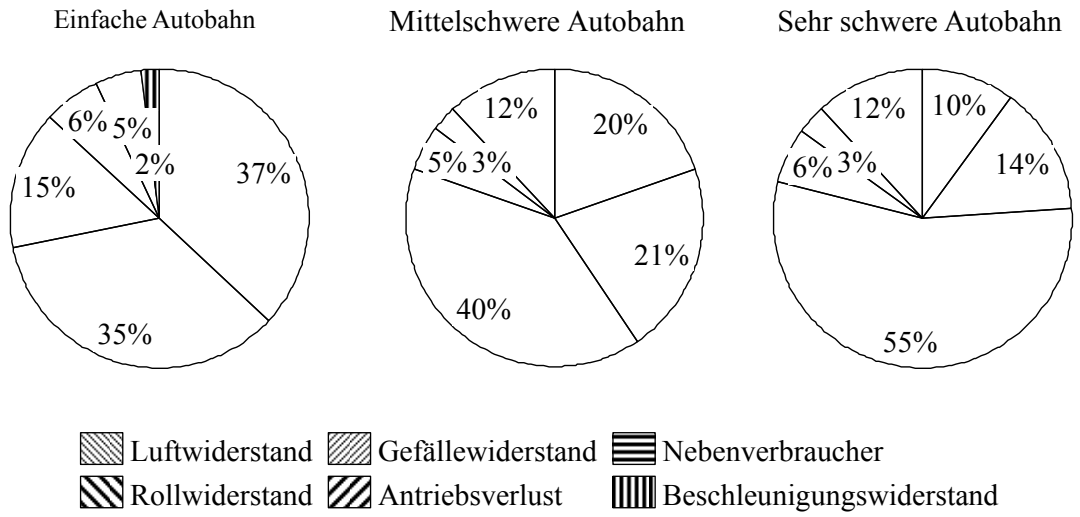


Abbildung 2-16: Energiebedarf eines 40 Tonnen Sattelzugs (vgl. Intra 2014)

So lässt sich durch An- und Abströmkörper eine gute seitliche Überströmung der Räder erreichen. Ein Radspoiler reduziert weiterhin die Verwirbelungen im Radkasten. Ein Dachspoiler auf dem Fahrerhaus sorgt für einen besseren Luftstrom am Aufbau beziehungsweise Auflieger (vgl. Wildemann 2012b; Intra 2014; Frank 2014). Weitere Maßnahmen sind eine Verlängerung der Frontschürze, Verkleidung des Unterbodens sowie Seitenverkleidungen an der Zugmaschine und am Auflieger (vgl. Frank 2014). Abbildung 2-17 veranschaulicht die Einsparungen für die verschiedenen Autobahn-Typen bei einer Verbesserung des c_w-Wertes von 0,5 auf 0,3 durch ein Versuchsfahrzeug. Für die einfache Autobahn wurde dabei eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 88 Kilometern pro Stunde angenommen, für die mittelschwere 80 Kilometer pro Stunde und für die sehr schwere Autobahn 68 Kilometer pro Stunde. Neben den oben dargestellten Ansatzpunkten sind für solche Senkungen des Luftwiderstands weitere

Maßnahmen durchzuführen. Hierzu gehören Seitenverkleidungen und Spoiler am Auflieger sowie dessen stromlinienförmige Gestaltung.

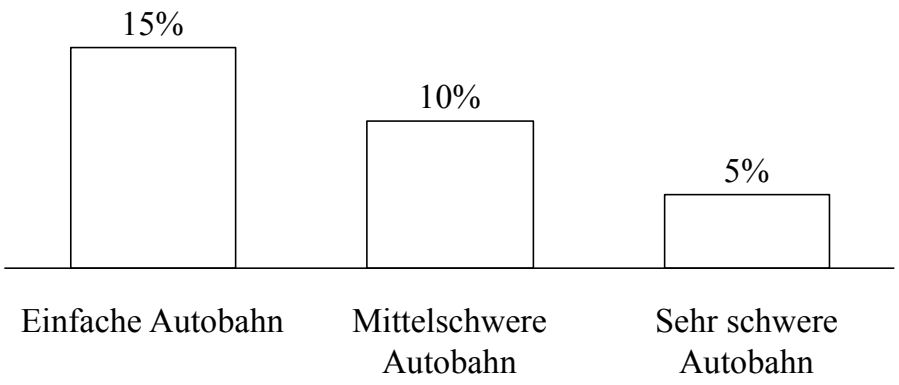


Abbildung 2-17: Einsparungen durch reduzierten c_w-Wert (vgl. Intra 2014)

Allein ein stromlinienförmiger Auflieger, auch Teardrop Trailer genannt, kann den Luftwiderstand um bis zu 10 % senken (vgl. Baker et al. 2009). Eine derart gewölbte Ausführung des Aufliegers führt jedoch entweder zu einer Überschreitung der zulässigen Fahrzeughöhe von vier Metern oder zu einem Verlust an Laderaumvolumen, sofern die vier Meter Höhe eingehalten werden. Diese Verbesserung der Aerodynamik steht daher in einem Spannungsfeld zum Bestreben der Logistikdienstleister nach maximalem Laderaumvolumen. Zur Lösung dieses Zielkonflikts könnten veränderte gesetzliche Rahmenbedingungen zu den Abmessungen von aerodynamisch verbesserten Nutzfahrzeugen beitragen (vgl. Lenz et al. 2010).

Zur weiteren Reduzierung des Fahrwiderstands lassen sich rollwiderstandsarme Reifen einsetzen. Der Rollwiderstand ist derjenige Fahrwiderstand, den Fahrbahn und Reifen der Fahrbewegung entgegensetzen. Hauptsächlich wird er durch die Fahrbahnverformung, die Walk-

arbeit des Reifens sowie durch die Reibung zwischen Fahrbahn und Reifen infolge minimaler Verschiebungen des Reifenprofils auf der Fahrbahn hervorgerufen. Der Rollwiderstand kann dabei im Fernverkehr bei einer Sattelzugmaschine mit Dreifachauflieger bis zu 35 % betragen (vgl. Lehmann 2011; Intra 2014). Ansatzpunkte zur Senkung des Rollwiderstands können dabei in der Veränderung der Laufstreifengeometrie und der Optimierung der Reifenkontur liegen (vgl. Bode/ Bode 2013). Auch der Reifenfülldruck ist von hoher Bedeutung. Nur bei korrektem Reifendruck federt der Reifen gerade genug, um die Last zu tragen. Ist der Druck geringer, fällt die Federung stärker aus als notwendig. Dann treten stärkere Walkbewegungen auf, die den Rollwiderstand und damit den Kraftstoffverbrauch und die CO_2-Emissionen unnötig erhöhen. Zur Vermeidung von Minderdrücken in Nfz-Reifen ist eine regelmäßige Kontrolle erforderlich (vgl. Wildemann 2012c).

3 E-Mobility in der Logistik

Der Einsatz von E-Mobility-Konzepten und somit deren Marktentwicklung wird im Nutzfahrzeugbereich stärker als bei Pkw über den direkten Wirtschaftlichkeitsvergleich zu konventionellen Antriebstechnologien getrieben. Die höheren Anfangsinvestitionen für E-Mobility-Fahrzeuge stehen dabei den Kraftstoffeinsparungen über die Nutzungsdauer entgegen. Hierbei bilden die Kraftstoffkosten, welche knapp 30 % an den Gesamtkosten von Logistikunternehmen betragen, die größten Kostenhebel. Der Kraftstoff wird dabei, physikalisch betrachtet, zur Überwindung der Fahrwiderstände verwendet. Diese sind

- der Rollwiderstand zwischen Fahrbahn und Reifen,
- der Luftwiderstand,
- der Leerlaufwiderstand im Getriebe sowie
- der Beschleunigungs- und Steigungswiderstand zur Bewegung der Transportmasse.

Diese Fahrwiderstände werden vom Nutzungsverhalten eines Fahrzeugs bestimmt. So dominiert im Nutzfahrzeugbereich bei Überlandfahrten sowie auf der Autobahn der Luftwiderstand. Die Potenziale von E-Mobility-Konzepten sind dort gering. Im Stadtverkehr und auf Kurzstrecken hingegen lassen sich die Vorteile der E-Mobility voll ausnutzen. Der Luftwiderstand kann hier nahezu vernachlässigt werden. Vielmehr ist eine Effizienzsteigerung im Antriebsstrang erforderlich, um eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs zu erreichen. In der

Vergangenheit wurden die konventionellen Dieselaggregate fast an die Grenzen des technisch Machbaren optimiert. Für weitere Kraftstoffeinsparungen sind neue Antriebskonzepte wie die E-Mobility notwendig. Insbesondere im Stadtverkehr mit seinen kurzen Strecken, dem häufigen Beschleunigen und Abbremsen, werden die spezifischen Nachteile von E-Mobility-Fahrzeugen kompensiert. So sind die zurückgelegten Strecken meist kürzer und die transportierten Zulasten geringer, weshalb die begrenzte Reichweite und das hohe Fahrzeugeigengewicht an Bedeutung verlieren (vgl. Wildemann 2012a). Die bereits am Markt erfolgreichen E-Mobility-Kleinserien setzen daher in diesem Bereich an, denn die Potenziale sind dort besonders groß, (vgl. Abbildung 3-1). Zudem werden über 80 % des Bruttoinlandsprodukts in urbanen Zentren erwirtschaftet. Die Versorgung von Städten mit Gütern und Dienstleistungen ist daher eine Kernleistung der Logistik. Ein wichtiges Problem besteht jedoch darin, dass die vorhandene Infrastruktur mit herkömmlichen Mobilitätskonzepten an ihre Kapazitätsgrenzen gelangt ist. Dadurch, dass sich die Städte zu Versorgungszentren entwickeln, bildet der Sektor der Nutzfahrzeuge bis 3,5 Tonnen mit 88 % den größten Anteil gewerblich genutzter Fahrzeuge in Deutschland. Die Nutzfahrzeuge, welche zur Versorgung von Städten eingesetzt werden, stellen 30 % des Fahrzeugbestands, verursachen jedoch 50 % des Verkehrsaufkommens sowie 80 % der Emissionen (vgl. Vastag/ Schaumann 2012). Daher scheint diese Fahrzeugart für eine Umstellung von konventionellen Fahrzeugen besonders geeignet. Da Kurier-, Express-, und Paketfahrzeuge täglich nur 80-100 Kilome-

ter am Tag zurücklegen, stellt die maximale Reichweite der E-Fahrzeuge keine kritische Größe dar. Deshalb werden beispielsweise in der Paketzustellung E-Mobility-Lösungen heute erfolgreich eingesetzt (vgl. Wildemann 2012a).

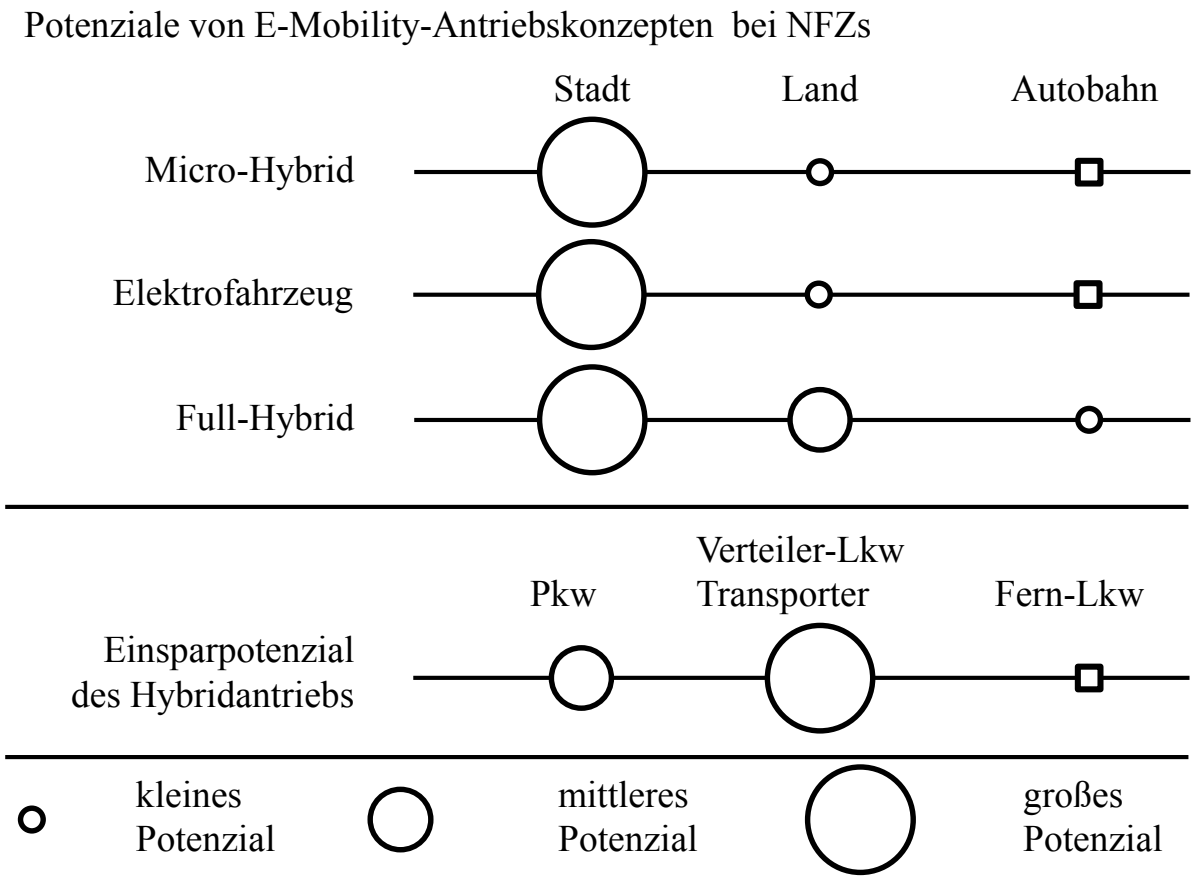


Abbildung 3-1: Potenziale der E-Mobility nach Einsatzgebiet (vgl. Wildemann 2012a)

Die Entwicklung der Kurier-, Express-, und Paket-Dienste ist an die Entwicklung des E-Commerce gekoppelt. Das prognostizierte Umsatzwachstum beträgt bis 2016 jährlich 10 % (vgl. Koller et al. 2013). Es wird angenommen, dass die zunehmende Anzahl an Paket- und Kleinsendungen auch zu einer Steigerung der Transportvolumen führt. Die wachsende Bedeutung des E-Commerce ist somit maßgeblich für eine positive Entwicklung der Kurier-, Express-, und Paket-Dienste

und daher auch für einen möglichen Einsatz elektrischer Nutzfahrzeuge (vgl. Vahrenkamp/ Kotzab 2012a; Witte/ Klumpp 2013a). Auch im Kommunalfahrzeugbereich werden E-Mobility-Lösungen bereits eingesetzt und sind dabei teilweise kosteneffizienter als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Durch die geringe durchschnittliche Fahrleistung dieser Fahrzeuge von nur etwa 30-40 Kilometern pro Tag kann ebenfalls von E-Mobility-Lösungen abgedeckt werden (vgl. Wildemann 2012a). Darüber hinaus ist mit einer zunehmenden Diffusion der E-Mobility auf der letzten Meile zu rechnen. Insbesondere die Städte mit ihren Umweltzonen sowie der Forderung nach CO_2-armen Transporten begünstigen die Marktdiffusion. Die Nutzfahrzeughersteller haben diesen Trend erkannt und bieten bereits erste Sprinter mit elektrischem Antrieb an. Diese Fahrzeuge führen zunächst zu erhöhten Investitionen, welche sich jedoch durch den geringeren Energieverbrauch amortisieren. Den Flottenbetreibern fehlt es jedoch heute hingegen noch an einer ausreichenden Transparenz über die Wirtschaftlichkeit der Fahrzeugkonzepte. Zudem ist das Angebot an elektrischen Nutzfahrzeugen, die über eine entsprechende technologische Reife verfügen, noch gering. Daher ist ein schneller Durchbruch zur Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen nicht zu erwarten. Vielmehr werden sich die E-Mobility-Konzepte sukzessiv im Transportsektor durchsetzen. Der nachfolgende Abschnitt zeigt einige Beispiele von elektrischen Nutzfahrzeugen, wie sie bereits am Markt verfügbar sind.

3.1 E-Mobility Konzepte im Pkw- und Nutzfahrzeugbereich

Es lassen sich verschiedene Arten von Elektrofahrzeugen unterscheiden (vgl. Abbildung 3-2). Zu ihnen gehören reine Elektrofahrzeuge (BEV), Brennstoffzellenfahrzeuge (FCHEV), Hybridfahrzeuge (HEV), Range Extender (HEEV) sowie Plug-In-Hybridfahrzeuge (PHEV).

Fahrzeugtyp	Akronym	Typische Charakteristika
Elektrofahrzeug	BEV (Battery Electric Vehicle)	• Elektromotor mit am Netz aufladbarer Batterie • Personenkraftwagen, aber auch Zweiräder • Hohes Potenzial zur CO_2-Reduktion durch Nutzung erneuerbarer Energien
Brennstoffzellenfahrzeug	FCHEV (Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle)	• Elektromotor mit Brennstoffzelle zur Energieversorgung
Hybridfahrzeug	HEV (Hybrid Electric Vehicle)	• Klassischer Verbrennungsmotor plus Elektromotor • Ladung der Batterie durch Rückgewinnung der Bremsenergie • Pkw und Nutzfahrzeuge
Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerung	REEV (Range Extended Electric Vehicle)	• Elektromotor mit am Netz aufladbarer Batterie • Modifizierter Verbrennungsmotor kleiner Leistung oder Brennstoffzelle
Plug-In-Hybridfahrzeug	PHEV (Plug-In Hybrid Electric Vehicle)	• Elektromotor mit am Netz aufladbarer Batterie • Kombination von klassischem Verbrennungsmotor und Elektromotor • Pkw und auch Nutzfahrzeuge (z.B. Lieferverkehr)

Abbildung 3-2: Übersicht über die verschiedenen Antriebskonzepte

Elektrofahrzeuge (BEV)

Ziel der Elektrifizierung des Antriebsstrangs ist das reine Elektrofahrzeug, das prinzipiell nur aus einer Batterie und Elektromotor besteht (vgl. Assadi/ Dannenberg 2011). Dieser einfache Systemaufbau begünstigt die Entwicklung solcher Fahrzeuge. Bei einem Fahrzeug mit reinem Elektroantrieb entfällt der Verbrennungsmotor, Anlasser, Kupplung sowie ein Automatikgetriebe, was zusätzlich viel Gewicht einspart. Die nötige Energie zur Fortbewegung liefert in diesen Fall nur die Batterie, die den Elektromotor antreibt. Nach Erreichen der Kapazitätsgrenzen muss die Batterie jedoch extern geladen werden (vgl. Yay 2012).

Brennstoffzellenfahrzeuge (FCHEV)

Das Prinzip des Brennstoffzellenfahrzeugs ist ähnlich dem des vollständigen Elektrofahrzeugs. Der einzige Unterschied hierbei ist, dass die Energie für den Elektromotor nicht aus einer Batterie, sondern mit Strom aus einer Brennstoffzelle angetrieben wird (vgl. Yay 2012). Das Problem hierbei ist jedoch die Bereitstellung von Wasserstoff, da die Herstellung sehr viel Energie benötigt und daher sehr kostenintensiv ist. „Eine weitere Hürde stellt die Einrichtung von Wasserstofftankstellen dar“ (vgl. Yay 2012). In ganz Deutschland existieren beispielsweise erst 30 solcher Tankstellen. Daher haben sich Unternehmen wie BMW oder VW bereits von der Wasserstofftechnologie verabschiedet. Im Gegenzug dazu ist Strom grundsätzlich überall verfügbar (vgl. Yay 2012).

Hybridfahrzeuge (HEV)

Hybridfahrzeuge stellen eine Kombination aus Verbrennungs- und Elektromotor dar, bei der die jeweilige Abkopplung möglich ist. Hierbei gibt es verschiedene Variationen, die den Grad der Hybridisierung/ Elektrifizierung anzeigen und die man nach der Leistungsfähigkeit in Micro-, Mild- und Full-Hybrid differenziert (vgl. Assadi/ Dannenberg 2011). Das Mildhybrid-Konzept stellt dabei die niedrigste Stufe der Elektrifizierung dar (vgl. Yay 2012). Diese Fahrzeuge fahren technisch gesehen mit dem Verbrennungsmotor, doch sie verfügen über eine Start-Stopp Funktion (Starter-Generator bis 5 kW), die die Bremsenergie zurückgewinnt (Rekuperation) und in einer Batterie speichert. Besonders im Stadtverkehr kann hier viel Energie zurückgewonnen werden. Durch diese Energie wird das Fahrzeug beispielsweise nach dem Warten an einer Ampel wieder gestartet. Hierbei können bereits Kraftstoffeinsparungen von 5 bis 10 % realisiert werden. Der Starter-Generator hat im Fahrzeug hier nur eine unterstützende Funktion und dient ausschließlich der Kraftstoffeinsparung (vgl. Bundesregierung 2009a). Die nächst höhere Stufe von Hybridfahrzeugen stellen Mild-Hybride dar, bei denen die elektrische Komponente zwischen 5 und 15 kW Leistung verfügt. Zusätzlich zur Rekuperationstechnik wird der Verbrennungsmotor durch den Starter-Generator unterstützt. Diese Technik bezeichnet man als Boosten, wobei der Elektromotor bei Bedarf beim Beschleunigen zugeschaltet wird. „Die Kraftstoffeinsparungen gegenüber den konventionell betriebenen Fahrzeugen betragen bei Mildhybrid-Konzepten 15 bis 20 % (vgl. Bundesregierung

2009a). Der Full-Hybrid ermöglicht das rein elektrische Fahren (vgl. Assadi/ Dannenberg 2011). Der Unterschied zu reinen Elektrofahrzeugen ist, dass sowohl ein Verbrennungsmotor als auch ein Elektromotor im Fahrzeug verbaut sind und, dass im Vergleich zu Micro- und Mild-Hybriden leistungsfähigere Elektromotoren und Speicher eingebaut sind. Bei diesem Konzept kann die elektrische Komponente mit einer Leistung von 30 bis 120 kW vom Verbrennungsmotor abgekoppelt werden. Das Problem hierbei ist jedoch, dass wegen den zwei verbauten Antrieben zusätzliches Gewicht im Fahrzeug vorhanden ist, daher sind in der Praxis bisher nur Reichweiten bis 10 km und mit einer maximalen Geschwindigkeit von 50 km/h realisiert worden, falls man nur elektrisch fährt. Jedoch kann mit einem Full-Hybrid Verbrauchsreduzierungen von 15 bis 30 % realisiert werden. Hinsichtlich der Antriebsstruktur unterscheidet man parallele, serielle, gemischte und leistungsverzweigte Hybride (vgl. Assadi/ Dannenberg 2011). Bei einer parallelen Hybridstruktur arbeiten Elektro- und Verbrennungsmotor gemeinsam nebeneinander und sind beide mit dem Antrieb fest verbunden. Der Antrieb kann also rein elektrisch, rein durch den Verbrennungsmotor oder gemeinsam erfolgen. Ein serieller Hybrid zeichnet sich dadurch aus, dass nur der Elektromotor an den Antriebsstrang gekoppelt ist und die Fahrtenergie nur vom Elektromotor zur Verfügung gestellt wird (vgl. Yay 2012). Von einer gemischten Hybridstruktur spricht man, wenn mittels einer Kupplung entweder ein paralleler oder serieller Antrieb realisiert wird. Diese zusätzliche Möglichkeit der Leistungsverzweigung bietet wesentliche Vorteile, die be-

reits in der parallelen Hybridstruktur sowie folgend in der seriellen Hybridstruktur analysiert werden (vgl. Assadi/ Dannenberg 2011). Beim leistungsverzweigten Hybrid-Antrieb arbeiten hingegen zwei Elektromotoren, die über ein sogenanntes Planetengetriebe mit dem Verbrennungsmotor verbunden sind. Jedoch kann auch der Verbrennungsmotor allein den Antrieb übernehmen. Der Wechsel, welcher automatisch erfolgt, ist für den Fahrer kaum bemerkbar und durch ein zentrales Steuergerät geregelt. Wenn der Verbrennungsmotor in Betrieb ist, arbeiten die Elektromotoren als Generator und speichern den produzierten Strom dann in der Batterie (vgl. Yay 2012).

Elektrofahrzeug mit Reichweitenverlängerung (REEV)

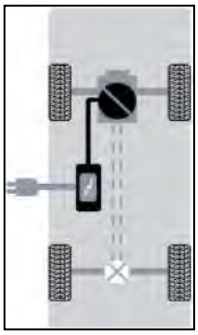
Eine weitere Variation der Hybridfahrzeuge ist der sogenannte Range Extender. Der Range Extender ist ein serieller Hybrid, der, um die Reichweite zu vergrößern, über einen Verbrennungsmotor mit Generator die Batterie bei Bedarf lädt (vgl. Assadi/ Dannenberg 2011). Der Verbrennungsmotor hat bei dieser Technik also lediglich die Funktion über einen Generator Strom für den Elektromotor zu erzeugen, wenn die Kapazität der Batterie ihre Grenzen erreicht. Dieses Konzept ermöglicht somit meist emissionsfreies Fahren, doch es stößt an seine Grenzen, wenn auf langen Strecken hohe Leistungen gefordert sind.

Plug-In Hybridfahrzeuge (PHEV)

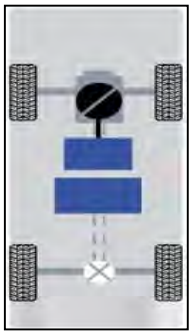
Bei dieser Art von Elektrofahrzeugen ist es möglich, im Gegensatz zu allen anderen Hybridfahrzeugen, den Akkumulator im Fahrzeug extern mit Strom an einer Steckdose zu laden. Der große Vorteil dieser

Technik besteht darin, dass das Fahrzeug nicht mehr zwingend auf Strom des Verbrennungsmotors angewiesen ist. Der Verbrennungsmotor hat in diesen Fahrzeugtypen nur noch die Funktion eines Range Extenders. Plug-In-Hybride können somit auch längere Strecken nur mit Strom und somit emissionsfrei fahren. Die Energie eines Elektrofahrzeuges kann sowohl aus erschöpflichen als auch von unerschöpflichen Quellen z.B. Wasser-, Wind- und Sonnenenergie produziert werden, was das Elektromobil erst umweltfreundlich macht. Die Kombination beider Quellen ist das Hybridfahrzeug, welches bereits das Fahren mit reinem Elektromotor ermöglicht. „Insgesamt lässt sich feststellen, dass der Hauptvorteil eines Hybridfahrzeugs in der Unterstützung des Verbrennungsmotors in ineffizienten Drehzahlbereichen liegt, z.B. im Stop-and-Go-Verkehr.“ Leider sind Hybridfahrzeuge hoch komplex und durch die beiden verbauten Motorenarten relativ schwer und teuer, doch durch den Einsatz von Elektromotoren im Straßenverkehr sind Kraftstoffeinsparungen von bis zu 30 % möglich (vgl. Yay 2012). Außerdem existieren noch die Konzepte des Plug-In-Hybrids, dessen Batterie extern geladen werden kann und schließlich das vollkommen elektrisch betriebene Fahrzeug. Die verschiedenen Antriebsarten sind in Abbildung 3-3 aufgeführt. Geeignete Energiespeicher sind für elektrisch angetriebene Fahrzeuge unabdingbar und die entscheidende Komponente für den Erfolg der Elektromobilität (vgl. Hoberg et al. 2010). Als Energiespeicher eignen sich verschiedene Konzepte, wie Kondensatoren, Schwungräder oder Batterien. Die Batterien spielen hierbei für die Elektrifizierung des Antriebs-

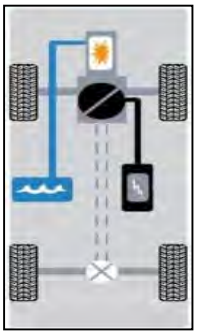
strangs neben der Brennstoffzelle eine bedeutende Rolle (vgl. Wallentowitz/ Freialdenhoven 2011). Der folgende Abschnitt stellt die Batterie als Energiespeicherkonzept vor und erläutert verbreitete Batterietechnologien für automobile Anwendungen.



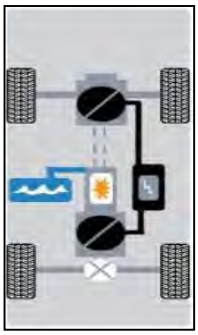
Batterieelektrischer Antrieb



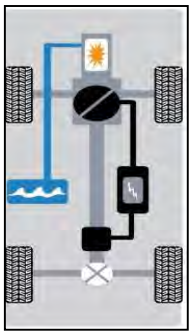
Brennstoffzellen-Antrieb



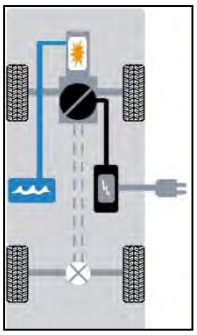
Paralleler Hybridantrieb



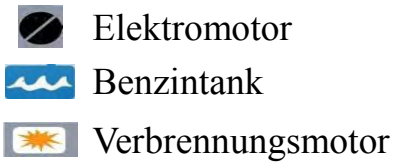
Serieller Hybridantrieb



Gemischter Hybridantrieb



Plug-in Hybridantrieb



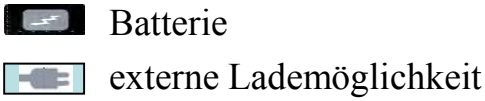


Abbildung 3-3: Alternative Antriebsarten

3.1.1 Batterie als Schlüsseltechnologie für elektrische Fahrzeuge

Die Batterie ist ein elektrochemischer Energiespeicher, welcher aus mehreren in Serie geschalteten galvanischen Zellen besteht und sich in

einem Gehäuse befindet. Beim Aufladen der Batterie wir die zugeführte elektrische Energie in chemische Energie umgewandelt und gespeichert. Dieser Prozess kehrt sich um, sobald ein Verbraucher angeschlossen wird – die elektrische Energie wird dann wieder abgegeben (vgl. Hannig et al. 2009). Die Energiewandlung erfolgt dabei in der galvanischen Zelle, welche zwei Elektroden besitzt, welche sich ihrerseits in einem ionisch leitenden Elektrolyt befinden. Der Elektronenstrom fließt zwischen der negativ geladenen Anode und der positiv geladenen Kathode. Zur Verhinderung eines Kurzschlusses trennt ein nicht leitender Separator die Elektroden voneinander, welcher ausschließlich vom Ionenstrom passiert werden kann (vgl. Wallentowitz/ Freialdenhoven 2011).

Bei Batterien wird dabei zwischen Primär- und Sekundärzellen unterschieden. Primärzellen stehen für nicht wieder aufladbare Stromquellen, während Sekundärzellen wieder aufladbar sind. Für den Einsatz im Elektrofahrzeug werden mehrere Sekundärzellen zu einem Batteriesystem gebündelt, welches im Wesentlichen aus den drei Komponenten Batteriezellen, Batteriemanagementsystem sowie Gehäuse mit Isolierung und Kühlung besteht. Das Batteriemanagementsystem überwacht und steuert das Batteriesystem, insbesondere Temperaturen und Spannungen (vgl. Schlick et al. 2011).Im Folgenden werden Charakteristika verfügbarer Batterietechnologien erläutert und den Anforderungen aus der Praxis gegenübergestellt.

Energiedichte und Leistungsdichte: Die Energiedichte der Batterie, welche definiert ist als Energieinhalt in Kilowattstunden (kWh) pro

Masseneinheit in kg, legt die maximale Reichweite des Elektrofahrzeugs fest. Es geht um die Bereitstellung einer großen Menge an Energie zur Reichweitenmaximierung, wobei Gewicht und Volumen der Batterie vorzugsweise gering ausfallen sollen (vgl. Bundesregierung 2009a). In welchem Maß ein Logistikdienstleister Elektrofahrzeuge einsetzen kann, hängt unter anderem von der Energiedichte der verwendeten Batterietechnologie ab. Die Leistungsdichte der Batterie, welche definiert ist als entnehmbare elektrische Leistung in Watt (W) pro Masseneinheit in Kilogramm, ist ausschlaggebend für die Beschleunigung sowie die maximale Geschwindigkeit des Elektrofahrzeugs. Hierbei geht es um die Bereitstellung von einer großen Menge an Energie in einem adäquaten Zeitraum (vgl. Bundesregierung 2009a). Abbildung 3-4 stellt die Kenngrößen für verschiedene Batterietechnologien dar.

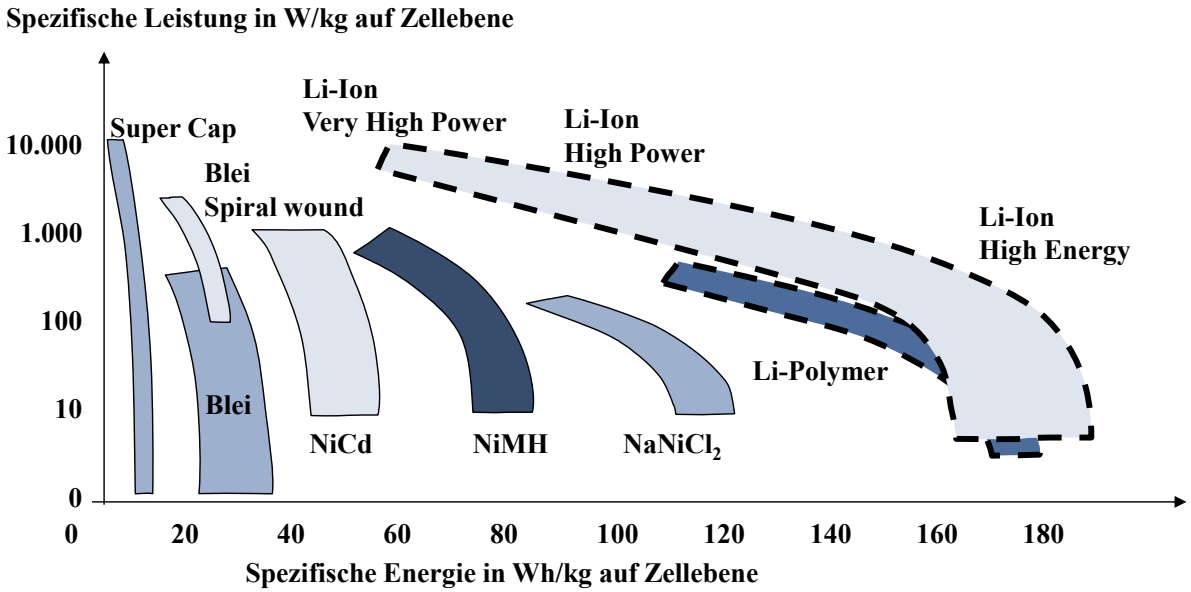


Abbildung 3-4: Energie- und Leistungsdichte von Batterietechnologien

Blei-Säure Akkus (Pb-PbO_2) wurden schon Ende des 19. Jahrhunderts entwickelt und sind in der Herstellung kostengünstig und zuverlässig. Ein weiterer Vorteil ist, dass sie keinen Memory Effekt aufweisen. Die Nachteile dieses Akku Typs überwiegen jedoch. Die Akkumulatoren auf Basis von Blei haben eine zu geringe Energiedichte, sind sehr masseintensiv und für die Schnellladung nicht geeignet. Außerdem können sie nicht tiefentladen gelagert werden und sind sehr umweltschädlich. Dieser Akku ist in der heutigen Zeit überholt (vgl. Yay 2012). Nickel-Metallhybrid Akkus (Ni-MH) haben eine deutlich höhere Energiedichte als Blei Akkus und lassen sich auch relativ gut entsorgen. Daher waren bisher in vielen Hybrid- und Elektrofahrzeugen diese Akkumulatoren verbaut. Leider sind diese sehr empfindlich auf Überladung, falsche Polung und Überhitzung. Außerdem weisen diese Akkus eine hohe Selbstentladung von bis zu 30 % auf sowie eine deutliche Leistungsabnahme bei tiefen Temperaturen (vgl. Yay 2012). Lithium-Ionen Akkumulatoren (Li-Ion) erfüllen die Anforderungen für Elektrofahrzeuge am besten. Sie haben die größte Energiedichte von allen Akkumulatoren und eine geringe Selbstentladung. Das größte Problem war lange Zeit, dass sich Lithium hoch reaktiv mit Wasser oder feuchter Luft verhält, doch die gravierendsten Sicherheitsprobleme wurden mittlerweile gelöst. Jedoch sind die Nachteile dieser Technologie die geringe Lebensdauer, die hohen Herstellkosten für Lithium und vor allem die schwierige Recyclebarkeit dieser Akkus. Die Entwicklung steht hier jedoch erst am Anfang und zeigt sich als vielversprechend. Beispielsweise werden diese Akkus schon erfolg-

reich bei vielen Elektrofahrzeugen, wie dem Tesla Roadster oder beim E-Mini von BMW eingesetzt (vgl. Yay 2012).

Kosten: Die Kosten der Batterie spielen eine wichtige Rolle, da ein Logistikdienstleister, der plant, Elektromobilitätskonzepte in seinem Unternehmen einzusetzen, die Wirtschaftlichkeit seiner eingesetzten Betriebsmittel beachten muss. Aufgrund der hohen Batteriekosten ist eine Anschaffung eines Elektrofahrzeugs heute teurer als die Anschaffung eines vergleichbaren Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor. Zu den Gesamtkosten der Batterie gehören nicht nur die Kosten der Zelle bzw. der Elektrochemie selbst, sondern auch weitere Kostenfaktoren des Batteriesystems wie beispielsweise das Batteriemanagementsystem (vgl. Bundesregierung 2009a).

Wiederaufladung: Eine weitere Forderung an den Energiespeicher ist die schnelle Wiederaufladung der entladenen Batterie (vgl. Bundesregierung 2009a). Im Vergleich zu einem Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, welches innerhalb weniger Minuten voll betankt werden kann, nimmt der Ladevorgang bei Elektrofahrzeugen mehr Zeit in Anspruch. Je nach den eingesetzten Technologien und den Kombinationen aus Strom und Spannung und den sich daraus ergebenden Leistungen dauert ein Ladevorgang unterschiedlich lang. Es gibt verschiedene Technologien zur Wiederaufladung der Batterie, welche im Folgenden näher betrachtet werden sollen. Eine Möglichkeit der Wiederaufladung ist der Anschluss der Batterie über Stecker und Kabel an das Stromnetz am Standort des Unternehmens in der Garage bzw. an Stromsäulen im öffentlichen Raum, wobei je nach Energieinhalt der

Batterie eine gängige 16A Absicherung des häuslichen Stromnetzes mehrstündige Ladedauern zur Folge haben kann. Alternativen arbeiten mit Ladeströmen bei Drehstrom bis zu 63A bei 400V. Eine weitere Möglichkeit zur Batterieaufladung stellt die induktive Ladestation dar, bei der die Batterie kabellos mittels Stromübertragung von einer Spule in der Fahrbahn auf eine Spule im Fahrzeug aufgeladen wird. Schließlich können Batterie-Wechselstationen zum Einsatz kommen, wobei bei dieser Technologie, bei der die leere Batterie dem Fahrzeug entnommen wird und eine vollgeladene Batterie wieder eingesetzt wird, eine Standardisierung der Batterien notwendig ist (vgl. Bundesregierung 2009a). Diese Technologie stellt wohl die schnellste Variante dar, da die entladene Batterie lediglich entfernt und die vollgeladene Batterie eingesetzt werden muss. Die Länge des Wiederaufladungsprozesses wird unter anderem einen Einfluss darauf haben, ob die Einführung von Elektromobilitätskonzepten von Logistikdienstleistern als sinnvoll angesehen wird oder nicht. Unter Umständen wird der Dienstleister gezwungen sein, seine Tourenplanung und Routen von der Existenz der Ladestationen abhängig zu machen, wenn Touren gefahren werden, deren Längen die maximale Reichweite des Fahrzeugs übersteigen.

Wartungsfreiheit: Wartungsfreiheit ist eine weitere Anforderung, die an Batterien gestellt wird. Eine Wartungsfreiheit der Batterie hat geringere Instandhaltungskosten und somit geringere Betriebskosten zur Folge. Bei der Betriebskostenbetrachtung sind nicht nur Wartungsarbeiten an der Batterie relevant, sondern auch Wartungsaufwendungen

an anderen Komponenten wie dem Elektromotor. Je geringer die Betriebskosten sind, desto eher lohnt sich die Investition in ein Elektrofahrzeug.

Wirkungsgrad: Bei Batterien soll ein möglichst hoher Wirkungsgrad erzielt werden. „Elektrisch eingebrachte Energie soll möglichst vollständig wieder für die Entladung zur Verfügung stehen“ (vgl. Bundesregierung 2009a). Niedrige Wirkungsgrade der Batterie führen zu höheren Betriebskosten, da ein Teil der eingebrachten Energie, für die der Anwender zahlen muss, verloren geht. Hohe Wirkungsgrade hingegen führen zu niedrigeren Betriebskosten, da fast gar keine eingebrachte Energie verloren geht.

Lebensdauer und Zyklenbeständigkeit: Damit der Batterie auch nach Jahren ausreichend Energie entnommen werden kann und somit hohe Lebensdauern mit zahlreichen Auf- und Entladevorgängen erzielt werden können, muss die Batterie unter anderem eine hohe Zyklenfestigkeit besitzen. Um Wiederbeschaffungskosten durch den Kauf einer neuen Batterie zu vermeiden, wird eine Lebensdauer der Batterie angestrebt, die der des Elektrofahrzeugs gleicht. Aktuell sind Batterielebensdauern allerdings geringer als Fahrzeuglebensdauern (vgl. Bundesregierung 2009a).

Selbstentladung: Bei Batterien tritt Selbstentladung auf, was mit dem Verdunsten von Kraftstoffen bei Verbrennungsmotoren gleichzusetzen ist. Man kann zwischen reversibler Selbstentladung und irreversiblem Kapazitätsverlust bzw. irreversibler Selbstentladung unterscheiden. Im Laufe der Zeit geht in beiden Fällen Kapazität aus der

Zelle verloren. Bei der reversiblen Selbstentladung kann die Zelle einfach wieder aufgeladen werden und der Kapazitätsverlust wird ausgeglichen. Beim irreversiblen Kapazitätsverlust steht die verloren gegangene Kapazität selbst nach einer Wiederaufladung nicht mehr zur Verfügung. Beide Verlustarten sind von der Temperatur abhängig. Bei niedrigen Temperaturen ist der Kapazitätsverlust eher niedrig, während bei hohen Temperaturen der Kapazitätsverlust steigt. Außerdem tritt ein höherer Kapazitätsverlust im Volladezustand auf (vgl. Bundesregierung 2009a). Es ist demnach wichtig, die Batterie bei angemessenen Temperaturen zu lagern und darauf zu achten, dass im Fall der Lagerung die Batterie nicht vollständig aufgeladen ist. Ein Logistikdienstleister muss verstehen, dass bei falschem Umgang mit der Batterie die Lebensdauer geringer sein wird als ursprünglich geplant bzw. vom Hersteller angegeben. Die Notwendigkeit einer teuren Wiederbeschaffung einer neuen Batterie kann somit schneller eintreten als ursprünglich geplant.

Temperaturabhängigkeit: Batterien weisen eine Temperaturabhängigkeit auf und so kann bei Temperaturen von unter -20°C eine Leistungsentnahme fast nicht mehr möglich sein, je nachdem, welcher Elektrolyt verwendet wird. Es kann festgestellt werden, dass die Temperatur einen sehr großen Einfluss auf die tatsächlich entnehmbare Kapazität hat. Fällt die Temperatur, so sinkt auch die tatsächliche Kapazität der Batterie. Beim Vergleich von einem Winter- (0°C) und Sommerszenario (25°C) kann festgestellt werden, dass im Winter der nutzbare Energieinhalt des Batteriesystems geringer ist, ebenso wie

die abrufbare Maximalleistung der Batterie. Ob ein Elektrofahrzeug damit noch sinnvoll in kalten Wintern und nördlichen Gegenden eingesetzt werden kann ist fraglich. Bei hohen Temperaturen kommt es zu der bereits erwähnten verstärkten Selbstentladung und die Batterie altert schneller (vgl. Bundesregierung 2009a).

Sicherheit: Batterien enthalten hohe Mengen an Energie sowie unterschiedliche Chemikalien. Daher stellt der Sicherheitsaspekt ein wichtiges Kriterium für Elektrofahrzeugbatterien dar. So können Batterien durch Kurzschlüsse, Überladung, Überentladung, thermischer Belastung oder bei Unfällen Schaden nehmen. Die Chemikalien bilden dabei möglicherweise beim Austreten explosive Gemische oder entzünden sich. Eine Beschädigung der Batterien ist unbedingt zu vermeiden. Hierzu sind das Batteriedesign sowie die verbaute Mechanik entsprechend zu konzipieren. Auch das Batteriemanagementsystem sowie die verbaute Elektronik haben einen wesentlichen Einfluss auf die Sicherheit und die langfristige Leistungsfähigkeit der Batterie. So überwacht das Batteriemanagementsystem die Spannungen bei Belade- und Entladevorgängen und reguliert die Temperaturen. Eventuelle Fehler im Batteriesystem können darüber hinaus dem Fahrer angezeigt werden ***(vgl. Conver 2009).***

3.1.2 Bereits erprobte E-Mobility Ansätze im Bereich Logistik

Elektrofahrzeuge fluten derzeit den Automobilmarkt. Viele Automobilhersteller haben in den letzten Monaten entweder Elektro- oder unterschiedliche Arten von Hybridfahrzeugen vorgestellt. Im September 2013 startete beispielsweise der Verkauf des BMWi3 mit einem

Elektromotor von 125 kW und einer Reichweite von 190 km. Während des Betriebs des integrierten Range Extenders arbeitet der Antrieb nach dem Konzept des seriellen Hybrids (vgl. BMW Group 2014). Doch nicht nur der Pkw-Bereich springt auf diesen Trend auf, sondern auch verschiedene Hersteller von Transportern und sogar Lkws arbeiten mit Hochdruck an der Entwicklung von verschiedenen Elektronutzfahrzeugen. Im Folgenden werden zwei Beispiele, ein Transporter mit Elektromotor und sogar ein elektrisch betriebener 18-Tonnen Lkw vorgestellt. Beide Fahrzeuge sind bei unterschiedlichen Unternehmen bereits im Einsatz. Diese beiden Beispiele verdeutlichen, dass Elektromobilität und Logistikunternehmen prinzipiell zusammenpassen und sich E-Mobility durchaus für Logistikdienstleister eignet. Dies sind zwei Beispiele für reine Elektrofahrzeuge (BEV), die ökologisch und technisch das Aushängschild von E-Mobility-Konzepten darstellen.

Transporter Mercedes-Benz Vito E-Cell

Der Mercedes-Benz Vito E-Cell ist bereits seit Ende 2010 bei der Deutschen Post DHL für die Brief- und Verbundzustellung im Rahmen von Pilotprojekten im Einsatz. Mit einer Motorleistung von 70 kW bringt es der Vito E-Cell auf eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h. Maximal kann der Transporter der Deutschen Post DHL bis zu 755 kg Nutzlast aufnehmen (vgl. Deutsche Post DHL 2013b). Die Leistungsdaten des Mercedes-Benz Vito E-Cell sind in Abbildung 3-5 zusammengefasst. Ausgestattet ist der Mercedes-Benz Vito E-Cell mit einer Lithium-Ionen Batterie mit einer Größe von 36 kWh, was bei

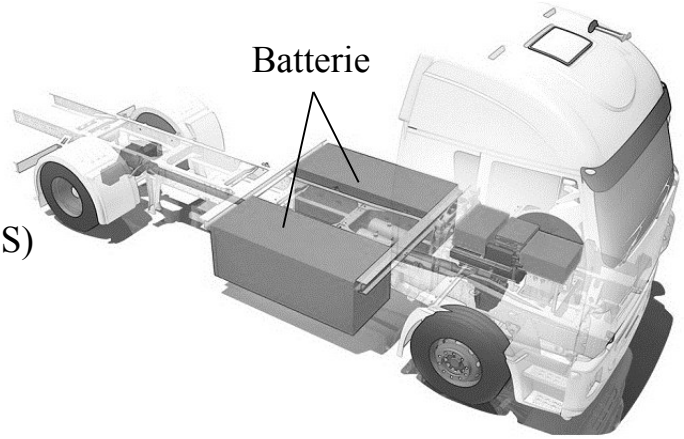
Leistung:	70 kW
Max. Gesch:	80 km/h
Reichweite:	130 km
Batterie:	Li-Ion, 36 kWh Vollladung in ca. 5 Stunden
Abmessungen:	H: 1.880 mm / L: 5.0100 mm / B: 1.900 mm
Gesamtgewicht:	3050 kg, Leergewicht: 2295 kg, Max. Zuladungsgewicht: 755 kg

Abbildung 3-5: Leistungsdaten des Mercedes-Benz Vito E-Cell (vgl. Deutsche Post DHL 2013b)

einem Verbrauch von 25,2 kWh/100 km eine Reichweite bis zu 130 km zulässt. Laut Angaben des Herstellers dauert das Laden mit 400 V bei vollständig entladener Batterie ca. 5 Stunden (vgl. Mercedes-Benz 2014b). Der Mercedes-Benz Vito E-Cell wurde insbesondere für Kurier-, Express- und Paketdienstleister entwickelt und für Kurzstrecken mit zahlreichen Stopps optimiert. Da der durchschnittliche Kunde mit einem Transporter im Kurzstreckenverkehr ca. 50 bis 80 km am Tag zurücklegt, erfüllt der Vito E-Cell also durchaus die Anforderungen des Marktes. Derzeit ist es nur möglich das Fahrzeug zu leasen (vgl. GreenGear 2014). Als größter Logistikdienstleister der Welt zählt Deutsche Post DHL neben dem Mercedes-Benz Vito E-Cell auch noch den Iveco Electric Daily, den Renault Kangoo Z.E. und den selbstkonzipierten StreetScooter zur im Betrieb befindlichen Elektrofahrzeugflotte (vgl. Deutsche Post DHL 2013b).

Lkw E-Force-One

Im Juli 2013 wurde in der Schweiz der weltweit erste 18-Tonnen Lkw mit Elektroantrieb vorgestellt (Leistungsdaten des E-Force-One vgl. Abbildung 3-6). Laut Hersteller liegt der Anwendungsbereich dieses Lkw im innerstädtischen und regionalen Liefer- und Stückverkehr. Zwei wassergekühlte Hybrid Synchron Motoren mit 408 PS Leistung beschleunigen den Lkw auf bis zu 87 km/h, doch insbesondere im innerstädtischen Stop-and-Go Verkehr zeigt der Elektromotor mit einem



Leistung:	300 kW (408 PS)
Max. Gesch:	87 km/h
Reichweite:	200 – 300 km (Abhängig von Zuladung, Topologie und Geschwindigkeit)
Batterie:	LiFePO4, 2x120kWh, 400V, 2600kg Vollladung mit 44 kW in 6 Stunden, Voll redundantes Batteriesystem
Motor:	2x Hybrid Synchron Motor wassergekühlt, Wirkungsgrad max. 97% Voll redundantes Antriebssystem
Abmessungen:	H: 3.800 mm / L: 9.305 mm / B: 2.550 mm / Radstand: 5.300 mm
Gesamtgewicht:	18 Tonnen, Leergewicht: 8 Tonnen, Max. Zuladungsgewicht: 10 Tonnen

Abbildung 3-6: Leistungsdaten des E-Force-One (vgl. E-Force 2014)

Wirkungsgrad von 97% seine Leistung. Die maximale Reichweite beträgt 300 km und der Verbrauch liegt bei 80 - 110 kWh/100 km in der Stadt. Dies entspricht etwa 8 bis 11 Liter Diesel pro 100 km, was eine deutliche Reduzierung von Treibstoffkosten und CO_2-Ausstoß im Vergleich zu einem konventionellen Lkw dieser Größe hervorruft. Die 2 mal 120 kWh umfassenden Lithium-Eisenphosphat Batterieeinheiten (Gewicht: je 1300 kg) können innerhalb von 6 Stunden wieder aufgeladen werden (Ladeleistung: 400 V, 63 Ampere und 44 kW). Alternativ lassen sich die beiden Batterieeinheiten innerhalb von 10 Minuten komplett austauschen. Maximal kann der Lkw 10 Tonnen Nutzlast aufnehmen. Ein solcher E-Force-One fährt derzeit in der Schweiz beispielsweise bei einer Einzelhandelskette, die Frischprodukte verkauft oder einer großen Schweizer Brauerei. Preislich ist der E-Force One ungefähr doppelt so teuer wie ein konventionell betriebener Lkw dieser Größe. Da im Stückgutverkehr meist keine Reichweiten über 300 km gefordert werden, ist die Reichweite des E-Force-One durchaus ausreichend. Da der Lkw emissionsfreies Fahren ermöglicht, ist er zudem besonders umweltschonend. Manche Experten bezeichnen den E-Force-One als ein Meilenstein der Elektromobilität bei Logistikunternehmen (vgl. E-Force 2014).

3.2 Potenziale und Hemmnisse der E-Mobility bei Logistikdienstleistern

Um die Potenziale, die sich Logistikdienstleistern durch die Nutzung von E-Mobility-Konzepten ergeben, zu analysieren und die Hemmnis-

se eine welche eine Verbreitung behindern darzulegen, werden diese in jeweils drei verschiedene Kategorien unterteilt. Zum Einstieg in dieses Kapitel wird die allgemeine Ausgangslage analysiert. Eine strukturelle Gliederung der erörterten Potenziale und Hemmnisse ist in Abbildung 3-7 dargestellt. E-Mobility wird bei Logistikdienstleistern erst relevant, wenn die Transportleistung mit Elektrofahrzeugen ebenso effizient und effektiv wie mit konventionellen Transportfahrzeugen abwickeln können und somit eine Wirtschaftlich für die Logistikunternehmen gegeben ist.

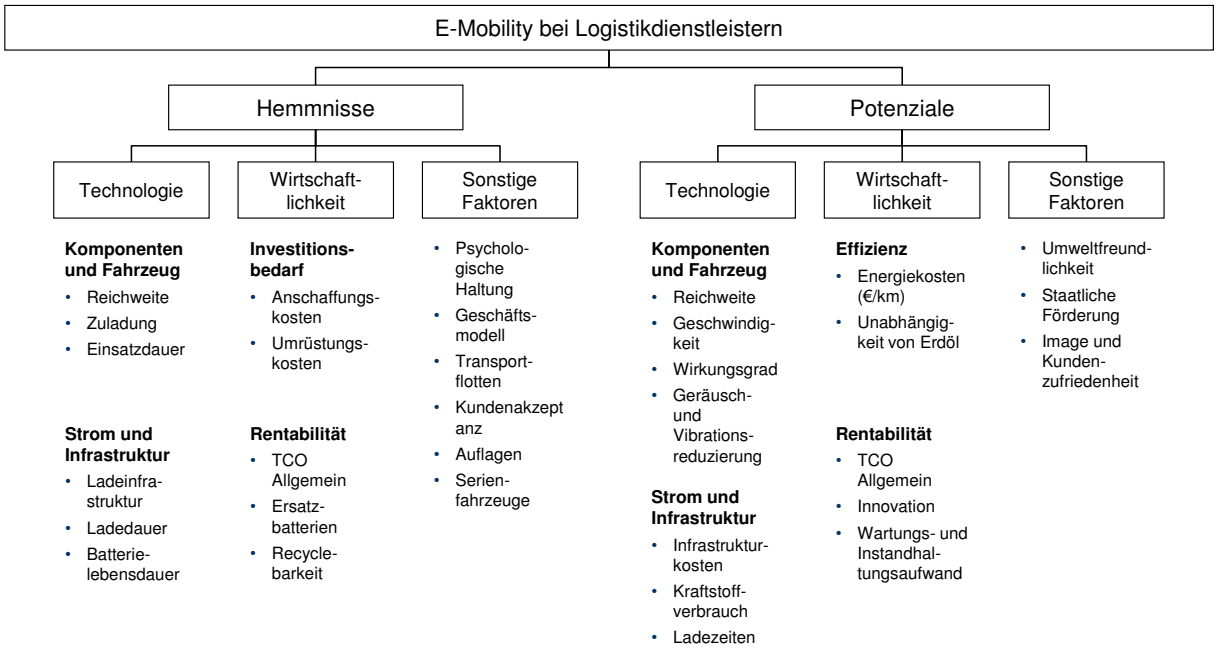


Abbildung 3-7: Potenziale und Hemmnisse von E-Mobility bei Logistikdienstleistern

Unklar ist bis dato insbesondere wie sich das Kosten-Nutzen Verhältnis von Elektrofahrzeugen in Zukunft entwickelt und inwieweit diese die Bedürfnisse von KMU der Logistikbranche abdecken. Derzeit existieren nur wenige Erfahrungswerte bezüglich Technologie und Kosten von E-Mobility-Konzepten. Die zukünftige Entwicklung lässt

sich nur schwer prognostizieren (vgl. Döring 2012; Aichinger et al. 2014). Im Folgenden werden die spezifischen Potenziale und Herausforderungen von E-Mobility-Konzepten identifiziert. Hierbei wird sowohl auf unternehmensinterne als auch externe Faktoren eingegangen. Potenziale, die von Elektrofahrzeugen beim Einsatz in der Logistik ausgehen sowie Hemmnisse, die einer zeitnahen Integration von E-Mobility Lösungen bei Logistikdienstleistern entgegenstehen, werden identifiziert und dargestellt.

3.2.1 Hemmnisse des Einsatzes von E-Mobility Konzepten

Im Rahmen einer online basierten Umfrage wurde vom deutschen Onlineportal für Statistik Experten aus Unternehmen und Hochschulen befragt. Die Befragung zielt dabei darauf ab, die wesentlichen Herausforderungen im Rahmen der Diffusion von Elektromobilitätskonzepten zu identifizieren und bezüglich ihrer Bedeutung zu klassifizieren. Eine wesentliche Erkenntnis dieser Untersuchung ist die Tatsache, dass es insbesondere technische Restriktionen sind, die einem wesentlichen Einfluss auf die bisher nur eingeschränkte Diffusion und Nutzung von Elektrofahrzeigen haben. Besonderem Stellenwert wird der Verbesserung der Akkutechnik und der damit verbundenen Reichweite beigemessen. Die energiebezogene Leistungsdichte einer Batterie ist um ein Vielfaches kleiner ist als die Dichte, die in Form von fossilen Kraftstoffen realisiert werden kann. Daraus folgt, dass ein Elektrofahrzeug trotz seiner höheren Energieeffizienz im Vergleich zu einem herkömmlichen Fahrzeug hinsichtlich der Reichweite deutlich benachteiligt ist. Die Experten sehen darüber hinaus insbesondere in den

noch sehr viel höheren Anschaffungskosten von Elektrofahrzeigen eine wesentliche Herausforderung. Unter dem Erfolgsfaktor Wirtschaftlichkeit sind vor allem die hohen Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen als Hemmnis aufzuführen. Diese sind unter anderem bedingt durch die hohen Akkumulatorkosten, welche auch zu hohen Preisen von Ersatzbatterien führen. Des Weiteren wurde der Aufwand, welcher für die Installation und den Ausbau einer geeigneten Ladeinfrastruktur anfällt, als Hemmnis für den Einsatz von elektrischen Nutzfahrzeugen identifiziert. Auch der weitere Ausbau einer Ladeinfrastruktur sowie die Entwicklung eines beschleunigten Ladeprozesses werden als Hindernis von den Experten wahrgenommen. Geleichzeitig gilt es, internationale Standards Aufzubauen und die Sicherheit bestehender Lösungen zu optimieren. Im folgenden Kapitel werden die Hemmnisse, die einer zeitnahen Integration von E-Mobility-Konzepten bei Logistikdienstleisten entgegenstehen, genauer beleuchtet. Kategorisiert sind die durch eine Literaturrecherche identifizierten Hemmnisse in Technologiefaktoren, Wirtschaftlichkeitsfaktoren und sonstige Faktoren.

Technologie

Zu betrachten sind in dieser Dimension neben den Hemmnissen bezüglich der Komponenten und spezifischen Fahrzeugen insbesondere die für eine Einführung von E-Mobility notwendige Grundvoraussetzung einer durchgängigen Strom- und Infrastrukturversorgung. Die jeweiligen Dimensionen werden entsprechend weiter untergliedert und in ihrer Ausführlichkeit in den folgenden Abschnitten genauer erör-

tert. Für viele Logistikdienstleister ist das erheblichste Problem verschiedener E-Mobility-Konzepte die zu geringe Reichweite. Reine Elektrofahrzeuge erreichen derzeit eine durchschnittliche Reichweite von 150 bis 200 km mit einem Ladezyklus. Im Vergleich zu konventionell betriebenen Fahrzeugen dieser Leistungsklasse mit Reichweiten bis zu 1.000 km haben Elektrofahrzeuge hier einen deutlichen Wettbewerbsnachteil. Dies bezieht sich auf Elektrofahrzeuge mit nicht unverhältnismäßig großen Batterien (vgl. Döring 2012; Vidačković/ Weiner 2013; Fraunhofer ISI 2012). Darüber hinaus kommt dazu, dass die Reichweite eines Elektrofahrzeugs sowohl von topographischen aber ebenso auch von klimatischen Einflussfaktoren abhängt. Dies bedeutet, dass umso komplexer und größer die höhenmäßige Amplitude des Streckenverlaufs und je wärmer oder kühler die Außentemperatur ist, die Reichweite eines Elektrofahrzeugs umso niedriger wird. Sobald zusätzlich die Heizung oder Klimaanlage während der Fahrt genutzt wird, kann sich die Reichweite zusätzlich um 30 % bis 50 % reduzieren (vgl. Döring 2012). Bei Elektronutzfahrzeugen sind im Vergleich zu Fahrzeugen mit konventioneller Antriebsart Einschränkungen hinsichtlich der möglichen Zuladung hinzunehmen. Dieser Effekt schlägt insbesondere bei kleineren Lieferwagen, beispielsweise wie sie KEP-Dienste nutzen, mit einer Fahrzeugklasse bis 3,5 Tonnen stark zu Buche. Um die Energiedichte von 1l Dieselöl (10 kWh) zu erreichen bedarf es einer 55 kg schweren Lithium-Ionen Batterie (vgl. Döring 2012). Ein Beispiel aus der Praxis soll dieses Problem genauer erörtern. Im Vergleich zu seinem konventionell betriebenen Bruder,

dem Mercedes Vito Kompakt, kann der elektrisch betriebene Mercedes Vito E-Cell um 400 kg weniger Zuladung transportieren. Ein Grund hierfür ist das Gewicht der Batterien. Diese müssen dementsprechend groß dimensioniert werden, um eine ausreichende Reichweite zu gewährleisten. Da das zulässige Gesamtgewicht bei Kleintransportern oft 3,5 Tonnen nicht überschreiten darf, muss das Gewicht der Batterien von der möglichen Gesamtladung abgezogen werden (vgl. Keuschen et al. 2013). Die Einsatzdauer von Elektrofahrzeugen ist ebenfalls kritisch zu betrachten. Voll beladen kann ein kleiner Lieferwagen vom Typ Mercedes Vito E-Cell maximal 130 km zurücklegen. Insbesondere für Post- und Briefdienste oder KEP-Dienste mit vielen Stopps im Stadtverkehr, bei denen durch die Rekuperation Energie zurückgewonnen wird, kann dies ausreichend sein. Für längere Strecken jedoch, ist dieses Elektrofahrzeug nicht geeignet. Dieser Faktor stellt für viele Arten von Logistikdienstleistern eine nicht akzeptierbare Einschränkung der Flexibilität dar und schließt damit den Einsatz von E-Mobility aus. Andere E-Mobility-Konzepte, die einen geringeren Grad der Elektrifizierung aufweisen, sind für größere Reichweiten und längerer Einsatzdauer besser geeignet. Es ist daher von der Art der Logistikdienstleistung abhängig, welches E-Mobility-Konzept geeignet ist. Jedoch bleibt in allen Fällen ein gewisser Grad an Inflexibilität bestehen. Die Gefahr des Liegenbleibens, aufgrund unerwartet schnell verbrauchter Energie, wird als erheblich negativ angesehen (vgl. Fraunhofer ISI 2012; Vidačković/ Weiner 2013). Es gibt unterschiedliche Wege ein Elektrofahrzeug mit Strom zu versor-

gen. Die erfolgreiche Einführung der Elektromobilität ist insbesondere vom Auf- und Ausbau einer bedarfsgerechten Ladeinfrastruktur abhängig (vgl. Aichinger et al. 2014). Das Thema Ladeinfrastruktur ist aufgrund der verschiedenen Schnittstellen (räumliche, betriebswirtschaftliche und technologische Aspekte) und Akteuren (Kommunen, Betreiber, Kunden/Nutzer) sehr komplex. Für Logistikdienstleister stellt eine bedarfsgerechte Ladeinfrastruktur einen sehr elementaren Punkt in den Überlegungen zur Anschaffung von Elektrofahrzeugen dar. Derzeit herrscht allgemeine Zurückhaltung, insbesondere bei den Kommunen, bezüglich des Ausbaus einer Infrastruktur aufgrund der noch geringen Anzahl aktiv eingesetzter Elektrofahrzeuge und unsicherer Prognosen bezüglich deren Diffusionsgeschwindigkeit. Es herrscht zwar Einigkeit, dass eine angemessene Ladeinfrastruktur unerlässlich für den Ausbau der Elektromobilität ist, doch uneinig sind sich die verschiedenen Akteure wer für den Aufbau und vor allem für die Finanzierung verantwortlich ist. Fest steht jedoch, dass derzeit noch keine ausreichende Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, insbesondere für den Einsatzzweck von Logistikdienstleistern, verfügbar ist (vgl. Aichinger et al. 2014; Vidačković/ Weiner 2013). „Die Nutzung öffentlicher Ladestellen erwies sich in bisherigen Anwendungen für Nutzfahrzeuge als wenig hilfreich. Entweder sind die Ladesäulen den Anforderungen großer Nutzfahrzeuge einer Spedition nicht gewachsen oder die Aufenthaltsdauer der KEP-Fahrzeuge ist für Ladevorgänge zu kurz“ (vgl. Aichinger et al. 2014). Die Zeitkritikalität spielt bei nahezu allen Logistikdienstleistern eine wesentliche Rolle,

da die Güter möglichst schnell beim Kunden sein sollen und das Gebot der Wirtschaftlichkeit längere Stillstandzeiten von Transportfahrzeugen verbietet. Der Mercedes Vito E-Cell hat eine Reichweite von maximal 130 km bevor er erneut an das Netzt zum Laden angeschlossen werden muss. Eine vollständig entladene Batterie dieser Fahrzeugklasse benötigt je nach eingesetzter Ladetechnologie bis zu circa 5 Stunden für eine Komplettladung. In dieser Zeit kann der Lieferwagen nicht eingesetzt werden. Bei größeren Nutzfahrzeugen mit größeren Batterien und Reichweiten dauert das Laden dementsprechend länger. Ob dieser Zeitverlust beziehungsweise diese Inflexibilität der Fahrzeuge für Logistikdienstleister tragbar ist, ist kritisch zu sehen. Aufgrund der nur sehr schwach ausgeprägten Ladeinfrastruktur, ist ein Ladevorgang zunächst nur auf dem Betriebsgelände des Logistikdienstleisters möglich (vgl. Mercedes-Benz 2014b). Des Weiteren kann die aktuelle Lebensdauer der Batterien zwischen 2-4 Jahre angegeben werden, wobei im Bereich der großen Zellpakete wenige Erfahrungen gesammelt sind (vgl. Schuerz 2010). Langzeitstudien fehlen zu diesem Thema bis dato gänzlich. Ein Verschleißprozess, der durch unterschiedliche Lademethoden oder auch die Betriebstemperaturen bestimmt ist, beeinflusst die maximale Ladekapazität über den Einsatzzeitraum kontinuierlich. Mit zunehmender Anzahl an Ladezyklen lässt die Leistungsfähigkeit der Batterien nach und ein langfristiger Austausch der Energiespeichersysteme steht bevor. Problematisch ist dies insbesondere aufgrund der hohen Wiederbeschaffungskosten. Nach dem aktuellen Stand der Technik wird vermutet, dass eine Batte-

rie nach 250 bis zu 1500 Ladevorgängen erneuert werden muss. Die Zahl der maximal zu realisierenden Ladezyklen variiert dabei insbesondere in Abhängigkeit vom Batterietyp (Blei-Batterie, Nickel-Metallhydrid-Batterie, Lithium-Ionen-Batterie etc.) (vgl. Döring 2012). Die Lebensdauer der Batterie stellt somit allgemein ein wesentliches Hemmnis dar (vgl. Vidačković/ Weiner 2013; Fraunhofer ISI 2012).

Wirtschaftlichkeit

Im Bereich Wirtschaftlichkeit ist neben dem Investitionsbedarf ebenso die Rentabilität der alternativen Antriebsform zu berücksichtigen. Die unterschiedlichen Facetten der Hemmnisse bezüglich der Wirtschaftlichkeit werden im folgenden Abschnitt erörtert. Wie bereits erläutert, sind die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen erheblich höher. Elektrofahrzeuge sind in der Anschaffung derzeit doppelt bis dreimal so teuer wie vergleichbare konventionell betriebene Fahrzeuge (vgl. Gries et al. 2013). Aufgrund der hohen Investitionskosten für die Logistikdienstleister ergibt sich eine entsprechend lange Amortisationsdauer. Viele Transportunternehmen haben nicht die finanziellen Mittel eine so hohe Investitionssumme zu tätigen. Die lange Amortisationszeit, die zusätzlich vom Markt und der Nachfrage sowie dem zukünftigem Strompreis abhängig ist, stellt eine erhebliche Hürde für KMU dar (vgl. Döring 2012). Allgemein werden daher die Anschaffungskosten als großes Hemmnis deklariert (vgl. Vidačković/ Weiner 2013; Fraunhofer ISI 2012). Jedoch kann man auch vorhandene Fahrzeuge von

Logistikunternehmen umrüsten. Dabei wird beispielsweise im Lieferfahrzeug des Logistikdienstleisters der Otto- oder Dieselmotor durch einen Elektromotor ersetzt sowie anderweitig angepasst. Verschiedene Projekte haben analysiert, dass sich beispielsweise die Kosten für die Umrüstung des eingesetzten Fahrzeuges bei einem Paketzusteller aus dem KEP-Bereich auf einen elektrischen Antrieb erst „in drei bis vier Jahren amortisiert haben werden“ (vgl. Aichinger et al. 2014). Die langfristig mit einer Umrüstung verbundenen Folgekosten, bedingt durch die teilweise improvisierten technischen Lösungen, geben jedoch Grund zur Annahme, dass sich diese Möglichkeit zur Elektrifizierung nur sehr eingeschränkt für Logistikdienstleister eignen kann. Die Kosten von Elektronutzfahrzeugen setzen sich aus den Investitionskosten und den Betriebskosten (Abschreibungen, Fahrer, sonstige Gebühren, Reifen, Verwaltung, Steuern & Versicherung, Instandhaltung und Treibstoff) minus dem zu erwartendem Wiederverkaufswert beziehungsweise plus den Recyclingkosten zusammen (vgl. Nielsen 2013). In Abbildung 3-8 sind die verschiedenen Faktoren der Gesamtbetriebskosten aufgelistet. Der Pfeil stellt den Vergleich von Elektrofahrzeugen mit konventionell betriebenen Fahrzeugen dar. Ein Pfeil nach oben bedeutet „höher“, wobei ein gerader Pfeil „ist gleich“ und ein nach unten gerichteter Pfeil „geringer“ impliziert. Die Betrachtung der Total Cost of Ownership verdeutlicht aus verschiedenen Perspektiven die Hemmnisse von E-Mobility-Konzepten bei Logistikdienstleistern. Hierbei zeigt sich, dass die hohen Investitionskosten durch die niedrigeren Betriebskosten wieder aufgefangen werden (vgl. Niel-

sen 2013; Gries et al. 2013). Dafür sind die reduzierten Aufwendungen für Steuern und Versicherungen, die geringeren Wartungs- und Instandhaltungskosten im Vergleich zu konventionellen Elektronutzfahrzeugen, doch vor allem der billigere Strompreis verantwortlich (vgl. Döring 2012). Der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand wird bei Elektrofahrzeugen grundsätzlich geringer eingestuft. Ein Wechsel der Batterie ist dabei jedoch nicht gänzlich berücksichtigt. Da die Energiekosten von Elektrofahrzeugen derzeit ungefähr die Hälfte von konventionell betriebenen Fahrzeugen betragen, werden die hohen Investitionskosten auf lange Sicht ausgeglichen.

	Total Cost of Ownership	
	Investitionskosten	↗
Betriebskosten	Abschreibungen	↗
	Fahrer	→
	Sonstige Gebühren (Maut…)	→
	Reifen	→
	Verwaltung	→
	Steuern und Versicherung	↘
	Wartung und Instandhaltung	↘
	Treibstoff/ Energiekosten	↘
	Wiederverkaufswert/Recyclingkosten	Unklar

Abbildung 3-8: Total Cost of Ownership

In Abhängigkeit der verschiedenen Einflussfaktoren der Total Cost of Ownership Rechnung wird nach einer bestimmten Zeit der sogenannte Break-even-Point erreicht (vgl. Kairies 2013). Um einen langfristigen Kostenvorteil zu erreichen, muss von einer langen Laufzeit und Lebensdauer des Elektrofahrzeugs ausgegangen werden. Aufgrund mangelnder Langzeiterfahrungen kann dies bis heute nicht garantiert werden. Derzeit geht man davon aus, dass durchschnittlich nach 7 Jahren der Break-even-Point erreicht wird (vgl. Kairies 2013). Manche Experten behaupten, dass aufgrund der hohen Anschaffungskosten eine Wirtschaftlichkeit unter rein monetären Gesichtspunkten derzeit nicht gegeben ist (vgl. Aichinger et al. 2014). Eine detaillierte Betrachtung dieser Amortisationsrechnung wird im Rahmen dieser Arbeit vorgenommen. Besonders die Batterie von Elektrofahrzeugen ist der Schwachpunkt dieser Technologie. Fest steht, dass das Fahrzeug bei Logistikdienstleistern erheblichem Verschleiß ausgesetzt ist. Der natürliche Verschleiß fordert daher eine Kontinuierliche Instandhaltung und Reparatur des Fahrzeugs. Insbesondere die Batterie schlägt hier deutlich zu Buche. Die Preise für Lithium-Ionen Akkuzellen betragen derzeit ungefähr 200 bis 450 EUR/kWh (vgl. Domroese 2013). Die Kosten für Ersatzbatterien stellen eine hohe finanzielle Belastung für Logistikdienstleister dar (vgl. Fraunhofer ISI 2012). Das Recycling der Batterien, insbesondere der von Li-Ionen Zellen, stellt eine große Herausforderung dar. Bis dato haben sich nur sehr wenige Unternehmen darauf spezialisiert. Erst bei minus 200 Grad Celsius, gekühlt mit flüssigem Stickstoff, kann eine Lithium-Ionen Batterie sicher in seine

Einzelteile zerlegt werden. Erst dann lassen sich die Komponenten aus Lithium, Aluminium, Kobalt, Kupfer und Stahl trennen und in den Kreislauf zur Wiederverwertung zurückführen (vgl. Yay 2012). Das Recycling der Batterien ist daher noch sehr beschwerlich sowie energie- und damit kostenintensiv (vgl. Vidačković/ Weiner 2013).

Sonstige Faktoren

Im Folgenden wird die Perspektive der sonstigen Hemmnisse bezüglich der Einführung von E-Mobility Konzepten beschrieben und erörtert. In dieser Dimension werden sowohl psychologische Faktoren, Aspekte der Gestaltung von Geschäftsmodellen sowie Hindernisse bei Transportflotten, der Kundenakzeptanz, verschiedenen Auflagen und Einschränkung hinsichtlich der Verfügbarkeit von Serienfahrzeugen diskutiert. Ein wesentliches Hemmnis besteht darin, dass Abschätzungen der zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität oder auch bisherige Szenario Ansätze fast ausschließlich auf stadtexterne Rahmenbedingungen abzielen (bspw. Marktentwicklung deutscher Automobile, Alltagstauglichkeit und Wirtschaftlichkeit der Fahrzeuge) (vgl. Aichinger et al. 2014). Ob diese prognostizierten Szenarien wirklich so eintreffen ist unklar und mit einem Risiko verbunden. Menschen im Allgemeinen verhalten sich meist Risiko Avers. Als Beispiel wird hier nur kurz die Einführung des Biokraftstoffes E-10 erwähnt, der lange Zeit aus verschiedenen Gründen nicht von der Bevölkerung angenommen wurde. Die Einführung von Elektrofahrzeugen stellt ein ähnliches psychologisches Phänomen dar. Insbesondere Logistikdienstleister wollen mit der noch unbekannten Technologie kein Risiko ein-

gehen. Die meisten Logistikdienstleister betrachten Elektrofahrzeuge nicht als Alternative für ihre Transportunternehmen. Aufgrund fehlender Kalkulations- und Risikodaten stehen sie Elektronutzfahrzeugen kritisch gegenüber (vgl. Gries et al. 2013). Andere wollen sich damit nicht befassen, weil sie nicht über die Technik und Potenziale aufgeklärt sind. Mangelnde Kenntnisse hinsichtlich einer entsprechenden betriebswirtschaftlichen Anpassung führen zu Unsicherheiten unter den Akteuren. Insbesondere die betrieblichen Prozessanpassungen, wie beispielsweise die Schulung von Mitarbeitern (…) senken die Nutzerakzeptanz (vgl. Keuschen et al. 2013). Die psychische Haltung von Logistikdienstleistern kann daher ein großes Hemmnis für die Einführung von E-Mobility-Konzepten darstellen. Ein weiteres Hemmnis für Logistikdienstleister stellt das Risiko einer möglicherweise notwendigen Umstellung des Geschäftsmodelles dar. Aufgrund der Abhängigkeit von wenigen Ladestationen, die innerhalb der geringen Reichweite der der Elektrofahrzeug liegen müssen, kann es durchaus vorkommen, dass die Geschäftsmodelle umgestellt und die Routen erneut geplant werden müssen. „Im KEP-Verkehr liegen uneinheitliche Erfahrungen vor, teils musste die Routenplanung gar nicht, teils erheblich angepasst werden“ (vgl. Aichinger et al. 2014). Neue Geschäftsmodelle bieten Chancen und Risiken. Doch es steht fest, dass dies durchaus ein Hemmnis für E-Mobility-Konzepte darstellen kann. Einer weiteren Verbreitung von Elektrofahrzeugen stehen die Erneuerungszyklen betrieblicher Flotten entgegen. Diese betragen in der Regel acht bis zehn Jahre. In vielen Unternehmen wur-

den jedoch im Zuge der vielerorts erfolgten Einrichtung von Umweltzonen erst vor wenigen Jahren neuere Fahrzeuge angeschafft (vgl. Aichinger et al. 2014). Da die Transportflotten vieler Logistikdienstleister also derzeit relativ jung sind, gibt es oftmals keinen Bedarf und keine Nachfrage nach neuen Fahrzeugen. Hinzu kommt, dass konventionelle Fahrzeuge oftmals mehrere 100.000 km Laufleistung aufweisen bevor sie ersetzt werden. Geringere Reichweite, längere Ladezeiten und weniger Zuladung. Diese Faktoren können zu allgemein längeren Auslieferungszeiten von Transportgütern durch Logistikdienstleistern führen. Die Kundenakzeptanz leidet darunter sehr und schreckt viele Dienstleister ab auf Elektrofahrzeuge umzusteigen. Um ihre Marktposition und die Kunden nicht zu verlieren, halten sich viele daher von E-Mobility-Konzepten fern. Die Frage stellt sich hier, ob die Kunden von Logistikdienstleistern den Einsatz von Elektrofahrzeugen begrüßen oder dem skeptisch gegenüberstehen und als Hemmnis wahrnehmen (vgl. Fraunhofer ISI 2012). Weitere Einsatzgrenzen ergeben sich durch den Umstand, dass viele Nutzfahrzeuge von Logistikdienstleistern z.B. elektrisch betriebene Lieferwagen aufgrund der erforderlichen Umrüstung die 3,5-Tonne-Grenze überschreiten und somit das Personal eine höhere Führerscheinklasse benötigt. Für die Überschreitung dieser Grenze ist wieder meist die schwere Batterie verantwortlich (vgl. Aichinger et al. 2014). Dieser zusätzliche Aufwand, weitere Kostenpunkte sowie innerhalb eines bestimmten Zeitraums weniger Fahrer zur Verfügung zu haben, schreckt viele Logistikdienstleister von der Einführung von E-Mobility-Konzepten ab.

Trotz der in den letzten Jahren erfolgten Entwicklung und Anpassung geeigneter E-Fahrzeuge fehlt – insbesondere im Güterwirtschaftsverkehr – weiterhin ein serienreifes Angebot. Aus diesem Grund müssen größere Transportfahrzeuge und Lkw auch weiterhin erst durch Kooperationen von Fahrzeugherstellern und gewerblichen Kunden umgerüstet werden (vgl. Aichinger et al. 2014). Viele große Logistikdienstleister, die oft Vorreiter in Sachen Elektromobilität sind, wie zum Beispiel die Deutsche Post, entwickeln ihre Elektrofahrzeuge oft mit Automobilherstellern oder Hochschulen individuell und in Eigenverantwortung (vgl. Deutsche Post DHL 2013b). Für kleine und mittlere Logistikdienstleister, die keine solchen finanziellen Ressourcen haben, existieren derzeit nur wenige in Serie produzierten Lieferwagen oder Lkw. Die Umstellung auf eine Elektrofahrzeugflotte ist somit bereits durch ein mangelndes Angebot Serienfahrzeugen gegeben (vgl. Vidačković/ Weiner 2013).

3.2.2 Potenziale des Einsatzes von E-Mobility Konzepten

Die möglichen Potenziale für alternative Antriebstechnologien bei Logistikdienstleistern werden mit einer Unterteilung in die Dimensionen Technologie, Wirtschaftlichkeit und sonstige Faktoren vorgenommen.

Technologie

Im Bereich Technologie befinden sich neben der Dimension der Komponenten und Fahrzeuge zusätzlich Aspekte der Gestaltung von Stromzufuhr und Infrastruktur. Die geringen Reichweiten von Elektro-

fahrzeugen sind bei vielen Logistikdienstleistern nicht immer ein Hemmnis, sondern schlichtweg ausreichend. Beispielsweise eignen sich Elektrofahrzeuge besonders für Entsorgungsfahrzeuge mit hohen Standzeiten und überschaubarer Distanz, für den Werkverkehr, den öffentlichen Personen Nahverkehr und für den urbanen Verteilverkehr. KEP-Dienste stellen ebenfalls ein gutes Beispiel für die ausreichende Reichweiteneinung von Elektrofahrzeugen dar. Im Auslieferungsgebiet von KEP-Diensten werden zumeist weniger als 100 Kilometer pro Tag zurückgelegt. 85 % der Einsatzzeit verbringen KEP-Fahrzeuge ruhend“ (vgl. Aichinger et al. 2014). Daraus kann abgeleitet werden, dass E-Mobility Konzepte für bestimmte Routen geeignet sind, da eine größere Reichweite schlichtweg nicht notwendig erscheint (vgl. Beckmann et al. 2012). Die größten Potenziale von Elektrofahrzeugen können demzufolge bei Logistikdienstleistern realisiert werden, die sich durch ein Fahrprofil mit kurzen Touren und zahlreichen Start-Stopp Vorgängen auszeichnen (vgl. Aichinger et al. 2014). Ein Auszug aus der Straßenverkehrsordnung (StVo §3 Geschwindigkeit) ist in Abbildung 3-9 zu finden. Dabei beziehen sich die Geschwindigkeiten auf Kraftfahrstraßen in Deutschland. Darüber hinaus gilt auf den Autobahnen das Tempolimit für Lkw von 80 km/h (vgl. Bauer 2013). Elektrofahrzeuge können nach heutigem Stand der Technik mindestens die Geschwindigkeit von 80 km/h erreichen. Je nach Grad der Elektrifizierung und Zuschaltung des Verbrennungsmotors können E-Mobility-Konzepte sogar deutlich höhere Geschwindigkeiten erreichen (vgl. Bauer 2013).

Bezeichnung	Zulässige Gesamtmasse	Geschwindigkeit
Kraftfahrzeuge	Bis 3,5 Tonnen	100 km/h
Mittelschwere Lkw	Bis 7,5 Tonnen	80 km/h
Schwere Lkw	Ab 7,5 Tonnen	60 km/h

Abbildung 3-9: Geschwindigkeitsbegrenzungen nach Gewichtsklassen

Beispielsweise liegt die Geschwindigkeit vom Mercedes-Vito E-Cell bei 80 km/h oder die des E-Force-One bei 87 km/h, was bei logistischen Dienstleistungen, besonders in der innerstädtischen Belieferung, ausreichend ist. Für Logistikdienstleister stellt daher die Geschwindigkeit kein Hemmnis von Elektrofahrzeugen dar, vielmehr ist sie für bestimmte Zwecke ausreichend. Besonders Fahrzeuge von KEP-Diensten sowie Post- und Briefdienste legen kurze Distanzen meist innerstädtisch mit moderaten Geschwindigkeiten zurück. Elektromobilität ist grundsätzlich keine neue Erfindung. Im Jahr 1886 wurde erstmals ein batteriebetriebenes Auto der Öffentlichkeit vorgestellt (vgl. Assadi/ Dannenberg 2011). In der Anfangszeit der Automobile gab es somit bereits Konzepte Autos mit Elektromotor anzutreiben. Damals standen jedoch keine ökologischen Motive, sondern vielmehr Effizienzüberlegungen im Vordergrund. „Während der Wirkungsgrad von Elektromotoren bei annähernd 100 % liegt, erreichen Dieselmotoren im Vergleich dazu lediglich einen Wert von 40 % und Benzinmotoren sogar nur 30 %“ (vgl. Döring 2012). Da ein Elektromotor die Energie optimal umsetzen kann, das heißt kaum Energieverluste auf-

weist, kann dieser den hohen Wirkungsgrad von mindestens 95% vorweisen (vgl. Yay 2012). Letztendlich wurden damals verschiedene Elektromobilitätskonzepte aufgrund der Gesetzmäßigkeiten des Marktes von Angebot und Nachfrage durch die kostengünstigeren Antriebsarten Diesel und Benzin verdrängt. Jedoch ist festzuhalten, dass Elektromobilitätskonzepte genauso zuverlässig wie konventionell betriebene Fahrzeuge in Bezug auf den Motorenverschleiß sind, wenn nicht sogar zuverlässiger (vgl. Aichinger et al. 2014; Beckmann 2003). Ein weiterer Vorteil von Elektrofahrzeugen ist die erhebliche Geräusch- und Vibrationsreduzierung im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen. „Aufgrund ihrer Geräuscharmut können Elektrofahrzeuge in den Tagesrandzeiten und in sensiblen Gebieten (z.B. Fußgängerzonen) eingesetzt werden und somit zur Reduktion der Belastungen aus dem Wirtschaftsverkehr in den Hauptverkehrszeiten beitragen“ (vgl. Aichinger et al. 2014). Außerdem ermöglicht der reduzierte Lärmpegel eine Nachtauslieferung, was derzeit in einer Studie, initiiert durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, erprobt wird (vgl. Frenzel 2013). In der geschilderten Geräusch- und Vibrationsreduzierung steckt also durchaus ein Potenzial für Logistikdienstleister (vgl. Vidačković/ Weiner 2013; Fraunhofer ISI 2012). Es bedarf nicht der Einrichtung von großen Anlagen, Tanks oder ähnliches um eine Ladestation aufzubauen (vgl. Yay 2012). Der Preis einer Ladesäule liegt nur bei etwa 2500 EUR und die Einrichtung erfolgt meist durch Energieversorgungskonzerne (vgl. Yay 2012). Der Aufbau eines Netzes von konduktiven Ladestationen bein-

haltet zwar einige, jedoch zu bewältigende Herausforderungen, wie beispielsweise die Einrichtung geeigneter Abrechnungsmöglichkeiten für die entnommene Energie. Die Einrichtung von öffentlichen Ladestationen mit Hilfe von Bund und Kommunen oder auf dem betriebseigenen Gelände stellt also einen tragbaren finanziellen und auch physischen Aufwand dar (vgl. Fraunhofer ISI 2012). Ein Netz an Batteriewechselstationen ist aber aufgrund der bislang mangelnden Standardisierung für die nähere Zukunft nicht realistisch (vgl. Schuerz 2010). Der technologisch und auch ökonomisch und ökologisch vorteilhafteste Aspekt von Elektrofahrzeugen ist der geringe Energieverbrauch. Ein Elektrofahrzeug der Größe eines Lieferwagens (Beispiel: Mercedes Vito E-Cell) verbraucht durchschnittlich 25 kWh/ 100 km, was umgerechnet 2,5 l Benzin entspricht. Ein herkömmlich betriebenes Fahrzeug der gleichen Art benötigt für die gleiche Wegstrecke zwischen 5 Liter Diesel und 8 Liter Benzin (vgl. Döring 2012). Technologisch gesehen sind mit dem Einsatz von E-Mobility Konzepten erhebliche Effizienzvorteile verbunden. Bei sorgsamer Zeit- und Routenplanung können selbst für Elektrofahrzeuge mit kurzer Reichweite ausreichende Ladezeiten vorhanden sein. Das Profil des Logistikdienstleisters bzw. das Einsatzprofil muss sich aber prinzipiell für diese Planung eignen. KEP-Dienste sind hierfür wieder ein gutes Beispiel. Die Fahrzeuge können viel Bremsenergie aufgrund des ständigen Start-Stopp Verkehrs zurückgewinnen und in den Batterien speichern. „Weitere begünstigende Faktoren sind die langen (nächtlichen) Standzeiten der Fahrzeuge, die zur Ladung der Batterien auf firmenei-

genen Betriebshöfen genutzt werden können“ (vgl. Aichinger et al. 2014). Zusammenfassend ist festzuhalten, dass bei geeignetem Dienstleistungsprofil und angepasster Koordinierung ausreichende Ladezeiten vorhanden sind (vgl. Beckmann et al. 2012).

Wirtschaftlichkeit

Der Punkt Wirtschaftlichkeit berücksichtigt sowohl die Dimensionen Effizienz als auch Rentabilität. Aus dem im Vergleich zu konventionell betriebenen Fahrzeugen hohen Wirkungsgrad von Elektromotoren resultiert ein relativ niedriger Energieverbrauch. Dies ist besonders für Logistikdienstleister in finanzieller Hinsicht interessant. Als Maß können hierbei die Energiekosten (EUR pro km) gewertet werden. Die Energiekosten eines Elektrofahrzeuges betragen weniger als die Hälfte eines mit Diesel betriebenen Fahrzeuges. Ökonomische Studien belegen, dass sich die Energiekosten für den Gebrauch eines Elektrofahrzeuges im Durchschnitt auf rund 4 Euro/100 km belaufen, was lediglich der Hälfte dessen entspricht, was an direkten Kosten für die Nutzung eines treibstoffbetriebenen Fahrzeugs gegenwärtig zu veranschlagen ist (vgl. Döring 2012). Die Energiekosten stellen somit ein immenses Potenzial für Logistikdienstleister dar (vgl. Vidačković/ Weiner 2013). Logistikdienstleister sind abhängig vom aktuellen Benzinpreis. Langfristig kann dieses Problem nur mit alternativen Energien bewältigt werden. Die starke Abhängigkeit der Logistikdienstleister reduziert sich mit dem Einsatz verschiedener E-Mobility-Konzepte je nach Grad der Elektrifizierung. Derzeit wird von einer (von niedrigen Niveau) ausgehenden durchschnittlichen 3 % Preis-

steigerung pro Jahr bei fossilen Treibstoffen ausgegangen (vgl. Schuerz 2010). Dies bedeutet mindestens eine Verdopplung des Benzinpreises in 20 bis 30 Jahren. Studien prognostizieren die Erschöpfung der globalen Erdöl Vorräte bei gegenwärtiger Förderung in ca. 40 Jahren. Um langfristige Sicherheit für die Dienstleister zu gewährleisten, stellen Elektrofahrzeuge hier enorme Potenziale dar. Wie bereits im Kapitel Hemmnisse erörtert setzen sich die Total Cost of Ownership, also die Gesamtbetriebskosten, von Logistikdienstleistern aus verschiedenen Komponenten zusammen (vgl. Nielsen 2013). Welche Potenziale für Logistikdienstleister durch den Einsatz von E-Mobility-Konzepten in einer ganzheitlichen Betrachtungsweise entstehen, zeigt eine Detailbetrachtung. Hierbei zeigt sich, dass die hohen Investitionskosten durch die insgesamt niedrigeren Betriebskosten wieder aufgefangen werden. Dabei sind vor allem die niedrigeren Steuern und Versicherungen, die geringeren Wartungs- und Instandhaltungskosten im Vergleich zu konventionellen Elektronutzfahrzeugen, doch vor allem der billigere Strompreis ausschlaggebend (vgl. Döring 2012). Der Wartungs- und Instandhaltungsaufwand ist bei Elektrofahrzeugen grundsätzlich geringer. Bei Elektrofahrzeugen belaufen sich die Wartungs- und Instandhaltungskosten im Vergleich zu konventionell betriebenen Fahrzeugen nur auf etwa die Hälfte (vgl. Gries et al. 2013). Da die Energiekosten von Elektrofahrzeugen derzeit ebenfalls nur ungefähr die Hälfte von konventionell betriebenen Fahrzeugen betragen (siehe auch Energiekosten) werden die hohen Investitionskosten, die sich laut Experten denen mit Diesel- oder Ottomotor betriebenen

Fahrzeugen annähern werden, auf lange Sicht ausgeglichen (vgl. Kairies 2013). Wird davon ausgegangen, dass die nach Jahren genutzten Elektrofahrzeuge weiter verkauft werden können und die Batterien lange ihren Dienst tun, rücken die Investitionskosten sowie allgemein die Betriebskosten in den Fokus (vgl. Nielsen 2013; Gries et al. 2013). Da die Betriebskosten, trotz höherer Abschreibungen insgesamt niedriger sind als bei vergleichbaren Diesel- oder Benzinfahrzeugen und die Investitionskosten im Gegensatz dazu fixe Kosten sind, erreicht man in Abhängigkeit der verschiedenen Faktoren der Total Cost of Ownership nach einer bestimmten Anzahl von Jahren den sogenannte Break-even-Point. Ab Überschreiten dieses Punktes sind Elektrofahrzeuge sogar wirtschaftlich gesehen profitabler und zeigen Logistikdienstleistern langfristige Kostenvorteile im Vergleich zu Verbrennungsfahrzeugen auf. Wann und nach welchem Zeitraum dieser Punkt erreicht wird hängt daher von der Jahresfahrleistung ab (vgl. Kairies 2013). Bei Logistikdienstleistern, die aufgrund ihrer Transporttätigkeit viele Kilometer zurücklegen lassen sich durch die Betrachtung der Total Cost of Ownership und insbesondere der Betriebskosten durchaus Potenziale erkennen (vgl. Vidačković/ Weiner 2013; Beckmann et al. 2012; Fraunhofer ISI 2012). Die Technologie der Elektromobilität steht erst am Anfang der Entwicklung. Bereits innerhalb weniger Jahre wird die Entwicklung weit fortgeschritten sein. Zukunftsszenarios versprechen radikale Verbesserungen bezüglich der Nutzung von E-Mobility-Konzepten. Im Jahr 2010 lagen die Kosten von Lithium-Ionen Batterien bei circa 500 EUR/kWh. Drei Jahre später sind stabi-

lere Zellen bereits für 200 EUR/kWh erhältlich. Experten prognostizieren einen Preisrückgang bis spätestens 2020 auf 100 EUR/kWh (vgl. Domroese 2013). Zahlreiche Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten treiben diese Leistungssteigerungen erheblich voran. Experten prognostizieren aufgrund der technischen Innovation sinkende Preise für Elektrofahrzeuge (vgl. Beckmann et al. 2012). Vorreiter zu sein und die Technologie der Elektromobilität schon bei den Fahrzeugflotten von Logistikdienstleisten in Betrieb zu haben stellt ein großes Potenzial dar (vgl. Vidačković/ Weiner 2013). Ein weiterer Vorteil von Elektrofahrzeugen ist der im Normalfall geringere Wartungs- und Instandhaltungsaufwand verglichen mit konventionellen Fahrzeugen. „So braucht es keine Wartung des Motors, keinen Ölwechsel, es hat keine Kupplung und kein schaltbares Getriebe, die verschleißen könnten“ (vgl. Lienkamp 2012). Aus dieser Komplexitätsreduzierung des Fahrzeuges ergeben sich positive Effekte. Im Rahmen von Kostenkalkulationen werden derzeit die Hälfte an Wartungs- und Reparaturkosten gegenüber konventionell betriebenen Fahrzeugen angesetzt (vgl. Gries et al. 2013; Beckmann et al. 2012).

Sonstige Faktoren

Unter den sonstigen Faktoren sind die Dimensionen Umweltfreundlichkeit, staatliche Förderungen sowie Image und Kundenzufriedenheit zu diskutieren. Eine Ausführliche Beschreibung der möglichen Potenziale dieser Dimensionen wird im folgenden Abschnitt diskutiert. Die öffentliche Diskussion über den Klimaschutz und die steigenden Energiepreise kann letztendlich als Initialzündung der Fort-

entwicklung von E-Mobility-Konzepten gesehen werden. Bezogen auf die Energiebilanz sind Elektrofahrzeuge im Vergleich wesentlich effizienter. „So benötigen konventionelle Fahrzeuge gut zwei- bis viermal so viel Energie für das Zurücklegen derselben Wegstrecke“ (vgl. Döring 2012). Neben dem geringen Energieverbrauch ist die Emissionsfreiheit ein weiterer positiver Aspekt von Elektrofahrzeugen. Je höher dabei der Anteil an erneuerbaren Energien (Windkraft, Sonnenenergie, Wasserkraft, Bio-Energie) bei der Stromerzeugung ist, umso besser fällt die Umweltbilanz von Elektrofahrzeugen aus. Nur wenn der geladene Strom komplett aus regenerativen Energien zur Verfügung gestellt wird, ist ein tatsächlich emissionsfreies Fahren möglich (vgl. Keuschen et al. 2013). Insbesondere Logistikdienstleister, die einen großen Teil des Verkehrssektors ausmachen, könnten hierbei einen großen Beitrag zum Umweltschutz leisten. Die ökologischen Aspekte stellen ein großes Potenzial zur Bewahrung und Optimierung der CO_2 Bilanz dar. Die Umstellung auf Elektronutzfahrzeuge könnte damit zur Erfüllung etwaiger Klimaziele der Bundesregierung beitragen (vgl. Vidačković/ Weiner 2013; Fraunhofer ISI 2012). Bei der Umsetzung der Elektromobilität spielt der Staat eine wichtige Rolle. Dieser unterstützt mit dem „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“ der Bundesregierung den Prozess aktiv in allen Phasen. Darin sind neben den Zielen und Maßnahmen auch die zeitlichen Rahmenbedingungen festgehalten. Der Plan sieht vor, den Bestand an Elektroautos bis zum Jahr 2020 auf 1 Millionen und bis zum Jahr 2030 auf 5 Millionen zu erhöhen. 2050 sollen keine konventionell betriebenen Fahr-

zeuge mehr auf Deutschlands Straßen unterwegs sein. Seit 2009 ist bereits das Förderprojekt „Modellregionen Elektromobilität“, das aus insgesamt acht Modellregionen besteht, angelaufen. Das mit 500 Millionen EUR aus dem Konjunkturpaket II finanzierte Projekt soll Deutschland zum Leitmarkt der Elektromobilität machen. Subventionen wie beispielsweise 60 Millionen EUR für die Innovationsallianz Lithium-Ionen Batterie und 360 Millionen EUR für Industrieunternehmen treiben die Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten voran. Der Aufbau intelligenter Stromversorgungs- und Netzinfrastrukturen wird mit 60 Millionen EUR vom Staat und zusätzlich 80 Millionen EUR von der Industrie gefördert (vgl. Yay 2012). Den Endnutzer, also beispielsweise Logistikdienstleister, fördert die Bundesregierung ebenfalls bei der Anschaffung und dem Betrieb von E-Mobility-Konzepten. Wird ein Elektroauto zwischen dem 18. Mai 2011 und dem 31. Dezember 2015 erstmals zugelassen, entfällt die Kfz-Steuer für zehn Jahre. E-Mobility-Konzepte können ebenso zur Erhöhung der Kundenzufriedenheit und zur Verbesserung des Images von Logistikdienstleistern führen. „Es ist bereits eine große Nachfrage von Unternehmen [nach Elektrofahrzeugen] vorhanden, die dadurch ihre CO_2-Bilanz, ihr Image und ihre Öko-Bilanz verbessern wollen und können“ (vgl. Yay 2012). Insbesondere für das Marketing und für Werbung eines Logistikdienstleisters stellen E-Mobility-Konzepte ein großes Potenzial zur Verbesserung des Images dar. Aufgrund des zunehmend ausgeprägten Umweltbewusstseins der Gesellschaft befassen sich auch viele Kunden mit der Umweltproblematik und so haben Lo-

gistikdienstleister mit CO_2-effizienten Fahrzeugflotten einen echten Wettbewerbsvorteil. Das Nachfrageverhalten zeigt bereits einen Trend zur stärkeren Ausrichtung des Konsumverhaltens hinsichtlich Umweltschutz und Fair Trade. In Zukunft werden Unternehmen, der Einzelhandel und die Konsumgüterindustrie bei der Auftragsvergabe auf aussagekräftige CO_2-Bilanzen der Logistikdienstleister Wert legen (vgl. Piontek 2013).

4 Empirische Analyse des Einsatzes von E-Mobility

Zur Gewinnung der im Forschungsprojekt verwendeten Daten wurden Expertengespräche, Workshops und Fallstudienanalysen durchgeführt. Zur Erfassung der Ausgangssituation und der daraus resultierenden Problemstellung der E-Mobility bei Logistikdienstleistern war ein permanenter Austausch mit den am Forschungsprojekt beteiligten Unternehmen unerlässlich. Die sich daraus ergebende Empirie der vorliegenden Arbeit fußt neben den Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses auf strukturierten Interviews. Die Interviews waren vor allem in der frühen Phase des Projekts wichtig für die Abgrenzung des Untersuchungsbereichs. Zielgruppe der Expertengespräche und den Sitzungen waren die Ansprechpartner in den projektbegleitenden Unternehmen. Es wurden Experten von Logistikdienstleistern, Fuhrunternehmen, Beratungsdienstleistern aus dem Fuhrparkmanagement und Hersteller von elektrischen Nutzfahrzeugen zur Teilnahme an der Interviewserie gewonnen, um die empirische Basis dieser qualitativen Studie zu erweitern. Insgesamt konnten 13 Expertengespräche mit Personen durchgeführt werden, die eine hohe Affinität zur Thematik haben. Ergänzend wurden vier Workshops mit den Unternehmen des Projektbegleitenden Ausschusses durchgeführt. Die Partner aus Forschung und Praxis, die an den Expertengesprächen und den Workshops teilgenommen haben, sind zusammenfassend in Abbildung 4-1 und Abbildung 4-2 dargestellt. Die Projektpartner stammen hauptsächlich aus kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU).

Partner		Typ
	Akasol High Performance Battery Systems	KMU
	AVL Deutschland GmbH	KMU
	Balth. Papp Internationale Lebensmittellogistik	KMU
	BATA Logistics GmbH (Bavaria Taube Logistik)	KMU
	Bodan GmbH	KMU
	CargoLine GmbH & Co. KG	KMU
	City Express Logistik GmbH	KMU
	DEKRA Consulting GmbH	GU
	DHL Deutsche Post AG	GU
	eCraft Mobility	KMU
	E-FORCE ONE AG	KMU
	Epos Bio Partner Süd GmbH	KMU
	ETG Entsorgung + Transport GmbH	KMU
	evandus	KMU
	e-Wolf GmbH	KMU
	Fraunhofer IPK	FE

Abbildung 4-1: Übersicht der Partner (1/2)

Neben KMU beteiligten sich ebenfalls Vertreter von Großunternehmen (GU) und Forschungseinrichtungen (FE) an den Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses sowie an den Expertengesprächen.

Partner		Typ
	GEROTAX GmbH	KMU
	Hochschule Bochum	FE
	Hochschule Kempten	FE
	Ingo Balster Transporte	KMU
	Klaeser Internationale Fachspedition und Fahrzeugbau GmbH	KMU
	Landesverband Bayerischer Transport- und Logistikunternehmen e.V	KMU
	Lithium Storage GmbH	KMU
	Meyer & Meyer Holding GmbH & Co. KG	KMU
	Obermann Gruppe Logistik und Transport	KMU
	Schenker Deutschland AG	GU
	TEDi GmbH & Co. KG	GU
	TÜV SÜD AG	GU
	L. Wackler Wwe. Nachf. GmbH	KMU
	Walcher Logistik GmbH	KMU
	Wilhelm Weber Transporte	KMU

Abbildung 4-2: Übersicht der Partner (2/2)

4.1 Forschungsmethoden und empirische Basis

Die Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses richteten sich an die Teilnehmer des Forschungsprojekts. Zielsetzung der Workshops war der Austausch zwischen Forschung und Praxis. Dabei wurden die neuesten Forschungserkenntnisse präsentiert und mit den Teilnehmern

diskutiert. Diese konstruktive Auseinandersetzung ermöglicht eine hohe Praxisorientierung der Forschungstätigkeiten und den steten Transfer von (Zwischen-)Ergebnissen in die Unternehmenspraxis. An den Sitzungen nahmen insgesamt 22 Unternehmen unterschiedlicher Größe und Branche teil. Es waren Unternehmen aus den Bereichen elektrischer Nutzfahrzeughersteller, Logistikdienstleister und Fuhrunternehmen sowie Berater für Fuhrpark- und Logistikmanagement. Der erste Workshop im Rahmen des projektbegleitenden Ausschusses diente dem Abgleich der wissenschaftlichen und praktischen Sichtweise des Forschungsprojekts sowie zur Diskussion der Forschungsfragen. Dazu wurde der aktuelle Stand der Forschung zum Thema „Elektromobilität bei Logistikdienstleistern“ den teilnehmenden Unternehmen vorgestellt, die Projektstrukturierung diskutiert und sich auf eine gemeinsame Verständigung der Zielsetzung des Forschungsvorhabens mit den Praxispartnern geeinigt. Zunächst wurden Potenziale und Hemmnisse des wirtschaftlichen Einsatzes von Elektromobilität diskutiert. Außerdem wurden alternative Antriebstechnologien sowie deren Vor- und Nachteile vorgestellt. Die Teilnehmer erörterten im Anschluss verschiedene Entwicklungsszenarien für den zukünftigen Einsatz der Elektromobilität basierend auf recherchierten Studien zum Thema „Batteriekosten und Ölpreisentwicklung“. Weiterhin wurden den Teilnehmern Fallstudien zu erfolgreichen Implementierungsansätzen der Elektromobilität bei Logistikdienstleistern und technische Lösungen für E-Nutzfahrzeuge vorgestellt. Auf dem Markt sind bereits Tools zur Berechnung und zum Vergleich entstehender

Kosten von E-Fahrzeugen erhältlich. Diese Berechnungswerkzeuge wurden den Workshop-Teilnehmern vorgestellt und es wurden Leistungsmerkmale und Defizite der Tools erörtert um einen Anforderungskatalog zu erstellen an dem sich die Tool-Erstellung des Forschungsprojekts orientieren kann. Abschließend wurde in der Gruppe über mögliche Einflussfaktoren gesprochen. Diese wurden in technische und politische Rahmenbedingungen, Leistungs-/Wartungsstruktur, Kosten und weiche Faktoren untergliedert. Im Anschluss an die Erarbeitung der Einflussfaktoren wurden die Teilnehmer des Projektbegleitenden Ausschusses noch nach möglichen Gestaltungsfeldern für den Einsatz von Elektromobilität bei Logistikdienstleistern befragt. Als Ergebnis konnten fünf Gestaltungsbereiche gefunden werden: Prozesse, Kunden und Leistungen, Infrastruktur und Technisches, Politik und Marketing sowie Sonstige. Die Unternehmensvertreter teilten das Verständnis für den aufgezeigten Forschungsbedarf zur Behebung der praktischen und theoretischen Defizite. Neben den Erwartungen an die Ergebnisse des Forschungsprojekts sahen die Unternehmen das Forschungsvorhaben als eine Austauschplattform an, um Problemstellungen und bereits initiierte Maßnahmen mit Vertretern aus anderen Bereichen diskutieren zu können. Die zweite Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses diente der Vorstellung und Diskussion der erarbeiteten Einflussgrößen und Gestaltungsfelder sowie der weiteren Modellkonzeption. Zu Beginn des zweiten Workshops wurde den Unternehmen die Möglichkeit geboten kurze Impulsvorträge zu geben. Diese kurzen Präsentationen gaben

den Unternehmensvertretern die Möglichkeit, einen Einblick in ihr Unternehmen zu geben und zu vermitteln wie die Elektromobilität oder die Ansätze hierzu bei ihnen integriert werden. Der Workshop leistete damit einen wichtigen Beitrag, um eine Plattform zu schaffen durch welche die Unternehmen Kooperationen stärken und Erfahrungen austauschen konnten. Im Anschluss an die Impulsvorträge folgte ein Zwischenbericht aus den Forschungstätigkeiten. Den Teilnehmern wurden die Ergebnisse der Unternehmensbefragung unter Logistikdienstleistern zu den Potenzialen und Hemmnissen vorgestellt. Die Ergebnisse wurden zusammen mit den Erkenntnissen aus den Expertengesprächen und dem ersten Workshop konsolidiert. Des Weiteren wurden die Ergebnisse aus dem ersten Workshop hinsichtlich Einflussfaktoren und Gestaltungsfeldern durch Ergänzungen aus wissenschaftlichen Arbeiten verifiziert und zu einem Modell zusammengeführt. Die Wirkzusammenhänge zwischen den Einflussfaktoren und den Gestaltungsfeldern wurden exemplarisch dargestellt und von den Teilnehmern bestätigt. Das Modell zur Elektrifizierung der Fuhrparks bei Logistikdienstleistern gliedert sich in fünf Schritte – als Ergebnis liegen Handlungsempfehlungen vor, welche eine unternehmensspezifische Auswahl und Einführung von E-Mobility-Konzepten erlauben. Am Ende der Veranstaltung wurden die Teilnehmer noch zu ihrer Vorstellung hinsichtlich des Themas „Kostenvergleich von E-Nutzfahrzeugen mit konventionellen Nutzfahrzeugen“ befragt. Hierfür wurde das Total Cost of Ownership-Modell vorgestellt. Die im Modell bereits berücksichtigten Kostenarten für E-Nutzfahrzeuge wurden von

den Teilnehmern bestätigt und um vier Inputgrößen erweitert. Das Total Cost of Ownership-Modell wurde auf Grundlage dieses Feedbacks erweitert. Die Unternehmen begrüßten die einfache Benutzung und Darstellung der Ergebnisse des Total Cost of Ownership-Modells mittels eines Excel-Demonstrators und bekräftigten die Umsetzung in einem IT-Tool, welches den Unternehmen kostenfrei zur Verfügung steht. In der dritten Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses fanden zu Beginn des Workshops Impulsvorträge eines elektrischen Nutzfahrzeugherstellers, eines Batterieherstellers und eines Logistikdienstleisters statt. Diese Vorträge galten dem interdisziplinären Austausch der industriellen Forschungspartner zur Gewinnung von Erkenntnissen aus anderen Unternehmensperspektiven. Auch in diesem dritten Workshop wurde die Möglichkeit zum Netzwerken und dem Austausch der Erfahrungen mit der Elektromobilität hoch angesehen. Im Anschluss wurden aus Sicht der Forschungstätigkeiten die entwickelten Fallstudien zur Identifikation der Substitutionspotenziale der Elektromobilität in den Hauptprozessen der Logistik diskutiert. In Zusammenarbeit mit den projektbegleitenden Unternehmen wurden anwendungsbezogene Fallstudien erstellt, die die Hauptprozesse der Logistik abbildeten. Diese Hauptprozesse sind die Beschaffungs-, Produktions-, Distributions-, Entsorgungs-, Handels-, Ersatzteillogistik, Logistik der letzten Meile und die City-Logistik. Nach Erstellung der Fallstudien wurden diese im Rahmen einer im Forschungsprojekt entwickelten Methodik zur Analyse der Substitutionspotenziale durch Elektromobilität untersucht und bewertet. Am Ende stand für jeden

Hauptprozess der Logistik, anhand der Fallstudie, eine konkrete Aussage über das Substitutionspotenzial der Elektromobilität. Diese Ergebnisse wurden den Teilnehmern der Sitzung vorgestellt und auf Plausibilität überprüft. Im Anschluss an die Fallstudien wurde das Gesamtkonzept des theoretischen Modells des Forschungsvorhabens erneut vorgestellt. Die aufgestellten Einflussgrößen sowie Gestaltungsbereiche und -felder zur Ableitung von Handlungsempfehlungen zum Einsatz von Elektromobilität in der Logistik wurden erneut von den Teilnehmern des Workshops bestätigt. Die Teilnehmer bestätigten ebenfalls die Berechnungsparameter und -algorithmen der Levelized Costs of Mobility Betrachtung. Alle bisherigen Ergebnisse wurden im Rahmen der Forschungstätigkeit in ein Konzept zur Implementierung in einem IT-Tool überführt. Dieses Konzept wurde im dritten Workshop den Teilnehmern vorgestellt und ausführlich diskutiert. Die Anmerkungen hinsichtlich Inhalten, Bedienungsmöglichkeiten und grafischer Erscheinung wurden aufgenommen und zu einem späteren Zeitpunkt in das Konzept eingearbeitet. Die positive Rückmeldung aus dem Workshop zum IT-Konzept, galt als Startschuss für die anschließende IT-technische Implementierung der internetbasierten Anwendung. In der vierten Sitzung des Projektbegleitenden Ausschusses wurde den Forschungspartnern aus der Praxis erneut die Möglichkeit zur Vorstellung ihres Unternehmens und ihrer Tätigkeiten im Bereich der Elektromobilität im Rahmen von Impulsvorträgen aus der Praxis gestattet. Beim vierten Zusammentreffen konnte wieder ein Logistikdienstleister sowie Hersteller elektrischer Nutzfahrzeuge zur Unter-

nehmensvorstellung gewonnen werden. Die Teilnehmer begrüßten den Austausch der interdisziplinären Erfahrungen mit der E-Mobility. Im Anschluss wurden die bisherigen Forschungsergebnisse vorgestellt. Hierfür wurde erneut das Gesamtkonzept zur Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Integration von Elektromobilität in der Logistik vorgestellt. Den industriellen Forschungspartnern wurden die einzelnen Schritte zur Erarbeitung des Konzepts und der Verlauf der Erstellung der Forschungsarbeit zusammenfassend dargelegt. Alle Teilnehmer der Sitzung begrüßten die kontinuierliche Aufnahme und Berücksichtigung der Anmerkungen und des Feedbacks, welche im Verlauf der Zusammenarbeit mit den Praxispartnern aus Interviews und Workshops hervorgingen. Inhaltlich wurde das Konzept zur Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Integration von Elektromobilität in der Logistik sowie die Levelized Costs of Mobility Betrachtung von den industriellen Forschungspartnern bestätigt. Im Anschluss wurde den Teilnehmern die erste Version des IT-Tools zur Implementierung des entwickelten Konzepts vorgestellt. Die HTML-basierte Programmierung ermöglicht einen freien Zugang zum Tool über das Internet. Die Anmerkungen der Forschungspartner zum Entwicklungsstand des Tools wurden aufgenommen und flossen im Anschluss in die weitergehende Programmierung des Tools mit ein.

4.2 Substitutionspotenziale der E-Mobility

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurden die Substitutionspotenziale der Elektromobilität in den Hauptprozessen der Logistik untersucht. Diese Hauptprozesse sind die Beschaffungs-, Produktions-, Distributi-

ons-, Entsorgungs-, Handels-, Ersatzteillogistik, Logistik der letzten Meile und die City-Logistik. Hierfür wurde ein Modell entwickelt, dass die beiden Einflussgrößenbereiche „Logistische Leistung“ und „Unternehmen und Umfeld“ hinsichtlich ihrer Eignung für Logistikaufgaben unter dem Einsatz von Elektromobilität bewertet.

Fallstudie	Logistikprozess	Branche
1	Beschaffungslogistik	Logistikdienstleister/ Maschinenbau
2	Produktionslogistik	Automobilhersteller
3	Distributionslogistik	Logistikdienstleister/ Metallverarbeitende Industrie
4	Entsorgungslogistik	Entsorgungswirtschaft
5	Handelslogistik	Lebensmittelhandel
6	Ersatzteilelogistik	Logistikdienstleister/ Automobilzulieferer
7	Logistik der „letzten Meile“	Logistikdienstleister
8	City-Logistik	Textilindustrie

Abbildung 4-3: Übersicht über die Fallstudien

Für die praxisnahe Anwendung des Modells wurden acht Fallstudien in Kooperation mit Industriepartnern betrachtet. Die Industriepartner wurden so ausgewählt, dass Repräsentanten aus den Aufgabenfeldern der Logistik vertreten sind. Als Ergebnis wird das Substitutionspotential der Elektromobilität für den betrachteten Einsatz bestimmt sowie grafisch dargestellt. Ziel ist es, anhand der Fallstudienergebnisse Rückschlüsse ziehen zu können, in welchen Basisprozessen der Logistik Chancen für einen wirtschaftlichen Einsatz von elektrischen Fahr-

zeugen bestehen und in welchen die Hemmnisse noch überwiegen. Gleichzeitig sollen die Ergebnisse zeigen, welche Faktoren sich in welchen Prozessen als förderlich bzw. als problematisch für das Substitutionspotential darstellen. In Abbildung 4-3 sind die Fallstudien in einer Übersicht dargestellt.

4.2.1 Beschaffungslogistik

Bei dem betrachteten Unternehmen handelt es sich um einen Speditions- und Logistikdienstleister mit Sitz in Heilbronn. Dort beschäftigt es über 700 Mitarbeiter und besitzt einen Fuhrpark mit ca. 250 Fahrzeugen. Zu den Kunden des Logistikdienstleisters zählen insbesondere Unternehmen des Maschinenbaus sowie der Chemie- und Automobilindustrie. Ein Kunde des Dienstleisters ist ein Hersteller für Drucktechnologie mit Sitz in Heidelberg. Der Logistikdienstleister wurde für alle Aktivitäten rund um die Beschaffungslogistik einer Produktionsfabrik für Druckmaschinen am Standort Wiesloch-Walldorf beauftragt. Dazu zählen unter anderem Beschaffungstransporte von Antriebsmotoren für Offsetdruckmaschinen von einem Lieferanten aus Nürnberg. Die Motoren haben ein Gewicht von etwa 750 kg und beanspruchen ein Volumen von 4,5 m^3. Sie werden in Nürnberg abgeholt und über den Landverkehr nach Wiesloch-Walldorf geliefert. Die Transportstrecke zwischen Nürnberg und Wiesloch beträgt ca. 210 km, wobei die Strecke überwiegend auf der Autobahn zurückgelegt wird. Im Fallbeispiel wird damit die maximale Reichweite heutiger rein elektrischer Lastkraftwagen überschritten. Zusätzlich sorgt die hohe Geschwindigkeit auf der Autobahn für einen starken Energiever-

brauch der Fahrzeuge. Eine ausreichende und regelmäßige Standzeit zum Laden der Fahrzeuge ist nicht gesichert, da die Transporte teilweise auch nachts stattfinden. Neben der für Elektrofahrzeuge ungeeigneten Länge der Transportstrecke ist dies auch der Grund, weshalb große Anpassungen bei der Routen- und Tourenplanung zu treffen wären, um einen Einsatz von Elektrofahrzeugen zu ermöglichen. Logistische Anreize sind derzeit für den Dienstleister nicht ersichtlich. Die momentan in der Politik diskutierten Begünstigungen betreffen überwiegend den Stadtverkehr. Aufgrund fehlender Nähe zum Endkunden ist kein bedeutender Imagegewinn durch eine strategische Ausrichtung auf Elektromobilität zu erwarten und in Folge die Innovationsbereitschaft des Unternehmens gering. Die Investitionen, die die Substitution des konventionell betriebenen Fuhrparks durch Elektrofahrzeuge sowie die dazugehörige Umrüstung der Betriebsausstattung mit sich bringen würde, stellen erhebliche finanzielle Aufwendungen dar. Als ein kleiner und regional tätiger Logistiker verfügt das betrachtete Unternehmen nicht über eine geeignete Investitionsbereitschaft, um eine zügige Umstellung auf Elektromobilität zu bewerkstelligen. Auch im Umfeld des Unternehmens sind Hemmnisse erkennbar, die eine Umstellung auf Elektromobilität erschweren. Dazu zählt unter anderem der in Deutschland mit 25% geringe Anteil von regenerativen Energien an der Stromerzeugung. Somit ist der Vorteil des emissionsärmeren Betriebs von Elektrofahrzeugen abgeschwächt. Außerdem birgt die noch schlecht ausgebaute Lade- und Werkstattinfrastruktur erhebliche Risiken für das Unternehmen (vgl. Klumpp et al.

2013). Dazu gehören erhöhte Ausfallzeiten bei Inspektionen und Reparaturen von Fahrzeugen. Die Umstellung auf Elektromobilität ist somit noch mit erheblichen Kostenzuschlägen verbunden.

Logistische Leistung	**1,75**		
Analyse der Transportgüter	**2,00**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**1,50**
Durchschnittliches Gütergewicht	1	Streckenprofil	2
Durchschnittlichens Gütervolumen	1	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	1
Komplexität der Transportgüter	4	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	2
		Standzeiten der Fahrzeuge	2
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	1
		Logistische Anreize (nicht monetär)	1

Unternehmen & Umfeld	**1,84**		
Unternehmensanalyse	**1,25**	**Umfeldanalyse**	**2,43**
Finanzielle Möglichkeiten	1	Strommix	2
Betriebsausstattung	2	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	1
Elektromobilität als strategisches Konzept	1	Monetäre Anreize für Unternehmen	3
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	1	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	1
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-4: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Beschaffungslogistik“

Aufgrund des hohen Wettbewerbsdruck auf dem Logistikmarkt ist es dem Unternehmen in naher Zukunft nicht möglich, diesen Preisaufschlag an seine Kunden weiterzureichen. Die Entwicklungen auf technologischer Seite lassen jedoch langfristig die Chancen für die Elektromobilität wachsen. Es wird erwartet, dass die Anschaffungskosten für Elektrofahrzeuge weiterhin sinken werden und sich die Akkumulatorentechnologie aufgrund des hohen Forschungsaufwandes verbes-

sern wird. Eine höhere Energiedichte der Batterie resultiert in einer größeren Zuladung und Reichweite von Elektrofahrzeugen. Die Verknappung der fossilen Brennstoffe und der damit verbundene Preisanstieg erhöhen die Attraktivität von Strom als Antriebsmittel zusätzlich. Die Analyse der Einflussfaktoren durch das Modell kommt zum Schluss, dass in der vorliegenden Fallstudie zur Beschaffungslogistik kein Substitutionspotential für Elektromobilität besteht.

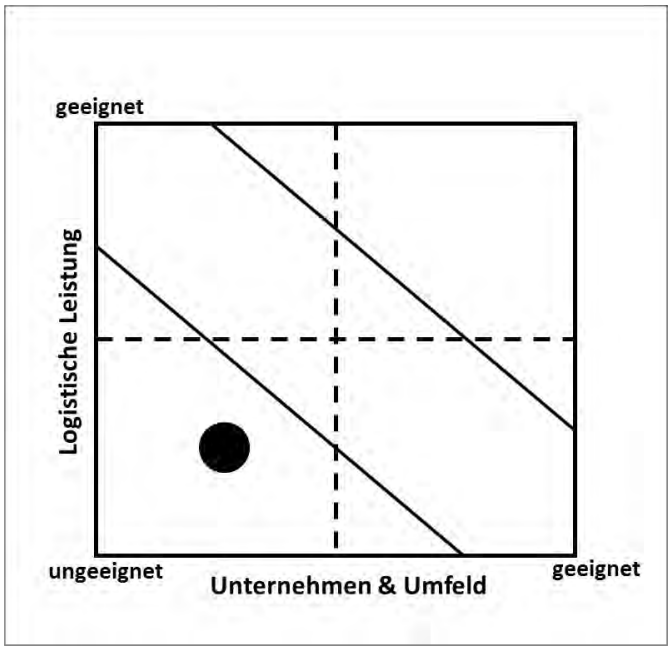


Abbildung 4-5: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Beschaffungslogistik“

Sowohl die logistische Aufgabe, die in dieser Fallbetrachtung zu leisten ist, als auch der Dienstleister und dessen Unternehmensumfeld zeigen nur eine geringe Eignung für den Einsatz von Elektrofahrzeugen. Die im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen geringere Zuladungsfähigkeit von Elektrofahrzeugen wird durch die zu transportierenden Antriebsmotoren deutlich überschritten. Des Weiteren existieren noch keine in Serie gefertigten Elektrofahrzeuge, die Güter mit

dem Volumen der betrachteten Antriebsmotoren aufnehmen können. Ein weiteres Ausschlusskriterium in dieser Fallstudie ist die zurückzulegende Transportstrecke. Diese überschreitet die maximal mögliche Reichweite heutiger, rein elektrischer Lastkraftwagen und wäre ohne Zwischenladen nicht zu bewältigen. Die Eigenschaften des Unternehmens und seines Umfelds wirken sich ebenfalls ungünstig auf das Substitutionspotential für Elektromobilität aus. Global agierende Unternehmen müssen zwangsläufig über weltweite Beschaffungsnetzwerke verfügen. Lange Transportstrecken sind oftmals die Folge, wenn Produktionsmaterialien nicht lokal beschafft werden können oder sollen. Im Güterfernverkehr werden meist hohe Volumina mit niedriger Frequenz befördert, um Skaleneffekte zu erhalten. Diese Punkte stellen auch die Hauptprobleme beim Einsatz von Elektromobilität im Beschaffungswesen dar. Bestehende Reichweiten- und Zuladungsbeschränkungen der Elektrofahrzeuge erschweren termin- und bedarfsgerechte Lieferungen in Beschaffungsprozessen. Erhebliche Anpassungen bei der Beschaffungsstruktur als auch in der Routen- und Tourenplanung wären notwendig, um einen sinnvollen Einsatz von Elektrofahrzeugen zu ermöglichen. Bis die technologische Entwicklung elektrisch betriebene Straßentransporte über längere Strecken mit höheren Volumina erlaubt, bietet die Verlagerung auf die Schiene bzw. Seefahrt die Möglichkeit der Steigerung der Energieeffizienz und CO2-Ersparnis.

4.2.2 Produktionslogistik

In der folgenden Fallstudie wird die Produktionslogistik eines deutschen Automobilherstellers mit Sitz in München betrachtet. Der Hersteller beschäftigt an allen Standorten mehr als 110.000 Mitarbeiter und hat im Jahr 2013 über 1,95 Mio. Fahrzeuge weltweit abgesetzt. Neben dem Montagewerk in München betreibt das Unternehmen ein Werk in Dingolfing. Im vorliegenden Fall wird der zwischenbetriebliche Produktionslogistikprozess zwischen den Werken in München und Dingolfing untersucht. Für die Endmontage eines in München gefertigten Fahrzeugmodells benötigt das Werk Karosserieteile aus dem Werk Dingolfing. Die Zuladung gestaltet sich aufgrund der Gütereigenschaften der Karosserieteile für Elektrofahrzeuge als ungünstig. Die Güter sind sehr schwer und verfügen aufgrund ihrer Struktur über eine schlechte Volumenauslastung. Die Strecke zwischen Dingolfing und München beträgt ca. 100 km. Der Transport verläuft hauptsächlich über die Autobahn. Die hohe Geschwindigkeit auf der Autobahn wirkt sich negativ auf die Reichweite von Elektrofahrzeugen aus. Zudem ergeben sich Probleme durch den hohen Standzeitbedarf zum Laden der Elektrofahrzeuge. Nach Ankunft in München müssen die Fahrzeuge zunächst geladen werden, bevor sie für den nächsten Einsatz zur Verfügung stehen. Deshalb bedarf es einiger Anpassungen bei der Routen- und Tourenplanung, um dasselbe Transportvolumen wie bei konventionellen Fahrzeugen bewältigen zu können. Eine Möglichkeit zur Lösung dieser Herausforderung stellt die Anpassung des Fuhrparks dar. Über den Aufbau von Redundanzen der Fahrzeuge

können Standzeiten aufgrund von Ladungen überwunden werden. In der Politik werden derzeit Anreize für Elektromobilität diskutiert, wie die Erlaubnis von Nachtlieferungen als auch Sonderfahrspuren für Elektrofahrzeuge. Diese könnten insbesondere aufgrund der städtischen Lage des Münchner Werkes Vorteile bringen. Die finanzielle Situation des Unternehmens ermöglicht eine kontinuierliche Umstellung auf elektrische Antriebe in der Produktionslogistik zwischen den bayrischen Werken. Die finanziellen Mittel müssten neben der Anschaffung der Fahrzeuge auch in die Betriebsausstattung investiert werden. Hier müssen insbesondere Stellplätze mit Lademöglichkeiten zur Verfügung gestellt werden. Das Unternehmen hat 2013 sein Produktportfolio um elektrisch angetriebene Automobile für die Endkunden erweitert und fährt damit eine Pionierrolle im Premiumsegment. Eine strategische Ausrichtung auf Elektromobilität in der Produktion würde weiter zu diesem positiven Image beitragen. Eine hohe Bereitschaft für Innovationen ist im Unternehmen vorhanden, was sich zum Beispiel dadurch zeigt, dass es eine jährliche Öko-Bilanz erstellt. Das Unternehmen legt großen Wert darauf, ökologisch nachhaltig zu wirtschaften und möchte diesen Ansatz in den kommenden Jahren nicht nur durch ihre Produkte sondern auch durch ihre Produktionssysteme und die Wertschöpfungsnetzwerke zum Ausdruck bringen. Eine Umstellung der Produktionslogistik auf Elektromobilität bedeutet nicht, dass die Transporte emissionsfrei sind. Grund dafür ist der noch relativ geringe Anteil von regenerativen Energien am deutschen Strommix. Die noch wenig ausgebaute Werkstattinfrastruktur für Elektro-

fahrzeuge kann zu längeren Ausfallzeiten bei Reparaturen und Inspektionen führen. Die bestehenden Lücken bei der Ladeinfrastruktur fallen weniger ins Gewicht, da üblicherweise ein Laden an den unternehmenseigenen Standorten vorgesehen ist.

Logistische Leistung	**2,83**		
Analyse der Transportgüter	**2,68**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**3,00**
Durchschnittliches Gütergewicht	2	Streckenprofil	5
Durchschnittlichens Gütervolumen	1	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	2
Komplexität der Transportgüter	5	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	3
		Standzeiten der Fahrzeuge	3
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	2
		Logistische Anreize (nicht monetär)	3

Unternehmen & Umfeld	**3,82**		
Unternehmensanalyse	**4,50**	**Umfeldanalyse**	**3,14**
Finanzielle Möglichkeiten	5	Strommix	2
Betriebsausstattung	3	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	2
Elektromobilität als strategisches Konzept	5	Monetäre Anreize für Unternehmen	3
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	5	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	5
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-6: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Produktionslogistik“

Positive Einflüsse aus dem Unternehmensumfeld ergeben sich durch die monetären Anreize für Elektromobilität. So werden elektrisch angetriebene Fahrzeuge nach ihrer Anschaffung für zehn Jahre von der Kraftfahrzeugsteuer befreit (vgl. Bundesregierung 2011). Die Endprodukte des Fahrzeugherstellers gelten als Luxusgüter. Deshalb ist die

Bereitschaft des Kunden, den Kostenaufschlag bedingt durch die Umstellung auf eine grüne Produktionslogistik mitzutragen, eher vorhanden. Neben ökologischen Produkten steigt bei den Verbrauchern auch zunehmend das Interesse an ökologischen Produktionsstätten und Wertschöpfungsnetzwerken. Die technologischen Rahmenbedingungen werden in Zukunft die Attraktivität von Elektromobilität steigern. Die Anschaffungspreise von Elektrofahrzeugen werden sich denen von konventionellen Fahrzeugen annähern und die Energiedichte der Akkumulatoren wird ansteigen (vgl. Klumpp 2011).

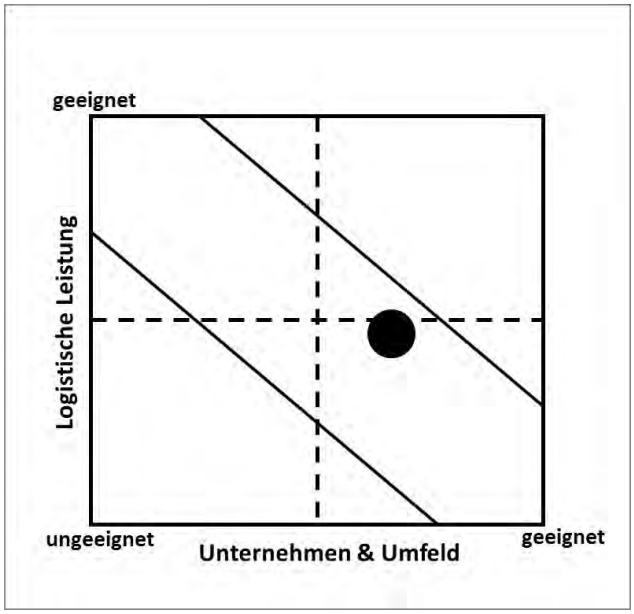


Abbildung 4-7: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Produktionslogistik“

Fossile Kraftstoffe werden sich langfristig aufgrund ihrer Knappheit verteuern (vgl. Peters et al. 2012). Die Bewertung der Einflussfaktoren aus der Fallstudie zeigt eine bedingte Eignung für den Einsatz von Elektromobilität. Die Eigenschaften des Unternehmens mit seiner hohen Innovationsbereitschaft als auch seiner guten Finanzsituation tra-

gen dazu bei, dass eine Substitution durch Elektrofahrzeuge prinzipiell umsetzbar ist. Einschränkungen sind bei der logistischen Leistung ersichtlich. Zwar ist das Einsatzgebiet mit seiner relativ geringen Transportstrecke durchaus geeignet, jedoch haben die zu transportierenden Güter aufgrund ihrer Eigenschaften einen negativen Einfluss auf das Substitutionspotential für Elektromobilität. Ist ein Transport von kleineren und leichteren Gütern gefragt, könnte der Automobilhersteller elektrisch betriebene Transporter einsetzen und somit den untersuchten Abschnitt der Produktionslogistik einfacher elektrifizieren. In der Produktionslogistik werden bereits viele innerbetriebliche Transporte mit elektrischen Flurförderfahrzeugen durchgeführt. Kurze Transportwege und geringe Gütervolumina machen hier einen Einsatz von Elektromobilität möglich. Betrachtet man die zwischenbetriebliche Produktionslogistik, dann hängt es von den vorliegenden Rahmenbedingungen ab, ob ein Substitutionspotential für Elektromobilität vorhanden ist. Elektrofahrzeuge sind in ihrer Zuladung und Reichweite begrenzt und bedürfen regelmäßiger Standzeiten für Ladevorgänge. Dies kann wichtige Zielgrößen der Produktionslogistik, wie Termintreue und kurze Lieferzeiten, gefährden. Um dieses Risiko ohne Anpassungen bei der Produktionsplanung zu minimieren, kann über einen Einsatz von Wechselbatterien oder Ersatzfahrzeugen nachgedacht werden. Mit der Einführung von Elektromobilität können sich für Unternehmen auch Chancen ergeben. Die Vorteile der geräusch- und feinstaubärmeren Transportfahrten können zu mehr Akzeptanz von

Produktionsanlagen in urbanen Gebieten, also in Kundennähe, beitragen.

4.2.3 Distributionslogistik

In der folgenden Fallstudie ist ein norddeutsches Logistikunternehmen Gegenstand der Betrachtung. Mit seiner Niederlassung in Rostock bietet es deutschland- aber auch europaweite Beschaffungs- und Verteildienste an. Ein Kunde des Unternehmens ist ein Auftragsfertiger von Metallprodukten mit Sitz in Torgelow. Zu seinen Endkunden zählen unter anderem der Tiefbau, die Automobil- sowie die Solar- und Windkraftindustrie. Für die Untersuchung anhand des Modells wird konkret die Distribution von Metallgütern nach Süddeutschland betrachtet. Dort befindet sich ein Großteil der Kunden des Herstellers. Dazu werden täglich die zu liefernden Waren mit Lkw des Logistikdienstleisters im Torgelower Werk abgeholt und zum jeweiligen Kunden nach Süddeutschland transportiert. Von dem Logistikdienstleister wird dabei Flexibilität vorausgesetzt, da die Menge sowie das Ziel der Güter oft erst eine Stunde vor Abholung feststeht. Die von den Kunden angefragten Produkte sind überwiegend aus schwerem Material gefertigt und nehmen ein großes Volumen ein. Eigenschaften, die die Reichweite von Elektrofahrzeugen negativ beeinflussen. Auch die Transportstrecke vom Norden in den Süden Deutschlands überschreitet die maximal mögliche Reichweite heutiger Elektrofahrzeuge um ein Vielfaches. Das hat zur Folge, dass erhebliche Anpassungen bei der Routen- und Tourenplanung zu treffen wären, um die Transporte elektrisch zu ermöglichen. Beispielsweise müssten Zwischendepots

eingeführt werden und die Tour auf mehrere Fahrzeuge aufgeteilt werden. Ausreichend lange und regelmäßige Ladezeiten für die Elektrofahrzeuge sind nicht gesichert, da von dem Logistikdienstleister große zeitliche Flexibilität bei der Abholung der Güter gefordert wird. Neben der mangelnden Wirtschaftlichkeit des laufenden Betriebs würden die hohen Investitionskosten in die Umstellung des Fuhrparks

Logistische Leistung	**1,83**		
Analyse der Transportgüter	**1,67**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**2,00**
Durchschnittliches Gütergewicht	1	Streckenprofil	4
Durchschnittlichens Gütervolumen	1	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	1
Komplexität der Transportgüter	3	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	2
		Standzeiten der Fahrzeuge	3
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	1
		Logistische Anreize (nicht monetär)	1

Unternehmen & Umfeld	**1,96**		
Unternehmensanalyse	**1,50**	**Umfeldanalyse**	**2,43**
Finanzielle Möglichkeiten	2	Strommix	2
Betriebsausstattung	2	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	1
Elektromobilität als strategisches Konzept	1	Monetäre Anreize für Unternehmen	3
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	1	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	1
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-8: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Distributionslogistik“

auf Elektrofahrzeuge und die Umrüstung der Betriebsausstattung die finanziellen Möglichkeiten des mittelständigen Logistikers bei Weitem überfordern. Unter diesen Voraussetzungen ist das Unternehmen

nicht bereit, Innovationen in dieser Größenordnung umzusetzen. Was die weiteren Gesichtspunkte aus dem Unternehmensumfeld angeht gilt die Bewertung aus dem Fallbeispiel „Beschaffungslogistik“ in vergleichbarer Weise. Infrastrukturelle Risiken aber auch der Wettbewerbsdruck auf dem Logistikmarkt stellen Hindernisse für einen Einsatz von Elektromobilität dar. Aufgrund der großen Distanzen, die von Nord- nach Süddeutschland zurückzulegen sind, spielen die langfristigen technologischen Fortschritte eine noch entscheidendere Rolle dabei, das Substitutionspotential für Elektromobilität zu steigern. Die Analyse der Fallstudie zur Distributionslogistik zeigt, dass für das norddeutsche Logistikunternehmen im vorgestellten Einsatz kein Substitutionspotential für Elektromobilität vorhanden ist.

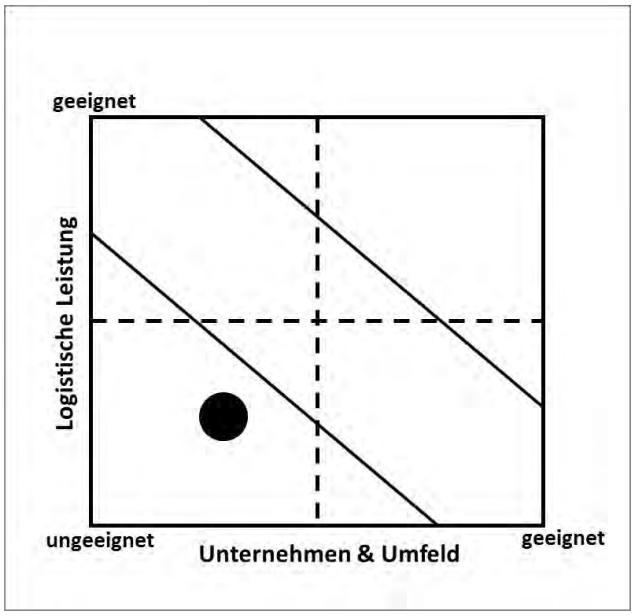


Abbildung 4-9: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Distributionslogistik“

Die zu leistende logistische Aufgabe ist rein elektrisch nicht umzusetzen. Die oben aufgeführten Nachteile und die Maßnahmen, diese zu

kompensieren, würden die Wirtschaftlichkeit des Betriebs auf ein Niveau fern jeder Konkurrenzfähigkeit reduzieren. Hinzu kommen die Rahmenbedingungen aus dem Unternehmensumfeld, die die Substitution mit einigen Risiken behaften würden. Im Allgemeinen lässt sich festhalten, dass bei heutigem Stand der Technik die Distribution von Gütern über den Fernverkehr schwer mit Elektromobilität umsetzbar ist. Die größten Gütervolumina und langen Transportstrecken kollidieren mit der bestehenden Zuladungs- und Reichweitenbeschränkung von Elektrofahrzeugen. Aufgrund des steigenden Wettbewerbs auf dem Absatzmarkt besteht wenig Spielraum bei der Preisgestaltung, der zu liefernden Menge und der Lieferzeit. Dies erschwert zusätzlich die Einführung von Elektromobilität in der Distributionslogistik. Ist eine Verteilung über den Güternahverkehr gefragt, beispielsweise von einem Regionaldepot oder von einem kundennahen Produktionswerk, kommt ein Einsatz von Elektromobilität durchaus in Betracht. Hierbei kommen die City-Logistik sowie die Logistik der „letzten Meile“ zum Zuge, die in späteren Fallstudien behandelt werden. Aber auch die Distribution über den Fernverkehr kann durch die Verlagerung auf die Schiene und Schifffahrt energieeffizienter und emissionsärmer gestaltet werden, vorausgesetzt, dass die Flexibilität und die Lieferzeiten dies zulassen.

4.2.4 Entsorgungslogistik

In der nachfolgenden Fallstudie wird ein regionaler Entsorgungsdienstleister mit Sitz in Göppingen betrachtet. Das Unternehmen bietet Entsorgungsdienstleistungen für Industrie, Gewerbe, Handwerk

und Kommunen an. Im konkreten Fall übernimmt der Dienstleister die Entsorgung für einen weltweit aktiven Hersteller für Seil- und Hebetechnik. Mit seinen über 1450 Mitarbeitern am Firmensitz in Süßen und den Produktionen im Ausland erwirtschaftete das Unternehmen im Jahr 2013 einen Umsatz von über 270 Mio. EUR. In der Produktion des Mittelständers am Firmensitz in Süßen fällt täglich Stahlschrott an, der recycelt werden kann. Des Weiteren müssen Restmüll und Papier bzw. Kartonagen entsorgt werden. Sondermüll, wie Öle, Schmierstoffe sowie Farbreste entstehen bei der Herstellung selten und werden deshalb in der Fallstudie nicht berücksichtigt. Der Müll wird in Abfallstationen gelagert, die von dem Entsorgungsunternehmen auf dem Werksgelände platziert wurden. Sind diese voll, tauscht der Entsorgungsdienstleister die Station gegen einen leeren Container aus und bringt den Müll zur Weiterverarbeitung zu seinem Firmensitz in Göppingen. Im Folgenden wird nun die Entsorgungsdienstleistung für den Produzenten für Seil- und Hebetechnik beschrieben, um anhand des Modells die Eignung für Elektromobilität festzustellen. Wie oben beschrieben handelt es sich bei den zu transportierenden Gütern um verschiedene Arten von Abfällen. Um die Gütereigenschaften bewerten zu können, wird deshalb sowohl von einem durchschnittlichen Gewicht als auch von einem durchschnittlichen Volumen ausgegangen. Auf der Tour vom Firmengelände des Entsorgers in Göppingen zum Produktionsstandort des Herstellers in Süßen und wieder zurück legt das Entsorgungsfahrzeug eine Strecke von unter 16 km zurück. Ein Fahren mit gleichmäßiger Geschwindigkeit und wenigen Stopps ist

möglich. Zwischen den Einsätzen und nachts stehen die Fahrzeuge auf dem Firmengelände, wo die Batterien geladen werden können. Anpassungen bei der Routen- und Tourenplanung sind nicht nötig, da aufgrund der kurzen Strecke die Reichweitenproblematik von Elektrofahrzeugen nicht zum Tragen kommt. Logistische Anreize für den Einsatz von Elektromobilität sind derzeit noch nicht vorhanden, werden jedoch von der Politik diskutiert. Für eine kontinuierliche Einführung von elektrisch betriebenen Entsorgungsfahrzeugen verfügt der Dienstleister über ausreichend finanzielle Mittel. Diese müssen in die Anschaffung der Fahrzeuge und in die Stellplätze mit Lademöglichkeiten investiert werden. Das Unternehmen wirbt mit einer umweltbewussten Entsorgung und hat bereits viele Maßnahmen getroffen, um dies zu verwirklichen. Die Einführung von Elektromobilität passt in das strategische Konzept des Unternehmens und die Innovationsbereitschaft für eine grüne Logistik ist vorhanden. Das Umfeld des Entsorgungsdienstleisters weist einige Risiken aber auch Chancen für den Einsatz von Elektromobilität auf und zeigt ähnliche Ausprägungen wie die Fallstudie „Produktionslogistik“ auf. Die noch unzureichend ausgebaute Werkstattinfrastruktur kann Ausfallzeiten der Elektrofahrzeuge bei nötigen Inspektionen und Reparaturen verlängern (vgl. Klumpp et al. 2013). Die bestehenden Lücken in der Ladeinfrastruktur fallen weniger ins Gewicht, da im betrachteten Fall ein Laden der Fahrzeuge im heimischen Depot vorgesehen ist. Kunden, die sich für das Unternehmen entscheiden, setzen bewusst auf eine umweltbewusste Entsorgung und sind deshalb auch bereit den Kostenzuschlag,

Logistische Leistung	**4,00**		
Analyse der Transportgüter	**3,67**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**4,33**
Durchschnittliches Gütergewicht	3	Streckenprofil	4
Durchschnittlichens Gütervolumen	3	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	5
Komplexität der Transportgüter	5	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	5
		Standzeiten der Fahrzeuge	5
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	5
		Logistische Anreize (nicht monetär)	2

Unternehmen & Umfeld	**3,77**		
Unternehmensanalyse	**4,25**	**Umfeldanalyse**	**3,29**
Finanzielle Möglichkeiten	4	Strommix	2
Betriebsausstattung	3	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	2
Elektromobilität als strategisches Konzept	5	Monetäre Anreize für Unternehmen	4
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	5	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	5
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-10: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Entsorgungslogistik“

der durch Elektromobilität entsteht, zu zahlen. Im Hinblick auf die Entwicklung der technologischen Rahmenbedingungen wird der Einsatz von Elektrofahrzeugen für das Unternehmen in Zukunft attraktiver und rentabler werden. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Entsorgungsdienstleistung des Göppinger Unternehmens bei dem Hersteller für Seil- und Hebetechnik aus Süßen für den Einsatz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen gut eignet. Die logistische Leistung macht, insbesondere aufgrund der kurzen Transportstrecke, eine Substitution konventionell betriebener Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge möglich. Dazu trägt auch das Unternehmen mit seiner umweltbewussten Aus-

richtung bei. Das Substitutionspotential der Elektromobilität in der Entsorgungslogistik hängt stark von dem Einsatzgebiet ab. Sind dabei keine großen Strecken zurückzulegen, ist ein Einsatz von elektrisch betriebenen Entsorgungsfahrzeugen problemlos möglich. Dem kommt entgegen, dass Unternehmen bei der Entsorgung ihrer Abfälle häufig auf regionale Entsorger zurückgreifen auch bei der Hausmüllentsorgung wird dieses Kriterium erfüllt. Aufgrund des gesteigerten Umweltbewusstseins von Gesellschaft und Politik rückt eine ökologische und nachhaltige Entsorgung von Abfällen immer mehr in den Fokus. Elektromobilität kann dazu beitragen, diese umzusetzen.

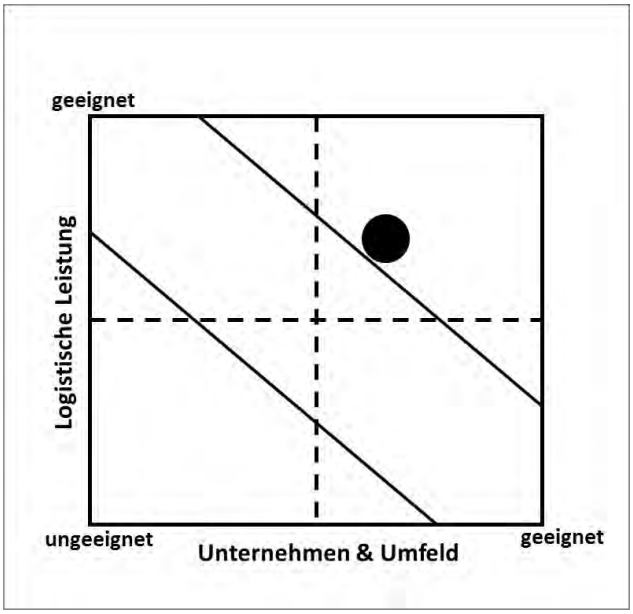


Abbildung 4-11: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Entsorgungslogistik“

Unternehmen bietet sich die Möglichkeit, ein grünes Image für die Gesellschaft offensichtlich nach außen zu tragen. Den Vorteil der geringeren Geräuschemissionen von Elektrofahrzeugen können sich Entsorgungsunternehmen, insbesondere in urbanen Regionen, zu Nutze

machen, indem sie ihre Einsätze auf zeitliche Randlagen legen. Dadurch erhöht sich die Flexibilität und Zeiten mit hohem Verkehrsaufkommen können umgangen werden.

4.2.5 Handelslogistik

In der Fallstudie zur Handelslogistik wird ein Lebensmitteldiscounter betrachtet, der unter anderem mehrere Filialen in München betreibt. An der Stadtgrenze befindet sich ein Logistikstandort des Unternehmens mit einem Vollsortimentlager für Food- und Non-Food-Produkte, Tiefkühlkost, frische Lebensmittel sowie Obst und Gemüse. Dort werden unternehmenseigene Transporter täglich mit den Waren beladen und auf Auslieferungstour zu den Münchner Filialen geschickt. Die Touren gestalten sich, je nachdem, welche Filialen beliefert werden, unterschiedlich. Eine Strecke von ca. 75 km wird jedoch nur in den seltensten Fällen überschritten. Die Fahrzeuge sind dabei überwiegend in urbanen Gebieten unterwegs, weshalb die maximale Geschwindigkeit meist unter 70 km/h liegt. Dieser Umstand wirkt sich positiv auf den Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen aus. Ausreichend Standzeit zum Laden von Elektrofahrzeugen ist im Depot des Lebensmitteldiscounters zwischen den Touren vorhanden, zumal aufgrund der Öffnungszeiten der Filialen nachts keine Auslieferungen stattfinden. Die zu transportierenden Lebensmittel verfügen im Durchschnitt über ein geringes Gewicht und über eine gute Volumenauslastung. Anpassungen bei der Routen- und Tourenplanung wären bei der Einführung von Elektromobilität kaum zu treffen, da die maximale Reichweite nicht überschritten wird und ausreichend Zeit zum

Laden der Fahrzeuge zur Verfügung steht. Derzeit werden dem Lebensmittelhändler von der Politik noch keine logistischen Anreize für den Einsatz von Elektromobilität geboten, befinden sich jedoch in der Diskussion. Interessant ist jedoch der Umstand der geringeren Geräuschentwicklung von Elektrofahrzeugen. Für die Anwohner der Filialen

Logistische Leistung	**4,17**		
Analyse der Transportgüter	**4,00**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**4,33**
Durchschnittliches Gütergewicht	4	Streckenprofil	5
Durchschnittlichens Gütervolumen	4	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	4
Komplexität der Transportgüter	4	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	4
		Standzeiten der Fahrzeuge	5
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	5
		Logistische Anreize (nicht monetär)	3

Unternehmen & Umfeld	**3,61**		
Unternehmensanalyse	**4,50**	**Umfeldanalyse**	**2,71**
Finanzielle Möglichkeiten	5	Strommix	2
Betriebsausstattung	3	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	2
Elektromobilität als strategisches Konzept	5	Monetäre Anreize für Unternehmen	3
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	5	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	2
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-12: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Handelslogistik“

bedeutet dies weniger Lärmbelästigung bei Anlieferung in den frühen Morgenstunden. Finanzielle Mittel für die Anschaffung der Elektrofahrzeuge und die damit verbundenen Umrüstungsarbeiten bei der Betriebsausstattung kann der Lebensmitteldiscounter zum Zeitpunkt der

Betrachtung durchaus aufbringen. Trotz hartem Preiskampf mit seinen Wettbewerbern bleiben dem Unternehmen Gewinne, um Innovationen voranzutreiben und um in einen möglichen Wettbewerbsvorteil durch eine umweltbewusste Ausrichtung zu investieren. Die Rahmenbedingungen des Unternehmensumfelds gestalten sich ähnlich wie in der Fallstudie „Entsorgungslogistik“ und sind derzeit noch suboptimal für das Substitutionspotential der Elektromobilität. Die technologischen Rahmenbedingungen zeigen zwar einen positiven Trend auf, jedoch trifft dies auf andere Faktoren nicht zu (vgl. Klumpp 2011). Lebensmittel sind Konsumgüter. Hier zeigen sich die Kunden des Discounters als preissensibel und sind deshalb nicht bereit, den Kostenaufschlag bedingt durch die Einführung einer elektrischen Handelslogistik mitzutragen. Das Bewerten der Einflussfaktoren zeigt ein

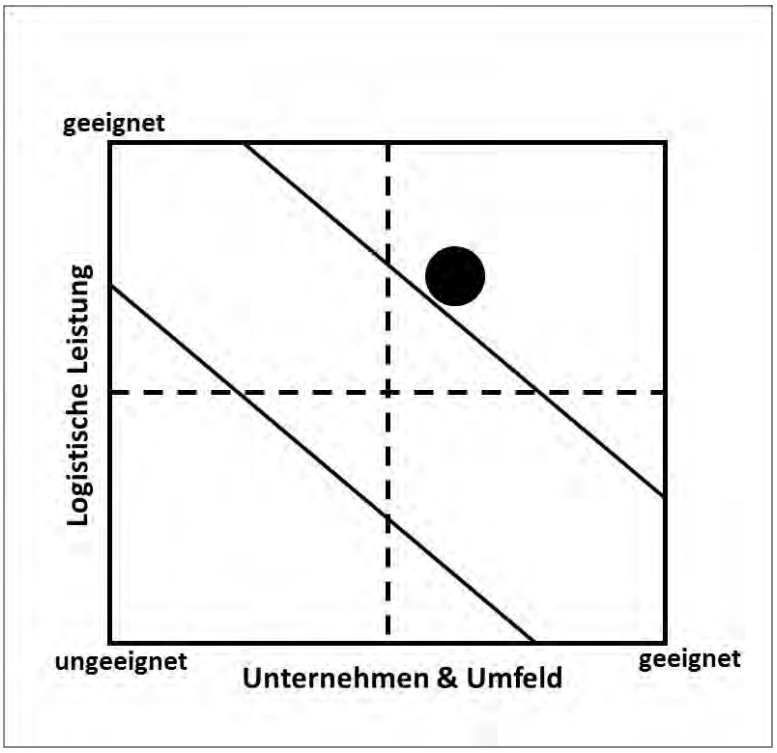


Abbildung 4-13: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Handelslogistik“

Substitutionspotential für die Fallstudie „Handelslogistik“ auf. Aus der Abbildung 4-13 wird ersichtlich, dass sich die logistische Leistung als geeignet für die Umsetzung mit elektrischen Fahrzeugen erweist. Das ist unter anderem auf die günstigen Gütereigenschaften und kurzen Transportstrecken zurückzuführen. Auch die Einflussfaktoren des Unternehmens wirken sich positiv aus. Der Lebensmittelhändler verfügt über die Mittel und die Bereitschaft, Elektromobilität in seinen Fuhrpark einzuführen.

Eine Eignung von Elektromobilität in der Handelslogistik ist pauschal nicht festzulegen. In der Auslieferung von Handelsware im Nahverkehr ist eine Substitution durchaus möglich. Je nach Branche sind jedoch einige Faktoren zu berücksichtigen. Sind die gehandelten Waren Bio-Lebensmittel, ist es den Unternehmen eher möglich, Kostenaufschläge durch Elektromobilität auf den Preis umzulegen. Bei günstigen Lebensmitteln von Discountern sind Kunden meist preissensitiver und somit ist die Zahlungsbereitschaft für grüne Logistik geringer. Außerdem sind in der Lebensmittelbranche die Einhaltung von Kühlketten zu berücksichtigen. Bei frischen, verderblichen und gefrorenen Gütern die Fahrzeuge eine Kühlung. Dies führt bei einzelnen Spezial-Transportfahrzeugen zu einem erhöhten Energiebedarf, was wiederrum die Reichweite von Elektrofahrzeugen einschränkt.

4.2.6 Ersatzteilelogistik

Die folgende Fallstudie betrachtet die Ersatzteillogistik eines Automobilzulieferers für Lichttechnik und -elektronik. Der Zulieferer mit Sitz in Lippstadt beschäftigt über 30.000 Mitarbeiter an mehr als 100

Standorten in über 35 Ländern und erwirtschaftete im Jahr 2013 einen Umsatz von über 5,3 Mrd. EUR. Für seine Ersatzteillogistik hat das Unternehmen einen in Deutschland führenden Logistikdienstleister beauftragt. Dessen Geschäftsstelle in Bielefeld holt die Aftermarket-Waren aus dem Zentrallager des Automobilzulieferers in Erwitte ab, konsolidiert diese und liefert die Sendungen über den Stückgutverkehr an die über Deutschland verteilten Empfangsstellen. Von den Empfangsstellen aus erfolgt die Verteilung der Ersatzteilsendungen über den Güternahverkehr an die Empfänger. Im Folgenden wird nun das Substitutionspotential der Elektromobilität in der Nahverkehrsverteilung der Ersatzteile ab den regionalen Empfangsstellen untersucht. Bei den transportierten Gütern handelt es sich um Ersatzteileartikel wie Scheinwerfer, Relais, Reflektoren und Zubehör für Kfz-Werkstätten. Das durchschnittliche Gütergewicht und -volumen ist folglich als gering anzusehen und somit für die Elektromobilität vorteilhaft. Besondere Transportbedingungen liegen bei dieser Art von Gütern nicht vor. Die zurückgelegte Strecke innerhalb einer Tagestour pro Fahrzeug ist abhängig vom Einsatzgebiet, es wird jedoch nur in seltenen Fällen die maximal mögliche Reichweite heutiger Elektrofahrzeuge überschritten. Die im Güternahverkehr üblichen geringeren Geschwindigkeiten und die regelmäßigen nächtlichen Standzeiten zwischen den Touren sprechen für einen Einsatz von Elektrofahrzeugen. Anpassungen bei der Routen- und Tourenplanung sind in der Regel nicht erforderlich. Sonderfahrspuren für Elektrofahrzeuge könnten, insbesondere im Berufsverkehr, einen nicht monetären Anreiz für den

Dienstleister bieten (vgl. Peters et al. 2012). Bei einer kontinuierlichen Umstellung des Fuhrparks auf Elektromobilität müssten Anpassungen bei der Betriebsausstattung der regionalen Depots vorgenommen werden. Dazu zählt unter anderem die Einrichtung von Stellplätzen mit Lademöglichkeiten.

Logistische Leistung	**4,33**		
Analyse der Transportgüter	**5,00**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**3,67**
Durchschnittliches Gütergewicht	5	Streckenprofil	4
Durchschnittlichens Gütervolumen	5	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	2
Komplexität der Transportgüter	5	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	4
		Standzeiten der Fahrzeuge	5
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	4
		Logistische Anreize (nicht monetär)	3

Unternehmen & Umfeld	**3,63**		
Unternehmensanalyse	**4,25**	**Umfeldanalyse**	**3,00**
Finanzielle Möglichkeiten	5	Strommix	2
Betriebsausstattung	3	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	2
Elektromobilität als strategisches Konzept	4	Monetäre Anreize für Unternehmen	4
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	5	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	3
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-14: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Ersatzteilelogistik“

Aufgrund der Größe und Umsatzstärke des Unternehmens sind ausreichend finanzielle Mittel für die Umrüstarbeiten als auch für die Anschaffungskosten der Fahrzeuge vorhanden. Der Logistikdienstleister sieht im Aufbau einer grünen Logistik eine gute Möglichkeit, das stei-

gende Umweltbewusstsein des Marktes zu einem Imagegewinn nutzen zu können und sich damit einen Wettbewerbsvorteil zu verschaffen. Eine ausreichende Bereitschaft für Innovationen ist in diesem Unternehmen gegeben. Im Unternehmensumfeld sind noch einige Einflüsse vorhanden, die einschränkend auf das Substitutionspotential der Elektromobilität wirken. Dazu zählt insbesondere die derzeit noch schlecht ausgebaute Werkstattinfrastruktur in Deutschland (vgl. Klumpp et al. 2013). Aus diesem Grund kann es zu längeren Ausfallzeiten bei nötigen Reparaturen und Inspektionen der Elektrofahrzeuge kommen. Auch der Vorteil der Einsparung an Emissionen wird durch den noch geringen Anteil an regenerativen Energien am Ladestrom begrenzt. Noch ist der Einsatz von Elektrofahrzeugen mit einem erheblichen Kostenaufschlag verbunden. Dieser wird sich jedoch aufgrund der Entwicklung der technologischen Rahmenbedingungen verkleinern. In Folge dessen wird auch die Zahlungsbereitschaft der Kunden für grüne Logistik zunehmen. Die Anwendung des Modells auf die Fallstudie zeigt, dass ein Substitutionspotential hin zur Elektromobilität in der Ersatzteilelogistik des Automobilzulieferers vorhanden ist. Elektrofahrzeuge stoßen bei der Verteilung der kleinteiligen und leichten Ersatzteile über den Güternahverkehr nicht an ihre Zuladungs- und Reichweitenbeschränkungen. Das Modell zeigt auch, dass das Unternehmen grundsätzlich für eine Einführung von Elektrofahrzeugen bereit ist. Einige Rahmenbedingungen aus dem Unternehmensumfeld müssen jedoch beachtet werden und bei den Anpassungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Die obige Fallstudie zeigt, dass es Anwen-

dungsbereiche in der Ersatzteilelogistik gibt, in denen ein Substitutionspotential für Elektromobilität vorhanden ist.

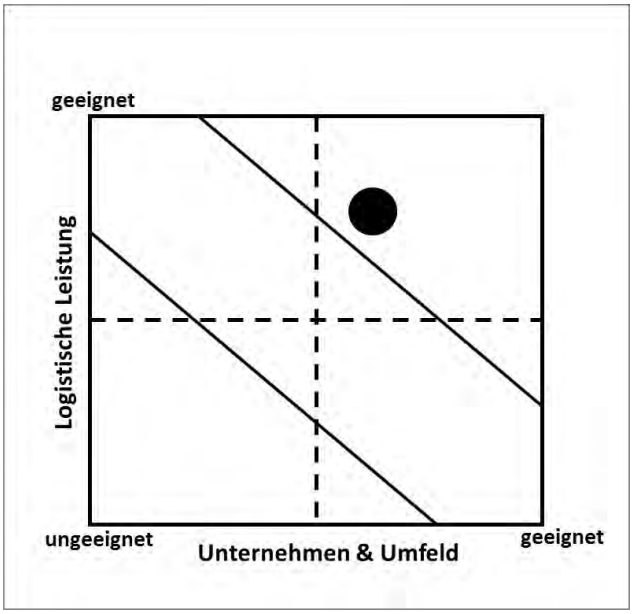


Abbildung 4-15: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Ersatzteilelogistik“

Im betrachteten Beispiel ist es die Nahverkehrsverteilung der Ersatzteile von einem Regionaldepot an ihre Abnehmer. Im Vorfeld müssen diese Güter jedoch über den Fernverkehr an die Depots transportiert werden. Hierbei müssen andere Verkehrsmittel eingesetzt werden. In der Ersatzteilelogistik sind sporadische und schwer prognostizierbare Bestellungen nicht unüblich. Bei der Planung der Touren ist deshalb zu berücksichtigen, dass den Fahrzeugen genügend Standzeit zum Laden der Batterien zur Verfügung steht bzw. im Fuhrpark Redundanzen aufgebaut werden, um auch plötzlich auftretende größere Bestellungen termingerecht abwickeln zu können.

4.2.7 Logistik der letzten Meile

In folgender Fallstudie zur Logistik der „letzten Meile“ wird ein in Deutschland führender Dienstleister für Kurier-Express-Paket-Dienste betrachtet. Das weltweit tätige Logistik- und Postunternehmen mit Sitz in Bonn, beschäftigt über 435.000 Mitarbeiter und erwirtschaftete im Jahr 2013 einen Umsatz von über 55 Mrd. EUR. Für die Untersuchung des Substitutionspotentials für Elektromobilität in der Logistik der „letzten Meile“ wird die Verteilung von Paketsendungen in einer deutschen Großstadt herangezogen. Hierzu werden die Pakete in einem regionalen Depot zu Touren konsolidiert und mit einem KEP-Fahrzeug an die Empfänger ausgeliefert. Im Durchschnitt beträgt eine solche Tour 100 km (vgl. Witte/ Klumpp 2013b). Dabei hat das Fahrzeug bis zu 200 Stopps und Anfahrvorgänge zu bewältigen, bevor es in das Depot zurückkehrt (vgl. Verkehrsrundschau.de 2013). Dies hat einen negativen Einfluss auf die Reichweite von Elektrofahrzeugen. Positiv hingegen wirkt sich die geringe Geschwindigkeit im Stadtverkehr aus. Zwischen den täglichen Touren können aufgrund der nächtlichen Standzeiten in den regionalen Depots die Batterien der Fahrzeuge regelmäßig geladen werden. Die Pakete sind standardisierte Stückgüter und werden von dem KEP-Dienstleister auf ein Gewicht von maximal 30 kg und ein Volumen von 1,2 m x 0,6 m x 0,6 m beschränkt. Deshalb sind die Gütereigenschaften hinsichtlich der Zuladung sehr günstig. Bei der Routen- und Tourenplanung bedarf es kaum Anpassungen, da die oben genannten Eigenschaften, wie geringe Zuladung und Streckenlänge, dem Einsatz von Elektrofahrzeugen

entgegen kommen. Als eines der umsatzstärksten Logistikunternehmen weltweit verfügt das Unternehmen über ausreichend finanzielle Mittel, um eine kontinuierliche Umstellung des KEP-Fuhrparks auf Elektromobilität zu bewerkstelligen. Der Dienstleister setzt Elektromobilität bereits in Pilotprojekten ein und hat deshalb bereits erste Anpassungen hinsichtlich der Betriebsausstattung getroffen.

Logistische Leistung	**4,50**		
Analyse der Transportgüter	**5,00**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**4,00**
Durchschnittliches Gütergewicht	5	Streckenprofil	5
Durchschnittlichens Gütervolumen	5	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	4
Komplexität der Transportgüter	5	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	3
		Standzeiten der Fahrzeuge	5
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	5
		Logistische Anreize (nicht monetär)	2

Unternehmen & Umfeld	**3,75**		
Unternehmensanalyse	**4,50**	**Umfeldanalyse**	**3,00**
Finanzielle Möglichkeiten	5	Strommix	2
Betriebsausstattung	3	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	2
Elektromobilität als strategisches Konzept	5	Monetäre Anreize für Unternehmen	4
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	5	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	3
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-16: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Logistik der letzten Meile“

Jedoch sind weitere nötig, um einen flächendeckenden Einsatz zu ermöglichen. Aufgrund der Nähe zum Endkunden betrachtet das Unternehmen die strategische Ausrichtung auf eine umweltschonende Lie-

ferung als vielversprechend. Dem Unternehmen bietet sich dadurch eine Möglichkeit, sich von seinen Wettbewerbern zu differenzieren. Die Innovationsbereitschaft des Dienstleisters ist hoch. Im Umfeld des KEP-Dienstleisters sind Risiken erkennbar, die sich dem Unternehmen bei der Einführung von Elektromobilität stellen. Diese zeigen ähnliche Ausprägungen wie in der Fallstudie „Produktionslogistik“ und werden hier nicht nochmal vollständig aufgeführt. Aufgrund dessen, dass der Endkunde direkt die Vorteile der grünen Logistik wahrnimmt, ist er zu einem gewissen Maße bereit, mehr für die Leistung des KEP-Dienstleisters zu bezahlen. Der hohe Forschungsaufwand bei der Akkumulatoren- und Antriebstechnologie wird zu einer Reduzierung der heute noch hohen Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen führen (vgl. Klumpp 2011). Die Ergebnisse der Untersuchung anhand des Modells zeigen, dass im oben vorgestellten Fall zur Logistik der „letzten Meile“ Anwendungsbereiche für Elektromobilität vorhanden sind. Die zu leistende Aufgabe der urbanen Paketzustellung erweist sich aufgrund der Eigenschaften der Güter und des Einsatzgebietes als gut mit elektrischen Fahrzeugen umsetzbar. Auch der KEP-Dienstleister zeigt sich als fähig und bereit, die daraus resultierenden Aufwendungen und Anpassungen bewältigen zu können. Lediglich ungünstige Faktoren aus dem Unternehmensumfeld trüben das Substitutionspotential in der Fallstudie etwas ein. In der Gesamtbetrachtung ist der Fall der KEP-Dienstleistung für den Einsatz von elektrisch betriebenen Zustellfahrzeugen geeignet. Nicht nur die KEP-Dienstleistung sondern auch andere Fälle der Logistik der „letzten

Meile“ zeigen ein hohes Potential für die Substitution konventioneller Fahrzeuge durch Elektrofahrzeuge. Die Güterfeinverteilung ist geprägt von niedrigen Gütervolumina, die in hoher Frequenz geliefert

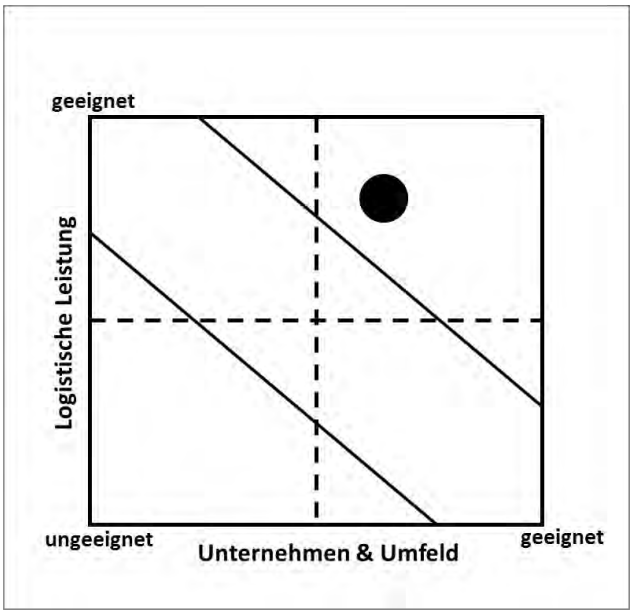


Abbildung 4-17: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Logistik der letzten Meile“

werden. Die Güter werden vom letzten Verteildepot zum Endabnehmer gebracht und legen dabei meist nur noch kurze Strecken zurück. Aufgrund der Erreichbarkeit der Abnehmer wird dies ausschließlich über den Straßenverkehr abgewickelt. Die Elektromobilität bietet somit ein großes Potential zur Optimierung der Logistik der „letzten Meile“. Die häufigen Stopps und Anfahrtvorgänge verursachen bei Elektrofahrzeugen im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen wesentlich weniger Emissionen. Neben dem Optimierungspotential durch Elektrofahrzeuge können sich für die Unternehmen noch weitere Chancen ergeben. Die verminderten Geräuschemissionen ermöglichen einen nächtlichen Lieferverkehr und somit eine Verlagerung der

Transporte auf zeitliche Randlagen. Außerdem könnten langfristig Elektrofahrzeuge aufgrund verschärfter Umweltauflagen in Zusammenhang mit der hohen Feinstaubbelastung als einzige Transportalternative in innerstädtischen Gebieten übrig bleiben.

4.2.8 City-Logistik

Die folgende Fallstudie zur City-Logistik betrachtet einen in Europa führenden Fashion- und Textillogistiker mit Sitz in Osnabrück-Fledder. Der Dienstleister übernimmt für einen seiner Kunden, eine große Textilwarenhauskette, die Belieferung von Filialen in Berlin. Dies erfolgt von einem Logistikhub in Potsdam aus. Zuvor wurden die Textilprodukte von einem Zentrallager des Kunden in Peine über den Fernverkehr angeliefert. In der konkreten Untersuchung des Substitutionspotentials der Elektromobilität in der City-Logistik wird der Transport der Textilgüter vom Potsdamer Logistikhub zur Kundenfiliale am Kurfürstendamm in Berlin betrachtet. Für die komplette Tour beträgt die zurückgelegte Strecke ca. 60 km. Positiv auf die Reichweite von Elektrofahrzeugen wirken sich die geringen Geschwindigkeiten im Stadtverkehr aus. Nachts finden keine Auslieferungen statt. Deshalb sind zwischen den Touren ausreichend lange Standzeiten vorhanden, die zum Laden der Batterien genutzt werden können. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen erfordert keine spezifischen Anpassungen bei der Routen- und Tourenplanung. Bei den zu transportierenden Gütern handelt es sich überwiegend um Textilien. Somit ist das durchschnittliche Gütergewicht gering und die Volumenauslastung günstig. Besondere Transportbedingungen hinsichtlich der Güter liegen in diesem

Fall nicht vor. Logistische, nicht monetäre Anreize sind kaum vorhanden, werden jedoch aktuell von der Politik diskutiert. Beispielsweise könnten gesonderte Fahrspuren für Elektrofahrzeuge, wie sie beispielsweise in Norwegen Anwendung finden, genutzt werden, um innerstädtische Ziele effizienter zu beliefern (vgl. Peters et al. 2012). Als führender Textillogistiker in Europa mit einem Umsatz von über 250 Millionen Euro verfügt das Unternehmen über ausreichend finanzielle Mittel für eine kontinuierliche Umstellung des Fuhrparks auf Elektromobilität. Hinsichtlich der Betriebsausstattung müssen

Logistische Leistung	**4,50**		
Analyse der Transportgüter	**5,00**	**Analyse des Einsatzgebietes und der betrieblichen Prozesse**	**4,00**
Durchschnittliches Gütergewicht	5	Streckenprofil	3
Durchschnittlichens Gütervolumen	5	Durchschnittliche tägliche Tourenlänge	4
Komplexität der Transportgüter	5	Sonstige Einflüsse durch Verkehrssituationen	5
		Standzeiten der Fahrzeuge	5
		Anpassung der Touren- und Routenplanung	5
		Logistische Anreize (nicht monetär)	2

Unternehmen & Umfeld	**3,63**		
Unternehmensanalyse	**4,25**	**Umfeldanalyse**	**3,00**
Finanzielle Möglichkeiten	5	Strommix	2
Betriebsausstattung	4	Ausbau der Lade- und Werkstattinfrastruktur	2
Elektromobilität als strategisches Konzept	3	Monetäre Anreize für Unternehmen	4
Innovationsbereitschaft des Unternehmens	5	Wunsch und Zahlungsbereitschaft der Kunden	3
		Entwicklung der Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen	3
		Realtive Entwicklung der Strom- und Kraftstoffpreise	4
		Entwicklungen der Akkutechnologien	3

Bewerungsskala: 1 = Faktor ist ungeeignet für den Einsatz von Elektomobilität, 5 = Faktor begünstigt den Einsatz von Elektromobilität

Abbildung 4-18: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „City-Logistik“

kleinere Baumaßnahmen, wie die Ausstattung der Stellplätze mit Ladesäulen, vorgenommen werden. Es besteht zwar kein direkter Kontakt zum Endkunden, jedoch ist aufgrund des Einsatzes in urbanen Gebieten die Kundennähe vorhanden und somit ein Imagegewinn möglich (vgl. Peters et al. 2012). Die bereits laufende Erprobung von umweltfreundlichen Elektromobilitätskonzepten belegt die Innovationsbereitschaft des Logistikers. Die Aspekte aus dem Umfeld des Unternehmens gelten in ähnlicher Form wie bei den vorangegangen Fallstudien. Bei Lade- und Werkstattinfrastruktur sowie dem Energiemix am deutschen Strommarkt sind derzeit noch nicht optimal. Die transportierten Waren sind Luxusgüter, so dass es in Verbindung mit dem gestiegenen Umweltbewusstsein der Gesellschaft möglich ist, den Kostenaufschlag für die Elektromobilität anteilig an den Endkunden weiterzureichen. Eine positive Entwicklung zeichnet sich durch die Verbesserung der technologischen Rahmenbedingungen sowie durch die von der Politik weiter angestrebte finanzielle Förderung ab. Die Bewertung der Einflussfaktoren anhand des Modells führt zu folgenden Erkenntnissen für das Substitutionspotential der City-Logistik. Abbildung 4-17 zeigt, dass die logistische Leistung stark zur Eignung für Elektromobilität in der City-Logistik beiträgt. Das ist insbesondere auf die Gütereigenschaften der transportierten Textilien und der kurzen und planbaren Tourenlänge zurückzuführen. Auch das Unternehmen und dessen Umfeld zeigen grundsätzlich ein Potential für Elektromobilität. Die noch bestehenden Risiken aus dem Unternehmensumfeld, wie die schlecht ausgebaute Lade- und Werkstattinfrastruktur,

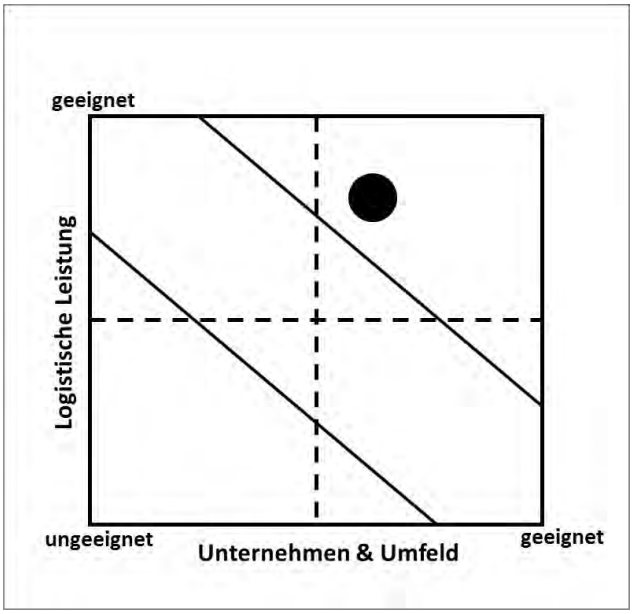


Abbildung 4-19: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „City-Logistik“

werden durch die guten Unternehmenseigenschaften kompensiert. Zusammenfassend zeigt die Fallstudie der City-Logistik, dass ein besonders gutes Substitutionspotential für Elektromobilität vorliegt. Das Substitutionspotential in der City-Logistik ist allgemein als sehr hoch einzuschätzen. Es sind viele Anwendungsfälle in urbanen Gebieten ersichtlich, die sich als geeignet für den Einsatz von Elektrofahrzeugen erweisen, insbesondere bei der Verteilung kleiner und leichter Güter. Die begrenzte Reichweite von Elektrofahrzeugen wirkt sich aufgrund des beschränkten Einsatzgebietes nicht negativ aus. Neben dem Vorteil der Emissionseinsparungen sind weitere Vorteile durch den Einsatz von Elektromobilität ersichtlich. Das steigende Umweltbewusstsein können Unternehmen für Verbesserung ihres Images nutzen, indem sie mit ihrer Nähe zum Endkunden auf eine grüne Logistik setzen und entsprechende Werbemaßnahmen betreiben. Durch ordnungspolitische Maßnahmen können neben dem emissionsärmeren

Betrieb weitere Vorteile von Elektrofahrzeugen gegenüber konventionellen Fahrzeugen geschaffen werden. Probleme in vielen urbanen Gebieten wie Feinstaubbelastung und Lärmentwicklung können effektiver angegangen werden. Neue Möglichkeiten in der Geschäftstätigkeit vieler Unternehmen durch die Aufhebung von nächtlichen Zufahrtsbeschränkungen für elektrisch angetriebene Fahrzeuge sind denkbar. So kann die Straßenauslastung zu Hauptverkehrszeiten entzerrt werden. Des Weiteren wären Sonderfahrstreifen für öffentliche Verkehrsmittel und elektrische Fahrzeuge denkbar.

4.2.9 Zusammenfassung

Die Untersuchung der Fallstudien anhand des Modells hat zu unterschiedlichen Ergebnissen hinsichtlich des Substitutionspotentials für Elektromobilität geführt und werden in Abbildung 4-18 zusammengefasst. Daraus lassen sich Bedingungen ableiten, die für den Einsatz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen förderlich sind bzw. Hemmnisse darstellen. Die betrachteten Einsätze der Entsorgungslogistik, Handelslogistik, Ersatzteilelogistik, Logistik der letzten Meile sowie City-Logistik haben sich als geeignet für den Einsatz von elektrisch betriebenen Fahrzeugen erwiesen. Gemeinsam haben sie erreicht, dass die zu leistende logistische Aufgabe mit heutigen Elektrofahrzeugen umsetzbar ist. Es werden niedrige Volumina, in hoher Frequenz über den Güternahverkehr transportiert. Die Unternehmen verfügen über ausreichend finanzielle Mittel, um die nötigen Ausgaben bei einer kontinuierlichen Umstellung des Fuhrparks aufbringen zu können.

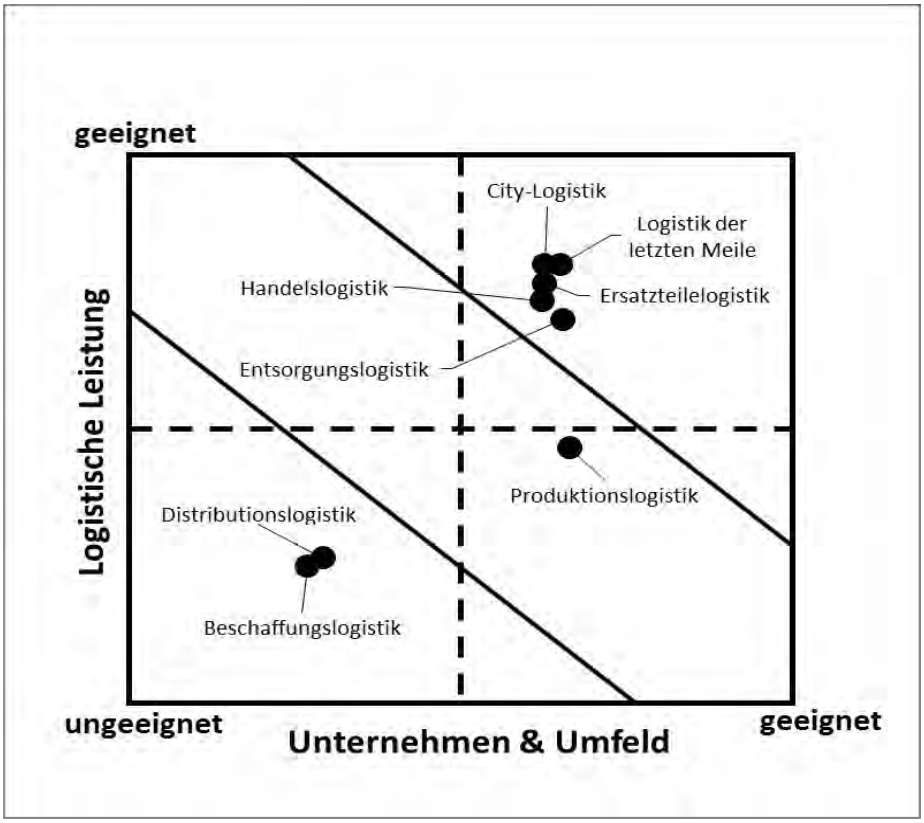


Abbildung 4-20: Grafische Darstellung der gesamten Ergebnisse

Ebenso haben die Unternehmen ein strategisches Interesse an der Elektromobilität und sind offen für Innovationen. In den Fallstudien zur Beschaffungslogistik und Distributionslogistik hat sich bei den betrachteten Fällen kein Substitutionspotenzial für Elektromobilität ergeben. Die logistische Leistung ist insbesondere aufgrund der Gütereigenschaften und langen Transportstrecken schwierig mit heutigen Elektrofahrzeugen umsetzbar. Für den vorgestellten Einsatz der Produktionslogistik hat sich eine bedingte Eignung für Elektromobilität ergeben. Dies ist auf die nicht optimale logistische Leistung für Elektrofahrzeuge zurückzuführen. Die Unternehmensfaktoren haben sich dahingegen als geeignet erwiesen. Das Unternehmensumfeld gestaltet sich in allen vorgestellten Fallstudien ähnlich suboptimal. Zwar entwickeln sich die technologischen Rahmenbedingungen für die Elekt-

romobilität langfristig gesehen positiv, es sind jedoch noch Hemmnisse gegeben, deren Reduzierung durch die Politik begleitet werden sollte. Diese bestehen vor allem in der noch schlecht ausgebauten Lade- und Werkstattinfrastruktur und dem noch geringen emissionsfreien Anteil am Ladestrom der Fahrzeuge. Die Zahlungsbereitschaft der Kunden unterscheidet sich zwischen den Fallstudien und ist entscheidend inwiefern der Kostenaufschlag, der durch den Einsatz von Elektromobilität entsteht, an den Kunden weitergereicht werden kann. Durch technologische Entwicklungen können sich die Einsatzfelder von Elektrofahrzeugen erweitern und auch in den Basislogistikprozessen interessant werden, die im Moment noch ein niedriges Substitutionspotential aufweisen. Höhere Energiedichten der Akkumulatoren werden die größten Einschränkungen der Elektromobilität, wie die Zuladungs- und Reichweitenbegrenzung abbauen. Vor allem die Politik kann dazu beitragen, dass die Attraktivität von Elektromobilität für Logistikunternehmen in Zukunft ansteigen wird. Es sind etliche ordnungspolitische Maßnahmen denkbar wobei aktuell nur wenige ernsthaft diskutiert werden, beispielsweise die Aufhebung von nächtlichen Zufahrtsbeschränkungen, Sonderfahrspuren und -parkplätzen für Elektrofahrzeuge sowie die Verschärfung von Abgasregelungen in innerstädtischen Umweltzonen.

4.3 Bewertung der Mobilitätskonzepte

Die Entscheidung für den Kauf eines Fahrzeugs hängt bei gewerblichen Nutzern von der Wirtschaftlichkeit der Antriebstechnologie ab. In diesem Abschnitt wird die Wirtschaftlichkeit von Fahrzeugen mit

Verbrennungsmotor, Elektro- und Hybridfahrzeugen im Nutzfahrzeugbereich in Abhängigkeit der Fahrleistung ermittelt. Zu diesem Zweck werden Anschaffungs- und Betriebskosten der einzelnen Antriebstechnologien für unterschiedliche Gewichtsklassen untersucht und in einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zusammengefasst. Es wird somit ein Modell entwickelt, das von Logistikdienstleistern zur Kaufentscheidung unterstützend eingesetzt werden kann. Anschließend werden die ausschlaggebenden Kostengrößen vorgestellt und Annahmen für Zukunftswerte getroffen. Die Annahmen bezüglich der Entwicklung der Kraftstoffpreise begünstigen tendenziell die Elektromobilität.

4.3.1 Einflussfaktoren und Kostenblöcke

Um eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchführen zu können, müssen die Anschaffungs- und Betriebskosten der einzelnen Antriebstechnologien ermittelt werden. Um die Gesamtkosten der Fahrzeuge optimal abbilden zu können, werden die Total Cost of Ownership für die Berechnung herangezogen. Diese können in fixe und variable Kosten unterteilt werden. Fixkosten fallen unabhängig von der Nutzung an. Die Höhe der variablen Kosten hingegen ist abhängig von der Fahrleistung.

Fixkosten	Variable Kosten
• Anschaffungskosten • Kfz-Steuer • Versicherung	• Kosten für Treibstoff • Instandhaltung und Wartung • Schmiermittelkosten

Abbildung 4-21: Kategorisierung der Kostenblöcke

Da Elektrofahrzeuge in der Anschaffung teurer sind als Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor und ihr Einsparpotenzial erst über die Nutzungsdauer sichtbar gemacht werden kann, ist es sinnvoll die Wirtschaftlichkeitsrechnung auf Basis einer Total Cost of Ownership Betrachtung aufzubauen. Die Haupteinflussgrößen eines Total Cost of Ownership Modells sind dabei die betrachteten Kostenblöcke und die geplante Nutzungsdauer des anzuschaffenden Gutes. In diesem Modell wird die Nutzungsdauer eines Lkw mit acht Jahren angesetzt. Pro Jahr geht man von etwa 300 Einsatztagen aus. Es werden die Kosten für jedes Jahr errechnet und auf die durchschnittlich gefahrenen Jahreskilometer verteilt. Durch Diskontierung aller Kostenblöcke sowie der Jahreslaufleistung wird ein reeller Barwert ermittelt. Für die Diskontierung findet man in der Literatur unterschiedliche Zinssätze (vgl. Richter/ Lindenberger 2010; Michaelis et al. 2012). Für dieses Modell wird für den Diskontierungszeitraum von acht Jahren ein Zinssatz von 4 % verwendet.

Für die Aussagekraft der Ergebnisse ist es entscheidend, dass alle kritischen Kostenblöcke in die Berechnung mit aufgenommen werden. Neben den Anschaffungskosten sind alle relevanten Betriebskosten über die gesamte Lebensdauer zu analysieren. Anhand dieser detaillierten Kostenbetrachtung kann eine Aussage über die Wirtschaftlichkeit des Investitionsgutes getroffen werden:

- Anschaffungskosten,
- Kfz-Steuer,
- Kraftstoff- bzw. Stromkosten,

- Schmiermittelkosten,
- Instandhaltung und Wartung und
- Versicherung.

Die Total Cost of Ownership Rechnung wird für Fahrzeuge durchgeführt, die im Jahr 2014 erworben werden. Um die Preisentwicklung der Batteriesysteme mit einberechnen zu können, wird zudem ein Kauf im Jahr 2020 modelliert. Deshalb werden nachfolgend bei den Kostenblöcken Annahmen für das Jahr 2020 getroffen.

Aus den unterschiedlichen Antriebstechnologien, die am Markt verfügbar sind, werden diejenigen ausgewählt, die für Nutzfahrzeuge relevant sind. Stellvertretend für die herkömmlichen Antriebstechnologien wird der Dieselmotor betrachtet. Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung der Elektromobilität werden das reine Elektrofahrzeug und der parallele Hybridantrieb (Kombination aus Diesel- und Elektromotor) gewählt. Ein Unterscheidungsmerkmal von Nutzfahrzeugen ist ihre Gewichtsklasse. Grundsätzlich werden Lkws in folgende Gewichtsklassen unterteilt (vgl. TrucksOnline.org):

- Leichte Lkw ab 3,5 t,
- Mittelschwere Lkw ab 7,5 t und
- Schwere Lkw ab 12 t bis 40 t.

Da die Spanne der am Markt verfügbaren Nutzfahrzeuge sehr groß ist, werden hieraus für die Berechnung drei Gewichtsklassen exemplarisch ausgewählt. Die Elektromobilität ist noch nicht in allen Gewichtsklassen weit verbreitet. Somit werden diejenigen in die Berechnung mit aufgenommen, in denen Elektrofahrzeuge angeboten werden. In diesem Modell werden daher Nutzfahrzeuge mit dem zulässi-

gen Gesamtgewicht von 3,5 t, 12 t und 18 t betrachtet. Damit die Anschaffungskosten realistisch abgebildet werden können, werden am Markt verfügbare Fahrzeugmodelle betrachtet. Diese Modelle werden im Detail im nachfolgenden Abschnitt vorgestellt. Bei den Anschaffungskosten der Elektrofahrzeuge sind die Kosten für das Batteriesystem bereits enthalten. Für die Kategorie Dieselmotor werden diejenigen Modelle für die Rechnung verwendet, auf denen die ausgewählten Elektrofahrzeuge basieren oder mit denen sie vergleichbar sind. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass die Rahmenbedingungen für alle Antriebstechnologien die gleichen sind und die Ergebnisse dieser Rechnung besser interpretiert werden können. In den zu untersuchenden Gewichtsklassen ist jedoch nicht für jede Antriebsart ein Fahrzeug am Markt verfügbar. Bei Hybridfahrzeugen in der Gewichtsklasse 3,5 t und 18 t, für die kein vergleichbares Modell am Markt verfügbar ist, wird angenommen, dass ihre Anschaffungskosten um ein Drittel höher sind als die von vergleichbaren Dieselfahrzeugen (vgl. Daimler 2007). In Abbildung 4-22 sind die Anschaffungskosten aller gewählten Fahrzeuge zusammengefasst. Ein Dieselnutzfahrzeug von Fiat in der Gewichtsklasse 3,5 t kostet lauf Hersteller rund 38.000 EUR (vgl. Fiat Professional 2014). Für ein Hybridfahrzeug wird angenommen, dass es 50.700 EUR am Mark kosten würde und ein vergleichbares Elektrofahrzeug beläuft sich auf 117.600 EUR (vgl. Karabag Elektrofahrzeuge 2011). Bei den Nutzfahrzeugen mit 12 t zulässigem Gesamtgewicht wird ein Mercedes Benz Atego BlueTec Hybrid für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit herangezogen. Laut

Angaben von Ritter Logistik, die dieses Modell erfolgreich im Stückgutverteilerverkehr einsetzen, belaufen sich die Anschaffungskosten auf 110.000 EUR. Die Kosten der Hybridausstattung betragen dabei 45.000 EUR, sodass angenommen wird, dass der Neupreis eines 12-Tonnen-Lkw mit Dieselmotor 65.000 EUR sein wird (vgl. Verkehrs-Rundschau 2011). Als Referenzfahrzeug eines 12-Tonnen-Elektro-Lkws wird der Newton von Smith Electric Vehicles gewählt. Der Anschaffungspreis dieses Modells liegt bei ungefähr 134.200 EUR (vgl. Cuomo et al. 2014). In der Gewichtsklasse der 18-Tonner wird als Elektrofahrzeug der E-Force One zur Berechnung herangezogen.

	Dieselmotor	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	38.000 EUR	117.600 EUR	50.700 EUR
12 t	65.000 EUR	134.200 EUR	110.000 EUR
18 t	200.000 EUR	360.000 EUR	266.700 EUR

Abbildung 4-22: Anschaffungskosten unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen für das Jahr 2014

Die Anschaffungskosten sind mit 360.000 EUR fast doppelt so hoch wie die eines vergleichbaren Dieselfahrzeuges, die 200.000 EUR betragen (vgl. o.V. 2013b). Die Kosten eines Hybridfahrzeuges in dieser Gewichtsklasse sind auf 266.700 EUR geschätzt worden. Für das Jahr 2020 wird angenommen, dass sich nur die Batteriekosten verändern. Die Kosten des restlichen Fahrzeuges werden als gleich bleibend angenommen. Da keine Informationen über die Batteriekosten der betrachteten Fahrzeuge vorliegen, werden diese über die Angaben des Herstellers zur Energie der Batterie in Kilowattstunde und der Kosten

pro Kilowattstunde errechnet. Von den oben genannten Anschaffungskosten wird die Differenz der auf diese Weise errechneten Batteriekosten der Jahre 2014 und 2020 abgezogen. Die Anschaffungspreise der Dieselfahrzeuge wird als konstant angenommen. Somit ergeben sich die in Abbildung 4-23 aufgeführten Kaufpreise für das Jahr 2020.

	Dieselmotor	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	38.000 EUR	112.560 EUR	50.460 EUR
12 t	65.000 EUR	119.800 EUR	109.772 EUR
18 t	200.000 EUR	331.200 EUR	266.460 EUR

Abbildung 4-23: Anschaffungskosten unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen für das Jahr 2020

Bei der Berechnung der Kfz Steuer für leichte Nutzfahrzeuge (bis 3 500 kg) ist die zulässige Gesamtmasse ausschlaggebend. Pro 200 kg Masse werden 12,78 EUR berechnet (§ 9 I Nr.3 KraftStG). Das Ergebnis wird auf volle Euro abgerundet. Somit ergibt sich für das Dieselfahrzeug in der Gewichtsklasse 3,5 t eine jährliche Kfz Steuer von 223 EUR. Alle übrigen Kraftfahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht von über 3.500 kg werden zusätzlich nach Schadstoff- und Geräuschklasse besteuert (§ 9 I Nr.4 KraftStG). Für die Berechnung wird angenommen, dass die betrachteten Nutzfahrzeuge der Schadstoffklasse S2 zuzuordnen sind. In dieser Schadstoffklasse beträgt die maximale jährliche Kfz Steuer 556 EUR. Der jährliche Betrag von 534 EUR für das 12-Tonnen-Diesel- und Hybridfahrzeug ist mit Hilfe eines Lkw-Steuerrechners errechnet worden. Elektrofahrzeuge sind ab dem Tag der Erstzulassung zehn Jahre lang, wenn sie bis zum

31. Dezember 2015 zugelassen werden, und fünf Jahre lang, wenn sie in dem Zeitraum vom 01. Januar 2016 bis 31. Dezember 2020 zugelassen werden, von der Kfz Steuer befreit (§ 3d I Nr.1, Nr.2 KraftStG). Hybridfahrzeuge werden steuerlich nicht anders behandelt als herkömmliche Antriebstypen. Somit wird für alle Gewichtsklassen die jeweilige Kfz Steuer der Dieselfahrzeuge für die Berechnung verwendet.

Ab 2014	Dieselmotor	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	223 EUR/a	0 EUR/a	223 EUR/a
12 t	534 EUR/a	0 EUR/a	534 EUR/a
18 t	556 EUR/a	0 EUR/a	556 EUR/a

Abbildung 4-24: Jährliche Kfz Steuer ab 2014 unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen

Ein späterer Kaufzeitpunkt ändert bei den Dieselfahrzeugen nichts an der jährlichen Kfz Steuer. Es wird angenommen, dass die Steuerhöhe ab 2020 für die nächsten acht Jahre auf dem Stand von 2014 bleibt. Die Elektrofahrzeuge hingegen sind nur noch für fünf Jahre von der Steuer befreit. Ab 2025 unterliegen Nutzfahrzeuge bis 3.500 kg einer gewichtsorientierten Besteuerung. Je angefangene 200 kg beträgt die Steuer 12,78 EUR. Der so ermittelte Betrag wird dann noch um 50 % ermäßigt (vgl. Zoll 2014). Bei den größeren Fahrzeugklassen wird das gleiche Vorgehen angenommen. In Abbildung 4-25 sind die Steuerbeträge der einzelnen Antriebstechnologien ab dem Jahr 2025 aufgeführt.

Ab 2025	Dieselmotor	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	223 EUR/a	111 EUR/a	223 EUR/a
12 t	534 EUR/a	267 EUR/a	534 EUR/a
18 t	556 EUR/a	278 EUR/a	556 EUR/a

Abbildung 4-25: Jährliche Kfz Steuer ab 2025 unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen

Der Wartungsaufwand und die damit verbundenen Kosten sind bei Elektrofahrzeugen wesentlich geringer als bei Fahrzeugen mit einem Verbrennungsmotor. Grund dafür ist die geringere Anzahl an beweglichen Teilen. So entfällt bei Elektroautos unter anderem der Ölwechsel oder die Wartung der Auspuffanlage. Die Wartung der Bremsen und des Motors an sich kann in größeren Abständen erfolgen, da der Verschleiß geringer ist als bei konventionellen Fahrzeugen. Grund dafür ist, dass weniger mechanisch gebremst wird und ein Elektromotor einfacher aufgebaut ist als ein Verbrennungsmotor (vgl. Schoblick 2013). Da die Technologie der Elektromobilität bei Nutzfahrzeugen jedoch noch nicht gänzlich ausgereift ist, lassen sich noch keine Langzeitinformationen bezüglich der Wartungskosten finden. Bei den meisten Angaben handelt es sich daher um Simulationsergebnisse. Für reine Elektro-Transporter wird darauf basierend angenommen, dass die Wartungskosten bei 4,9 ct/km und bei Hybridfahrzeugen bei 5,5 ct/km liegen. Bei Dieselfahrzeugen fallen die Kosten höher aus. Hier wird von 5,9 ct/km ausgegangen (vgl. Plötz et al. 2013b). Die Wartungskosten für den 18-Tonnen-Diesel-Lkw mit 8,5 ct/km angesetzt (vgl. Vahrenkamp/ Kotzab 2012b). Für die Nutzfahrzeuge mit

zulässigem Gesamtgewicht von 12 t wird angenommen, dass die Wartungskosten aller Antriebstechnologien denen der 18-Tonnen-Modelle entsprechen. Die noch fehlenden Werte werden hochgerechnet (vgl. Plötz et al. 2013a). Für die Total Cost of Ownership Berechnung wird angenommen, dass die Werte über die gesamte Nutzungsdauer konstant bleiben. In Abbildung 4-26 sind die verwendeten Werte zusammengefasst. Für die Instandhaltungs- und Wartungskosten wird angenommen, dass sie sich bis 2020 nicht verändern.

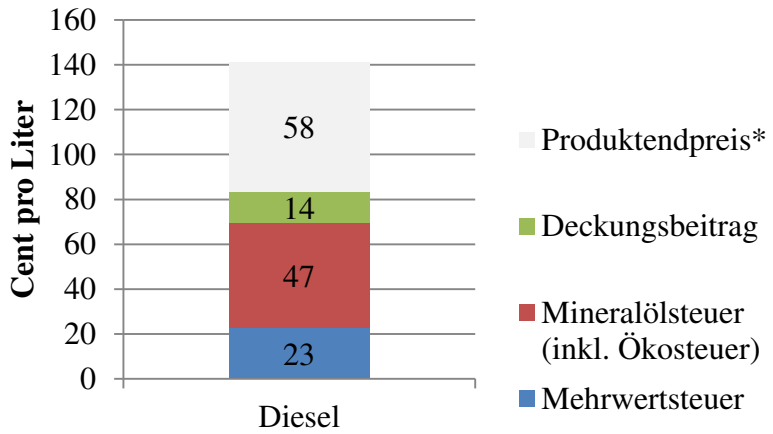
	Dieselmotor	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	5,9 ct/km	4,9 ct/km	5,5 ct/km
12 t	8,5 ct/km	7,1 ct/km	7,9 ct/km
18 t	8,5 ct/km	7,1 ct/km	7,9 ct/km

Abbildung 4-26: Kosten für Instandhaltung und Wartung nach Gewichtsklassen und Antriebstypen

Somit werden für die Berechnung der Total Cost of Ownership bei einem Anschaffungszeitpunkt im Jahr 2020 die gleichen Werte verwendet, wie bei einem Anschaffungszeitpunkt im Jahr 2014.

Vor allem bei hohen Jahreslaufleistungen machen die Kraftstoffkosten bei den Dieselfahrzeugen einen großen Kostenblock aus. Deshalb ist es elementar, Dieselpreisprognosen in die Berechnungen mit aufzunehmen. Die Entwicklung des Dieselpreises ist stark von der Rohölpreisentwicklung abhängig. Da diese sehr schlecht prognostiziert werden kann, ist die Dieselpreisentwicklung mit großen Unsicherheiten verknüpft (vgl. Plötz et al. 2013b). Abgesehen von den Rohölpreisen wird der Preis für Diesel von Steuern und Margen für Raffinerien und

Tankstellen beeinflusst (vgl. Weyerstrass et al.). Den größten steuerlichen Anteil haben die Mineralöl- und Mehrwertsteuer. Abbildung 4-27 zeigt die Zusammensetzung des Dieselpreises zum 31. Dezember 2013. Es wird für die nächsten Jahre keine Steuererhöhung erwartet. Deshalb nimmt man für alle betrachteten Jahre eine Mehrwertsteuer von 19 % und eine Mineralölsteuer von 47 % an (vgl. Mineralölwirtschaftsverband e.V. 2014). Abbildung 4-28 zeigt die Prognosen zu der Diesel- und Strompreisentwicklung für die kommenden acht Jahre. Um die Höhe der Kraftstoff- und Stromkosten errechnen zu



*** Beinhaltet u.a. Kosten für Transport, Lagerhaltung, gesetliche Bevorratung, Verwaltung und Vertrieb.**

Abbildung 4-27: Zusammensetzung des Dieselpreises zum 31. Dezember 2013

können, werden die Angaben des Herstellers bezüglich des Kraftstoff- und Stromverbrauchs der Modelle verwendet. Der Strompreis im Jahr 2014 orientiert sich an einer Studie, die unterschiedliche Szenarien betrachtet. Die Strompreisentwicklung in dem für Elektrofahrzeuge vorteilhaftem Szenario wird mit 1,1 % angenommen (vgl. Plötz et al.

2013b). Da die zukünftige Stromversorgung und die damit zusammenhängenden Strompreise jedoch ungewiss sind, wird in dieser Arbeit eine jährliche Steigerung von 2 % angenommen. Die Dieselpreise für das Jahr 2014 und 2020 sind ebenso aus der genannten Studie entnommen (vgl. Plötz et al. 2013b). In Anlehnung an diese Werte konnten die übrigen errechnet werden. Dabei geht man davon aus, dass der Dieselpreis linear steigt. Die Berechnungen ergaben eine jährliche Steigerung von 3 %.

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Dieselpreis [EUR/Liter]	1,45	1,49	1,53	1,58	1,62	1,67	1,73	1,77
Strompreis [EUR/kWh]	0,20	0,204	0,209	0,213	0,218	0,222	0,227	0,232

Abbildung 4-28: Annahmen zu der Diesel- und Strompreisentwicklung (Teil 1)

Für die Total Cost of Ownership Berechnung mit Anschaffungsjahr 2020 werden die Annahmen der Kraftstoff- und Strompreisentwicklung für weitere acht Jahre fortgesetzt. Bei den Fahrzeugen, die einen

	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Dieselpreis [EUR/Liter]	1,73	1,77	1,81	1,85	1,9	1,95	1,99	2,0
Strompreis [EUR/kWh]	0,227	0,232	0,237	0,242	0,246	0,251	0,256	0,262

Abbildung 4-29: Annahmen zu der Diesel- und Strompreisentwicklung (Teil 2)

Verbrennungsmotor besitzen, müssen zusätzlich zu den Kraftstoffkosten noch Kosten für Schmiermittel berechnet werden. Das betrifft sowohl die Diesel- als auch die Hybridfahrzeuge. Bei Nutzfahrzeugen mit 3,5 t werden Schmiermittelkosten in Höhe von 0,17 EUR/100 km angenommen (vgl. Bader 2007). Bei den Modellen mit 12 t und 18 t wird vermutet, dass Schmierstoffkosten in gleicher Höhe auftreten. Diese betragen 0,75 EUR/100 km (vgl. Vahrenkamp/ Kotzab 2012b). Bei den Hybridmodellen ergeben sich keine Unterschiede zu den Fahrzeugen mit reinem Dieselantrieb. Es werden somit die Werte der Dieselfahrzeuge übernommen. Bei den reinen Elektrofahrzeugen entstehen keine Schmiermittelkosten in relevanter Höhe. Es wird angenommen, dass sich die Kosten, die zusätzlich noch

	Dieselmotor	Hybrid
3,5 t	0,17 EUR/100 km	0,17 EUR/100 km
12 t	0,75 EUR/100 km	0,75 EUR/100 km
18 t	0,75 EUR/100 km	0,75 EUR/100 km

Abbildung 4-30: Schmierstoffkosten für Diesel- und Hybridfahrzeuge

einmal in Abbildung 4-30 zusammengefasst worden sind, in allen betrachteten Jahren nicht verändern.

Ausschlaggebend für die Höhe der Versicherung ist die Leistung des Lkw. Diese berechnet sich aus der Nutzlast und der Motorleistung. Zudem wird der Einsatz des Fahrzeuges betrachtet. Hierbei ist wichtig, ob es im Nah- oder Fernverkehr eingesetzt wird. In die Ermittlung der Beitragshöhe fließt ebenso die Art der transportierten Güter mit

ein. Wird mit dem Lkw beispielsweise Gefahrengut befördert, steigt der Versicherungsbeitrag (vgl. Deutsche Telekom AG 2014). Da unterschiedliche Antriebsarten den Versicherungsbeitrag nicht beeinflusst, werden diese Kosten bewusst nicht in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit mit aufgenommen.

Die Hauptursache für die hohen Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen sind die enorm hohen Kosten für das Batteriesystem. Bei einem Hybridfahrzeug machen die Batteriekosten ungefähr 75 %, bei Elektrofahrzeugen ca. 65 % der Kosten des Antriebsstrangs aus (vgl. Lamp 2013). Bei den Anschaffungskosten, die zur Berechnung verwendet werden, sind die Kosten für das Batteriesystem bereits enthalten. Abbildung 4-31 zeigt eine Prognose für die Entwicklung der Batteriepreise. Man geht definitiv von sinkenden Kosten aus, die unterschiedlichen Prognosen gehen aber teilweise weit auseinander. Optimierte Fertigungsverfahren und Technologien lassen die Kosten sinken. Ein wichtiger Faktor ist jedoch die produzierte Stückzahl. Steigende Produktionszahlen tragen erheblich zur Reduzierung der Batteriekosten bei (vgl. Lamp 2013; Pfahl 2012).

	2014	2017	2020
Batteriekosten [EUR/kWh]	400	300	280

Abbildung 4-31: Prognose zur Entwicklung der Batteriekosten bis 2020

Es muss jedoch die Lebensdauer der verwendeten Batterien beachtet werden. Wenn die Batterielebensdauer kürzer als die Nutzungsdauer des Nutzfahrzeugs ist, muss während der Betriebszeit die alte Batterie

ausgetauscht werden. Die Lebensdauer der heutigen Batteriesysteme beträgt je nach Nutzungsart zwischen sechs und acht Jahren (vgl. NPE Arbeitsgruppe 2 "Batterietechnologie" 2010). Ziel ist es eine Lebenserwartung von 10-15 Jahren zu erreichen. Das setzt aber auch voraus, dass 3.000-5.000 Ladezyklen ohne größere Kapazitätseinbußen durchgeführt werden können (vgl. Bundesregierung 2009b). Für die Berechnung wird angenommen, dass die Batterie während der gesamten Nutzungsdauer des Fahrzeugs nicht ausgetauscht werden muss. Bei den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor wird analog davon ausgegangen, dass keine größeren Schäden beispielsweise an Motor oder Getriebe auftreten. Damit die Prognosen der Batteriekosten dennoch in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung mit einbezogen werden können, werden als Kaufzeitpunkt zwei unterschiedliche Jahre betrachtet. Als erstes werden die Total Cost of Ownership für acht Jahre Nutzungsdauer ab dem Jahr 2014 berechnet. Danach wird die Anschaffung erst im Jahr 2020 getätigt und untersucht, wie sich die sinkenden Batteriekosten auf die Wirtschaftlichkeit auswirken. Da keine Informationen vorliegen, welchen Kostenanteil die Batterien in den betrachteten Fahrzeugen im Jahr 2014 haben, werden die Kosten über den Kilowatt-Preis errechnet. In dem reinen Elektrofahrzeug der Gewichtsklasse 3,5 t ist eine Batterie mit 42 kWh verbaut. Das 12-Tonnen-Elektrofahrzeug hat eine Batterie mit 120 kWh und im 18-Tonner kommt man mit insgesamt zwei Batteriesystemen auf 240 kWh. Der Mercedes Atego Hybrid hat zur Unterstützung des Dieselmotors eine Batterie mit 1,9 kWh. Für die Hybridfahrzeuge in den Gewichtsklas-

sen 3,5 t und 18 t wird angenommen, dass eine Batterie mit 2 kWh verwendet wird. Somit ergeben sich für die Fahrzeuge, die im Jahr 2014 erworben werden folgende Batteriekosten.

	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	16.800 EUR	800 EUR
12 t	48.000 EUR	760 EUR
18 t	96.000 EUR	800 EUR

Abbildung 4-32: Batteriekosten der Elektro-Referenzfahrzeuge für das Jahr 2014

Die genaue Preisentwicklung der Batterien ist muss prognostiziert werden. Man geht davon aus, dass 2020 eine Kilowattstunde ungefähr 280 EUR kosten wird. Somit ergeben sich für das Jahr 2020 für die betrachteten Fahrzeuge folgende Batteriekosten. Da Elektro-Nutzfahrzeuge nicht durch niedrige Anschaffungskosten punkten können, sondern ihr Potenzial in niedrigen Betriebskosten entfalten, ist die Jahreslaufleistung, von der die Betriebskosten abhängen, für die Berechnung entscheidend. Die ausgewählten Nutzfahrzeuge werden in der Praxis hauptsächlich für den Verteilerverkehr eingesetzt.

	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	11.760 EUR	560 EUR
12 t	33.600 EUR	532 EUR
18 t	67.200 EUR	560 EUR

Abbildung 4-33: Batteriekosten der Elektro-Referenzfahrzeuge für das Jahr 2020

Vor allem bei den Elektrofahrzeugen ist das das Haupteinsatzgebiet, da die hierfür benötigten Reichweiten fast immer mit einer Batterieladung erreicht werden können. Somit ist ein erneutes Aufladen während der Arbeitszeit nicht nötig und es entstehen keine Mehrkosten durch lange Ladezeiten. Für die Berechnung wird von Tageskilometerleistungen zwischen 65 und 500 km ausgegangen. Wenn man von 300 Werktagen in einem Jahr ausgeht, entspricht das Jahresfahrleistungen zwischen 19.500 und 150.000 km. Für die einzelnen Fahrzeugmodelle wird die Berechnung der Gesamtkosten auf Basis unterschiedlicher Jahreslaufleistungen durchgeführt, um den Verlauf der Wirtschaftlichkeit über die gefahrenen Kilometer darstellen zu können.

4.3.2 Dieselfahrzeuge

Der Markt für Nutzfahrzeuge mit konventionellen Antrieben ist enorm groß. Um die Berechnungen der Wirtschaftlichkeit der unterschiedlichen Antriebsarten optimal vergleichen zu können, sind die Referenzfahrzeuge mit Verbrennungsmotor in Abhängigkeit der Elektrofahrzeuge gewählt worden. So kann sichergestellt werden, dass in den einzelne Fahrzeuggrößen jeweils vergleichbare Nutzfahrzeuge gegenüber gestellt werden.

Nachfolgend werden die Nutzfahrzeuge der unterschiedlichen Fahrzeuggrößen mit ihren wichtigsten Merkmalen vorgesellt. Den Fiat Ducato L5H2 gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Neben dem Kastenwagen, der in diesem Modell für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit verwendet wird, ist es auch möglich, den Fiat Ducato als

Pritschenwagen oder als Pritschenwagen mit Doppelkabine zu bestellen. Der Fiat Ducato L5H2 hat ein Leergewicht von 2.135 kg und kann somit 1.365 kg transportieren (vgl. Fiat Professional 2014). Weitere Informationen sind in Abbildung 4-34 aufgeführt.

Fahrzeugklasse 3,5 t **Fiat Ducato L5H2**	
Motorleistung	96 kW
Drehmoment	320 Nm
Max. Geschwindigkeit	145 – 155 km/h
Zulässiges Gesamtgewicht	3 500 kg
Leergewicht	2 135 kg
Nutzlast	1 365 kg
Reichweite	-
Kraftstoffverbrauch	7,4 l/100 km

Abbildung 4-34: Fahrzeugcharakteristika Fiat Ducato L5H2 (vgl. Autokatalog 2011; Fiat Professional 2014)

Der Mercedes-Benz Atego ist für den Verteilerverkehr konzipiert worden. Seine kompakten Maße erleichtern die Fahrt in den Städten. Er ist in den Gewichtsklassen 6,5 t bis 15 t verfügbar (vgl. DaimlerChrysler AG 2005). Für die Berechnung wird ein Fahrzeug mit 12 t zulässigem Gesamtgewicht verwendet. Die Motorleistung wird mit 170 kW bei einem Drehmoment von 900 Nm angeben. Dabei wird ein Verbrauchswert von etwa 25 l/100 km angenommen. Für die Berechnungen eines 18-Tonnen-Dieselfahrzeugs wird ein Iveco Stralis verwendet. Der Iveco Stralis wurde zum „Truck of the Year 2013“ ernannt (vgl. Iveco 2014). Er ist vor allem für den Fernverkehr

Fahrzeugklasse 12 t
Mercedes-Benz Atego 1223 L

Motorleistung	170 kW
Drehmoment	900 Nm
Max. Geschwindigkeit	-
Zulässiges Gesamtgewicht	11 990 kg
Leergewicht	ca. 6 650 kg
Nutzlast	ca. 5 340 kg
Reichweite	-
Kraftstoffverbrauch	25 l/100 km

Abbildung 4-35: Fahrzeugcharakteristika Mercedes-Benz Atego 1223 L (vgl. DaimlerChrysler AG 2005; Verbrauchsrechner.de; Mercedes-Benz 2014a)

entworfen worden. Durch unterschiedliche Aufbauvarianten und diverse Fahrerkabinen kann sich der Kunde seinen Stralis nach seinen

Fahrzeugklasse 18 t
Iveco Stralis AD 190 S

Motorleistung	228 kW
Drehmoment	1300 Nm
Max. Geschwindigkeit	-
Zulässiges Gesamtgewicht	18 000 kg
Leergewicht	-
Nutzlast	-
Reichweite	-
Kraftstoffverbrauch	30 l/100 km

Abbildung 4-36: Fahrzeugcharakteristika Iveco Stralis (vgl. Iveco 2014b)

individuellen Wünschen zusammenstellen (vgl. Brettnacher 2007). Der Kraftstoffverbrauch wird enorm von Eigenschaften wie Fahrzeuggewicht oder Rollwiderstand und dem Fahrprofil beeinflusst. Abhängig von den jeweiligen Fahrsituationen variiert der Energieverbrauch des Fahrzeugs stark (vgl. Helms et al. 2011). Ein Fahrzeug im

Stop-and-Go-Verkehr verbraucht mehr Kraftstoff, als bei einer gleichmäßigen Fahrt auf der Autobahn. Um realitätsnahe Ergebnisse zu erhalten, müssten unterschiedliche Fahrprofile für die Berechnung herangezogen werden. Für den Kraftstoffverbrauch werden in dieser Berechnung die Angaben der Hersteller verwendet. Es ist jedoch anzumerken, dass diese unter dem tatsächlichen Verbrauch liegen können. In Abbildung 4-37ist der Kraftstoffverbrauch der einzelnen Modelle zusammengefasst.

	Dieselmotor
3,5 t	7,4 l/100 km
12 t	25 l/100 km
18 t	30 l/100 km

Abbildung 4-37: Kraftstoffverbrauch der Dieselfahrzeuge

Elektrofahrzeuge

Die Referenzfahrzeuge für die Wirtschaftlichkeitsrechnung von Elektrofahrzeugen sind nach der Verfügbarkeit am Markt ausgesucht worden. In den Gewichtsklassen bis 3,5 t sind einige Elektro-Nutzfahrzeuge erhältlich. Die Auswahl an großen Elektro-Lkw ist bis dato noch gering. Um alle Kosten, aber vor allem die Anschaffungskosten, genau abbilden zu können, ist es wichtig Nutzfahrzeuge zu wählen, die am Markt erhältlich sind. Nachfolgend werden Elektro-Nutzfahrzeuge, für die eine Wirtschaftlichkeitsrechnung exemplarisch durchgeführt wird, mit den wichtigsten Fahrzeugcharakteristika vorgestellt. Der Fiat Ducato E unterscheidet sich vom Ducato mit herkömmlichem Antrieb nur durch den Elektromotor. Die Firma Karabag

baut den Transporter zu einem reinen Elektrofahrzeug um. Da ein Elektromotor weniger verbaute Teile verursacht als der Verbrennungsmotor kann Gewicht eingespart werden. Jedoch muss beachtet werden, dass das Batteriesystem extrem schwer ist und somit ist die Nutzlast im Vergleich zu einem Ducato mit Dieselmotor um ca. 400 kg geringer. Weitere Fahrzeugcharakteristika können Abbildung 4-38 entnommen werden.

Fahrzeugklasse 3,5 t
Fiat Ducato E L5H2

Motorleistung (Elektromotor)	60 kW
Drehmoment (Elektromotor)	-
Batterie	42 kWh
Max. Geschwindigkeit	110 km/h
Ladezeit 400 V	4 h
Zulässiges Gesamtgewicht	3 500 kg
Leergewicht	Ca. 2 597 kg
Nutzlast	ca. 903 kg
Reichweite	max. 90 km
Stromverbrauch	ca. 40 kWh/100 km

Abbildung 4-38: Fahrzeugcharakteristika Fiat Ducato E L5H2 (vgl. Hoese 2011; Fiat Professional 2014; Karabag Elektrofahrzeuge 2011)

Der Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid ist Europas erster serienmäßiger Hybrid-Lkw. Im Jahr 2010 kam er auf den Markt und wurde ein Jahr darauf mit dem Titel „Truck of the Year 2011“ ausgezeichnet (vgl. Jordan 2012). Bei diesem Modell handelt es sich um einen parallelen Hybrid. Das bedeutet, dass die beiden Motoren den Lkw einzeln oder kombiniert antreiben. Der Elektromotor wird vor allem für das Anfahren genutzt und wirkt unterstützend bei Beschleunigungsfahrten (Boost-Funktion). Die Batterie wird nicht am Stromnetz geladen, son-

dern zum einen im Schubbetrieb mit Energie versorgt und zum anderen wird die zurückgewonnene Bremsenergie gespeichert. Der Atego BlueTec Hybrid wird als Verteiler-Lkw eingesetzt und ist somit vor allem in Ballungsgebieten unterwegs. Zu den vielen innerstädtischen Fahrten kommen auch Überlandfahrten und kurze Autobahnstrecken (vgl. o.V. 2013c).

Fahrzeugklasse 12 t **Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid 1222L**	
Motorleistung (Verbrennungsmotor)	160 kW
Drehmoment (Verbrennungsmotor)	810 Nm
Motorleistung (Elektromotor)	44 kW
Drehmoment (Elektromotor)	420 Nm
Batterie	1,9 kWh
Max. Geschwindigkeit	-
Ladezeit 400 V	-
Zulässiges Gesamtgewicht	11 990 kg
Leergewicht	6 925 kg
Nutzlast	5 065 kg
Reichweite	-
Kraftstoffverbrauch	22 l/100 km

Abbildung 4-39: Fahrzeugcharakteristika Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid 1222L (vgl. Willms 2013; o.V. 2011; Treusch 2013)

Der Smith Newton von Smith Electric Vehicles basiert auf dem Avia 120 D. Das Modell Newton ist in den Gewichtsklassen 7,5 bis 12 t erhältlich (vgl. Grünig 2013). Mit einer Akkukapazität von 120 kWh schafft der Smith Newton eine maximale Reichweite von 160 km und ist somit gut für den Verteilerverkehr geeignet. Der Kunde kann zwischen Batteriekapazitäten von 80 und 120 kWh wählen. Ausgestattet mit der kleineren Batterie spart der Smith Newton an Gewicht ein, je-

doch macht sich das negativ bei der Reichweite bemerkbar (vgl. Smith Electric Vehicle 2011).

	Fahrzeugklasse 12 t **Smith Newton**
Motorleistung (Elektromotor)	120 kW
Drehmoment (Elektromotor)	-
Batterie	120 kWh
Max. Geschwindigkeit	80 km/h
Ladezeit 400 V	8 h
Zulässiges Gesamtgewicht	11 990 kg
Leergewicht	4 950 kg
Nutzlast	7 040 kg
Reichweite	160 km
Stromverbrauch	Ca. 75 kWh/100 km

Abbildung 4-40: Fahrzeugcharakteristika Smith Newton (vgl. Smith Electric Vehicle 2011)

Der E-Force One wurde von einem Schweizer Unternehmen entwickelt. Laut Hersteller ist es der erste frei verkäufliche 18-Tonnen-Lkw, der rein elektrisch angetrieben wird. Mit einer Reichweite von maximal 300 km ist er optimal für den Liefer- und Stückverkehr geeignet. Die beiden Lithium-Eisenphosphat-Akkumulatoren lassen sich innerhalb von sechs Stunden laden oder in nur wenigen Minuten austauschen (vgl. Burkert 2013). Der E-Force One wird zum Beispiel bereits bei der Getränkeauslieferung eines Unternehmens eingesetzt. Bei der täglichen Auslieferung legt er rund 65 km zurück und hat einen Verbrauch von durchschnittlich 73 kWh/100 km (vgl. Pudenz 2014). Bei den Elektrofahrzeugen wird ebenso wie bei den Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor für den Stromverbrauch auf die Angaben der

Fahrzeugklasse 18 t
E-Force One

Motorleistung (Elektromotor)	300 kW (2x150 kW)
Drehmoment (Elektromotor)	305 Nm
Batterie	240 kWh (2x120 kWh)
Max. Geschwindigkeit	87 km/h
Ladezeit 400 V	6 h
Zulässiges Gesamtgewicht	18 000 kg
Leergewicht	8 000 kg
Nutzlast	10 000 kg
Reichweite	300 km
Stromverbrauch	60 – 90 kWh/100 km

Abbildung 4-41: Fahrzeugcharakteristika E-Force One (vgl. Ecomento 2013)

Hersteller zurückgegriffen. Temperaturabhängige Verbrauchsschwankungen oder variierender Verbrauch bedingt durch Klimaanlage und Heizung werden dabei vernachlässigt.

Für den Fiat Ducato E und den Smith Newton konnten keine exakten Informationen über den Verbrauch ermittelt werden, deshalb wird dieser aus der Batteriekapazität und der angegebenen maximalen Reichweite ermittelt. Bei dem Mercedes-Benz BlueTec Hybrid werden die Kraftstoffkosten, die der Verbrennungsmotor verursacht, wie bei den anderen Fahrzeugen auch über den angegebenen Verbrauch errechnet. Da es sich bei diesem Modell nicht um einen Plug-In-Hybrid handelt und die Batterie somit nicht am Stromnetz geladen wird, sondern durch Bremsenergierückgewinnung mit Energie versorgt wird, müssen keine zusätzlichen Kosten für Strom berechnet werden. Durch das Hybridsystem profitiert man somit von einer Treibstoffersparnis von 12 % (vgl. Jordan 2012). In den Gewichtsklassen 3,5 t und 18 t, in de-

nen kein Hybridfahrzeug am Markt verfügbar ist, werden Annahmen bezüglich des Kraftstoffverbrauches getroffen. Die Kraftstoffeinsparungen in Höhe von 12 %, die sich für das 12-Tonnen-Hybridfahrzeug ergeben, werden auch für die Gewichtsklassen 3,5 t und 18 t angenommen.

	Elektromotor	Hybrid
3,5 t	40 kWh/100 km	6,5 l/100 km
12 t	75 kWh/100 km	22 l/100 km
18 t	90 kWh/100 km	26,4 l/100km

Abbildung 4-42: Kraftstoff-/Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge

4.3.3 Berechnung der Wirtschaftlichkeit

Die Gesamtkosten Total Cost of Ownership (Total Cost of Ownership) werden für alle Antriebstypen über alle Nutzungsjahre errechnet. Um die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Antriebstechnologien darstellen zu können, werden die Levelized Costs of Mobility (LCOM) berechnet. Dieser Ansatz wird bis dato im Bereich Energieerzeugung (LCEO – Levelized Cost of Electricity) angewandt und lässt sich auf die Mobilität übertragen. Die Methode eignet sich, um unterschiedliche Antriebstechnologien miteinander zu vergleichen. Dabei wird aus allen fixen und variablen Kosten ein jährlicher Durchschnittswert errechnet und dieser durch die jährliche Fahrleistung dividiert. Für die Berechnung der Levelized Costs of Mobility werden die Kosten einer Periode aufsummiert und auf den heutigen Zeitpunkt abdiskontiert. Das Vorgehen wird für jede Periode wiederholt und die Ergebnisse wiederum aufsummiert. Die gefahrenen Jahreskilometer

werden ebenfalls mit dem Faktor r diskontiert und das Ergebnis der einzelnen Perioden ebenfalls aufsummiert. Danach dividiert man die Kosten und die Kilometer. Dieses Verfahren basiert auf der Kapitalwertmethode, welche alle während der Laufzeit anfallenden Ein- und Auszahlungen auf einen Zeitpunkt umrechnet.

$$LCOM\ [{}^{EUR}/_{km}] = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{I_t + T_t + K_t + S_t + W_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{J_t}{(1+r)^t}}$$

LCOM Levelized Costs of Mobility:

I_t Anschaffungskosten in Periode t,

T_t Kfz Steuern in Periode t,

K_t Kraftstoff-/Stromkosten in Periode t,

S_t Schmiermittelkosten in Periode t,

W_t Instandhaltung und Wartungskosten in Periode t,

J_t Jahreslaufleistung in Periode t,

r Zinssatz und

t Periode.

Die LCOM werden in EUR/km angegeben und stellen die abdiskontierten Gesamtkosten im Verhältnis zu den abdiskontierten Fahrleistungen der gesamten Nutzungsdauer dar. Durch die Diskontierung werden sowohl die Gesamtkosten, als auch die Fahrleistung über die gesamte Nutzungsdauer auf einen gemeinsamen Bezugszeitpunkt be-

rechnet. Die Gesamtkosten setzen sich aus den Anschaffungskosten, Kfz Steuer, Kraftstoff- bzw. Stromkosten, Schmierstoffkosten und Instandhaltung und Wartung zusammen. Die gesamte Fahrleistung des Fahrzeugs entspricht den einzelnen Jahresfahrleistungen der acht Jahre Nutzungsdauer.

4.3.4 Darstellung der Ergebnisse

Zuerst wird eine Berechnung der Gesamtkosten mit zwei variierenden Größen durchgeführt. Ausgangspunkt ist der Anschaffungszeitpunkt im Jahr 2014 und eine Nutzungsdauer von acht Jahren. Es werden unterschiedliche Jahreslaufleistungen untersucht. Der Dieselpreis wird hierbei nicht als fix angesehen, sondern für jedes der acht Jahre eine entsprechende Preisentwicklung angenommen. Für die zweite Berechnung wird von einem Anschaffungszeitpunkt im Jahr 2020 ausgegangen. Danach folgen zwei Sensitivitätsanalysen, im Rahmen dessen der Einfluss der Batteriekosten und der Kraftstoffkosten auf die Gesamtkosten untersucht wird.

Bei den Berechnungen mit dem Anschaffungszeitpunkt im Jahr 2014 werden die Kosten für Kfz Steuer, für Schmierstoffe und für Wartung über alle betrachteten acht Jahre konstant gehalten. Die Kraftstoff- bzw. Stromkosten variieren jedes Jahr, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass diese über acht Jahre hinweg konstant bleiben. Um zu zeigen, ab wie vielen Kilometern im Jahr die Elektromobilität wirtschaftlicher ist als Fahrzeuge mit konventionellem Antrieb, werden acht unterschiedliche Jahreslaufleistungen betrachtet. Der Verlauf der LCOM wird über die gefahrenen Kilometer grafisch dargestellt.

	Diesel	Elektro	Hybrid
	3,5 t		
19500 [km/a]	67.781 €	138.699 €	77.604 €
25000 [km/a]	75.678 €	144.650 €	84.689 €
50000 [km/a]	111.572 €	171.700 €	116.894 €
75000 [km/a]	147.466 €	198.750 €	149.099 €
100000 [km/a]	183.360 €	225.800 €	181.304 €
125000 [km/a]	219.254 €	252.850 €	213.509 €
150000 [km/a]	255.148 €	279.900 €	245.714 €
	12 t		
19500 [km/a]	146.297 €	179.504 €	182.850 €
25000 [km/a]	168.022 €	189.744 €	202.192 €
50000 [km/a]	266.772 €	236.288 €	290.112 €
75000 [km/a]	365.522 €	282.831 €	378.032 €
100000 [km/a]	464.272 €	329.375 €	465.952 €
125000 [km/a]	563.022 €	375.919 €	553.872 €
150000 [km/a]	661.772 €	422.463 €	641.792 €
	18 t		
19500 [km/a]	293.992 €	401.350 €	350.742 €
25000 [km/a]	319.248 €	413.013 €	373.192 €
50000 [km/a]	434.048 €	466.025 €	475.236 €
75000 [km/a]	548.848 €	519.038 €	577.280 €
100000 [km/a]	663.648 €	572.050 €	679.324 €
125000 [km/a]	778.448 €	625.063 €	781.368 €
150000 [km/a]	893.248 €	678.075 €	883.412 €

Abbildung 4-43: Total Cost of Ownership der Antriebstechnologien in den drei betrachteten Fahrzeugklassen für unterschiedliche Jahreslaufleistungen für Anschaffungszeitpunkt 2014

Die Gesamtkostenberechnungen sind für die Antriebsarten Diesel-, Elektro- und Hybridfahrzeug mit unterschiedlichen Jahreslaufleistungen über acht Jahre hinweg für die oben genannten Fahrzeugklassen durchgeführt worden. Diese Ergebnisse sind für die Berechnung der LCOM verwendet worden. Die Gesamtkosten errechnen sich aus dem Anschaffungspreis im ersten Jahr plus die Betriebskosten der gesamten Nutzungsdauer (vgl. Abbildung 4-43). Sieht man von den Anschaffungskosten ab und betrachtet man nur die Betriebskosten, sind

die Elektrofahrzeuge, egal ob rein elektrische oder Hybridfahrzeuge, klar im Vorteil. Das liegt bei den reinen Elektrofahrzeugen einerseits an den Strompreisen und andererseits an dem besseren Wirkungsgrad, durch den der Verbrauch gering ist. Bei den Hybridfahrzeugen resultiert der niedrigere Kraftstoffverbrauch aus der Unterstützung des Verbrennungsmotors durch den Elektromotor. Die Instandhaltungs- und Wartungskosten fallen bei den Elektro- und Hybridfahrzeugen ebenfalls niedriger aus als bei den Dieselfahrzeugen. Der Grund hierfür ist, dass bei einem Elektroantrieb weniger bewegliche Teile verbaut werden und der Verschleiß geringer ist. Ein weiterer Vorteil der

	Diesel	Elektro	Hybrid
Anschaffungskosten	o	- - -	- -
Kfz Steuer	o	+ + +	o
Kraftstoff- bzw. Stromkosten	- -	+ + +	+
Schmierstoffkosten	o	+ + +	+
Wartungskosten	o	+ +	+

Abbildung 4-44: Bewertung der Antriebstechnologien anhand der Kostenblöcke

rein elektrischen Nutzfahrzeuge ist der Wegfall der Kfz Steuer. Je nach Fahrzeugklasse entfallen jährlich 223 EUR bis 556 EUR. In Abbildung 4-44 sind die Vorteile der Elektro- und Hybridfahrzeuge zusammengefasst.

Auf Grundlage der Total Cost of Ownership sind für jede Fahrzeugklasse die LCOM zu den jeweiligen Antriebstechnologien über unter-

schiedliche Jahreslaufleistungen errechnet worden. Nachfolgend werden die Ergebnisse vorgestellt und anhand von Grafiken veranschaulicht. Wie in der Grafik zu erkennen ist, sind bei der Fahrzeugklasse 3,5 t die LCOM eines reinen Elektrofahrzeugs im Vergleich zu einem Dieselfahrzeug bei geringer Jahreslaufleistung enorm hoch. Das liegt an den sehr hohen Anschaffungskosten, die sich erst nach einer bestimmten Laufleistung amortisieren können. Deshalb nähern sich die

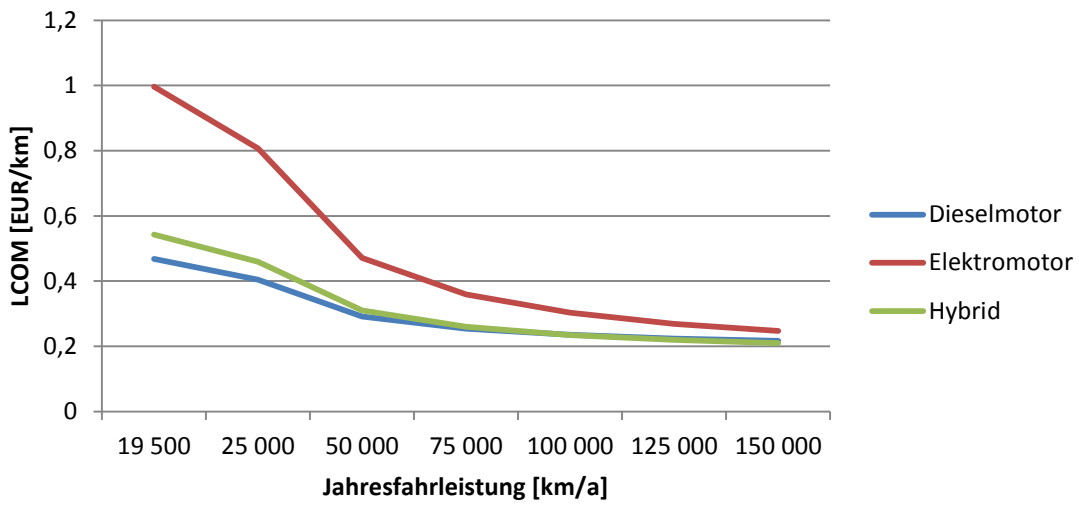


Abbildung 4-45: LCOM der 3,5-Tonnen-Nutzfahrzeuge über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2014

Kosten den LCOM eines Dieselfahrzeugs immer mehr an, je größer die Jahreslaufleistung wird. Bei der betrachteten maximalen Laufleistung von 150.000 km hat das reine Elektrofahrzeug dennoch einen höheren LCOM Wert als das Diesel-Referenzfahrzeug.Die Einsparungen bei den Betriebskosten, wie niedrigere Stromkosten oder Wegfall der Kfz Steuer, sind noch nicht ausreichend groß, dass sich der hohe Anschaffungspreis über eine Laufleistung von nur 150.000 km im Jahr amortisieren kann. Erst bei 255.000 km pro Jahr wird das Elektrofahr-

zeug theoretisch finanziell günstiger in der Nutzung als das Dieselfahrzeug. Unter der Annahme von 300 Werktagen pro Jahr, würde dies zu einer unrealistischen Tagesfahrleistung von 850 km führen. Die Kosten des Hybridfahrzeugs weichen nicht stark von den Kosten des Dieselfahrzeugs ab. Da das Hybridfahrzeug in der Anschaffung teurer ist als das Dieselfahrzeug, muss es bei den Betriebskosten punkten. Anders als bei dem Elektrofahrzeug entfällt die Kfz Steuer bei Hybridfahrzeugen nicht. Auch bei den Wartungskosten kann nur ein geringer Anteil eingespart werden. Das Einsparpotenzial der Hybridfahrzeuge liegt in der Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs. Deshalb wird das Hybridfahrzeug in der Nutzung günstiger, je mehr Kilometer gefahren werden. Wegen der hohen Anschaffungskosten macht sich dieser Vorteil in der Fahrzeugklasse 3,5 t jedoch erst ab einer Jahreslaufleistung von 99.000 km bemerkbar. Die 12 %

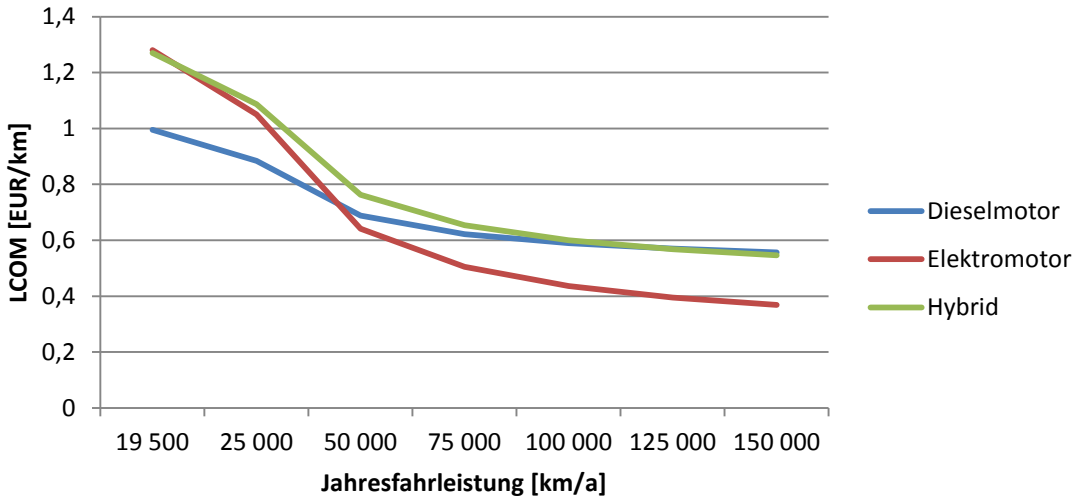


Abbildung 4-46: LCOM der 12-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2014

Kraftstoffeinsparung reichen noch nicht aus, um das Hybridfahrzeug bei einer geringeren Jahreslaufleistung wirtschaftlicher als ein Dieselfahrzeug zu betreiben. In der Fahrzeugklasse 12 t liegen die Kosten pro Kilometer der einzelnen Antriebstechnologien bereits bei einer geringen Laufleistung eng beieinander. Hauptursache für die hohen Gesamtkosten des 12-Tonnen-Dieselfahrzeugs sind die hohen Kraftstoffkosten. Bei einem Verbrauch von 25 l/100 km ist dieser Kostenblock bereits bei einer Jahreslaufleistung von 19.500 km enorm hoch. Diese Kosten sind bei dem reinen Elektrofahrzeug geringer, da die Strompreise nicht so hoch sind und gleichzeitig der Verbrauch viel geringer. Der Grund für die hohen Gesamtkosten sind in diesem Fall die hohen Anschaffungskosten im ersten Jahr. Die Einsparungen des Elektrofahrzeugs bei den Betriebskosten reichen jedoch noch nicht aus, um die hohen Anschaffungskosten zu amortisieren. Dies geschieht erst ab einer Jahresfahrleistung von 41.000 km. Bei dieser Jahreslaufleistung sinken die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs unter die des Dieselfahrzeugs. Unter der Annahme von 300 Werktagen pro Jahr entspricht dies einer Tagesfahrleistung von 137 km. Diese Strecke kann laut Hersteller mit einer Batterieladung zurückgelegt werden. Es entstehen somit während eines Arbeitstages keine Wartezeiten und Mehrkosten durch Ladevorgänge. Je mehr Kilometer im Jahr zurückgelegt werden, desto rentabler wird das reine Elektrofahrzeug. Der Grund dafür sind die niedrigeren Betriebskosten, insbesondere die niedrigen Stromkosten. Das Hybridfahrzeug ist wegen den hohen Anschaffungskosten bei einer geringen Jahresfahrleistung weit entfernt von den Nutzungskos-

ten des Dieselfahrzeugs. Die Vorteile der Hybridtechnologie werden erst, wie auch bei dem reinen Elektrofahrzeug, bei höheren Jahreslaufleistungen sichtbar. Die Betriebskosteneinsparungen eines Hybridfahrzeugs sind nicht so hoch wie bei einem reinen Elektrofahrzeug. Daher nähern sich die LCOM des Diesel- und des Hybridfahrzeugs nur langsam an. Bei einer Jahreslaufleistung von 125.000 km sind diese geringer als die des Dieselfahrzeugs. An die geringen LCOM des Elektrofahrzeugs reicht das Hybridfahrzeug allerdings nicht heran. Bei geringen Jahreslaufleistungen ist der Anschaffungspreis eines Hybridfahrzeugs zu hoch und die Einsparungen bei den Betriebskosten im Vergleich dazu zu gering. Wie auch schon bei den anderen Fahrzeugklassen wird auch der 18-Tonnen-Elektro-Lkw Im Vergleich erst ab einer höheren Jahreslaufleistung wirtschaftlich. Grund dafür sind die hohen Anschaffungskosten, denen bei niedriger Jahreslaufleistung zu geringe Kosteneinsparungen bei den Betriebskosten gegenüberstehen.

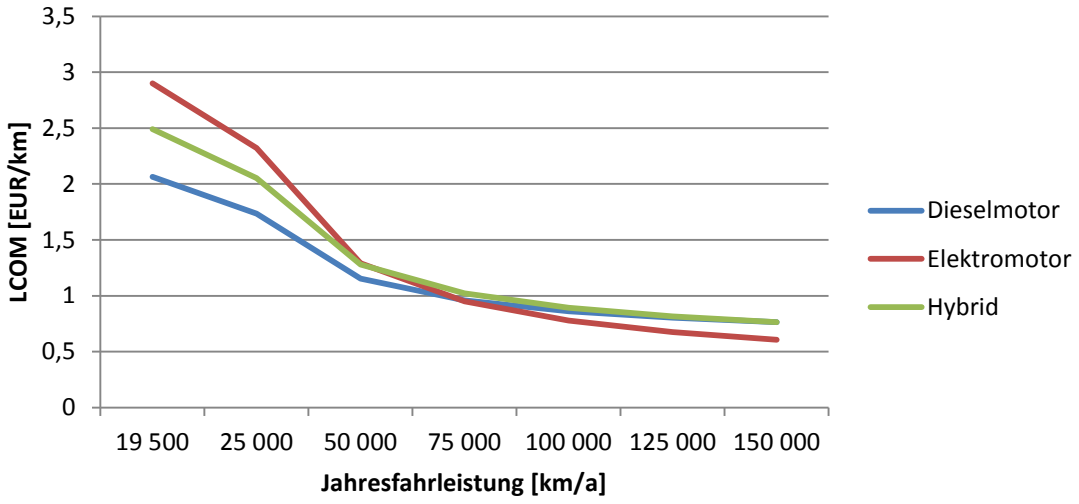


Abbildung 4-47: LCOM der 18-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2014

Ab 55.000 km sinken die Kosten des reinen Elektrofahrzeugs unter die des Hybrid-Lkw. Im Vergleich zu dem Dieselfahrzeug muss eine Jahresfahrleistung von 73.000 km erbracht werden, damit der Elektro-Lkw niedrigere LCOM aufweist als der Diesel-Lkw. Es müssten somit 243 km pro Tag zurückgelegt werden. Diese Strecke kann laut Hersteller mit einer Batterieladung gefahren werden. Dabei gilt es zu beachten, dass der Verbrauch auch von den Streckengegebenheiten abhängt. Wenn viele Steigungen überwunden werden müssen oder viele Autobahnabschnitte enthalten sind, erhöht sich der Verbrauch. Bei dem 18-Tonnen-Elektrofahrzeug lässt sich jedoch erkennen, dass diese durchaus eine Chance hat mit dem Dieselfahrzeug in Konkurrenz zu treten, wenn die Anschaffungskosten des Elektro-Lkw weiter gesenkt werden können. Der Verlauf der LCOM-Kurve des Hybridfahrzeugs zur LCOM-Kurve der Dieselvariante ist denen der Fahrzeugklassen 3,5 t und 12 t ähnlich. Je mehr Kilometer in einem Jahr zurückgelegt werden, desto näher kommen sich die LCOM des Hybrid- und die des Dieselfahrzeugs. Anfangs liegen die beiden Kurven weit auseinander, da die Anschaffungskosten des Hybrid-Lkw höher sind und die Kosteneinsparungen beim Kraftstoff bei geringen Jahresfahrleistungen noch nicht zum Tragen kommen. Erst bei einer Jahreslaufleistung von 152.000 km sinken die Kosten des Hybridfahrzeugs erstmals unter die des Dieselfahrzeugs. Das entspricht einer hohen Tagesfahrleistung von 507 km. Somit kann man sagen, dass zumindest zum heutigen Zeitpunkt das 18-Tonnen-Hybridfahrzeug noch nicht dazu geeignet ist, die Dieselvariante vom Markt zu verdrängen.

Die Berechnungen mit dem Anschaffungszeitpunkt 2020 sind analog zum Anschaffungszeitpunkt 2014 aufgebaut. Die Kosten für Kfz Steuer, Schmierstoffe und Wartung werden über acht Jahre konstant gehalten. Die Kraftstoff- und Stromkosten variieren wie auch schon in den oben vorgestellten Berechnungen von Jahr zu Jahr. Die Anschaffungskosten werden um die bis 2020 gesunkenen Batteriepreise reduziert. Um analysieren zu können, ab wie vielen Kilometern pro Jahr die Elektrofahrzeuge günstiger sind als Dieselfahrzeuge, werden auch bei diesen Berechnungen unterschiedliche Jahreslaufleistungen betrachtet und der Verlauf der Kosten über die Kilometer dargestellt. Da man davon ausgeht, dass die Batteriepreise in den kommenden Jahren sinken werden, soll diese Prognose in die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der Elektromobilität mit einbezogen werden. Deshalb wird erneut eine Total Cost of Ownership Rechnung durchgeführt, dieses Mal aber mit dem Anschaffungszeitpunkt 2020. Für dieses Szenario wird angenommen, dass die Batteriepreise im Jahr 2020 von 400 EUR/kWh auf 280 EUR/kWh gesunken sein werden. Es wird untersucht, wie sich die sinkenden Batteriepreise auf die LCOM der unterschiedlichen Antriebstechnologien und Fahrzeugklassen auswirken und ob im Jahr 2020 die Wirtschaftlichkeit bei niedrigeren Jahreslaufleistungen als im Vergleichsjahr 2014 eintritt. Die Anschaffungspreise der Dieselfahrzeuge bleiben unverändert und die Kraftstoff- und Strompreisentwicklung wird wie in den Jahren zuvor weitergeführt. Es werden weiterhin steigende Dieselpreise angenommen.

Da die Anschaffungskosten durch den Preisrückgang der Batterie sinken, sind die Gesamtkosten der reinen Elektrofahrzeuge bei niedriger Jahresfahrleistung geringer als im Szenario mit Anschaffungszeitpunkt 2014. Da angenommen wird, dass die Kraftstoffpreise weiter steigen, bleibt die LCOM Kurve bei einem Anschaffungszeitpunkt im Jahr 2020 nicht bei allen Jahresfahrleistungen unter der LCOM Kurve bei Anschaffungszeitpunkt 2014. Vor allem bei den Hybridfahrzeugen, bei denen ein Rückgang der Batteriepreise wegen der kleineren Batterie im Fahrzeug keine wesentlichen Auswirkungen auf die Gesamtkosten haben, ergeben sich durch die Dieselpreissteigerung im Jahr 2020 höhere Gesamtkosten. Die LCOM aller Fahrzeugklassen und Antriebstechnologien sind wie auch schon bei den Berechnungen mit Anschaffungszeitpunkt 2014 auf Basis der Total Cost of Ownership ermittelt worden. Für das reine Elektrofahrzeug der

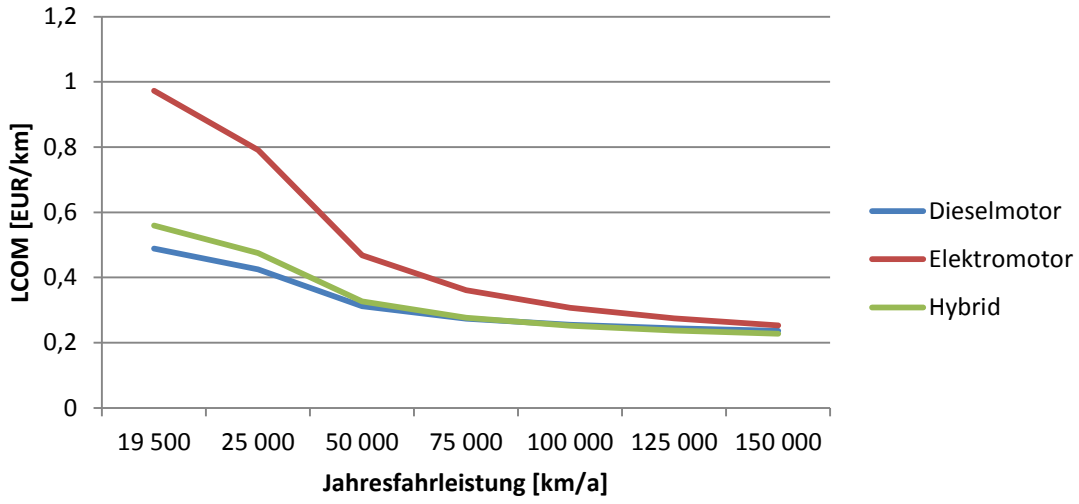


Abbildung 4-48: LCOM der 3,5-Tonnen-Nutzfahrzeuge über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2020

Gewichtsklasse 3,5 t ergeben sich durch die vorgenommenen Änderungen nur geringfügige Verbesserungen in dem LCOM Verlauf. In dieser Fahrzeugklasse bleiben die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs bei der maximal betrachteten Jahreslaufleistung von 150.000 km trotz gesunkener Batteriepreise über den LCOM des Dieselfahrzeugs. Der Anschaffungspreis des Elektrofahrzeugs ist immer noch zu hoch, umbei niedrigen Fahrleistungen rentabel zu sein. Allgemein lässt sich feststellen, dass der Kraftstoffverbrauch eines 3,5-Tonnen-Dieselfahrzeugs zu gering ist, als dass das reine Elektrofahrzeug durch seine niedrigen Stromkosten und sonstigen Einsparungen eine wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit erreichen könnte. Ein reines Elektrofahrzeug in der Gewichtsklasse 3,5 t weist nach wie vor einen zu hohen Kaufpreis auf. Geleichzeitig sinken die Betriebskosten nicht ausreichend, um diese hohen Kosten auszugleichen. Durch die Batteriepreissenkung kann das Hybridfahrzeug im Jahr 2020 bei einer Jahreslaufleistung ab 86 000 km/a kostengünstiger gefahren werden als das Dieselfahrzeug. Obwohl die Mindestjahreslaufleistung durch eine Batteriepreissenkung reduziert werden kann, sind die Tageskilometer, die das Fahrzeug zurücklegen müsste, immer noch enorm hoch. Bei 300 Werktagen im Jahr, an denen das Fahrzeug im Einsatz sein müsste, entspräche das einer Tageslaufleistung von 287 km.

In der 12 t Fahrzeugklasse ist das reine Elektrofahrzeug bereits im Szenario Anschaffungszeitpunkt 2014 ab einer Jahreslaufleistung von 41.000 km günstiger als das Dieselfahrzeug. Grund hierfür ist, dass durch den hohen Kraftstoffverbrauch des Dieselfahrzeugs die Kosten

schon bei niedriger Jahreslaufleistung enorm hoch sind und das Elektrofahrzeug mit seinen niedrigeren Stromkosten somit bereits bei einer geringen Kilometerzahl seine Vorteile ausspielen kann. Durch die angenommenen Batteriepreisreduzierungen im Jahr 2020 können die LCOM weiter gesenkt werden. Die LCOM des Elektrofahrzeugs sinken bereits bei einer Jahreslaufleistung von 25.000 km unter die des Dieselfahrzeugs. Das entspricht einer Tagesfahrleistung von 83 km. Diese Strecke kann laut Hersteller mit einer Batterieladung zurückgelegt werden.

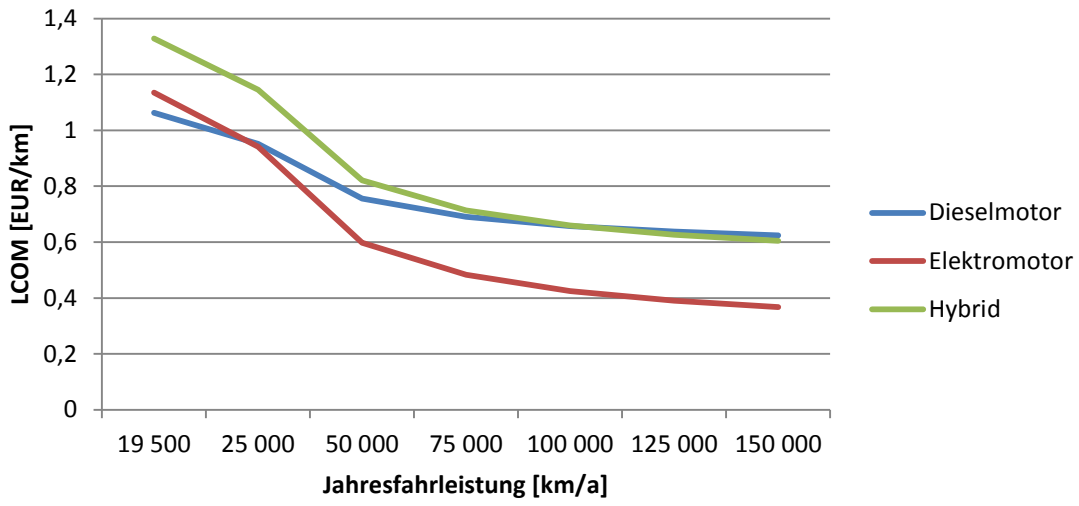


Abbildung 4-49: LCOM der 12-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2020

Wenn das Fahrzeug im Verteilerverkehr eingesetzt wird, ist eine zurückzulegende Tagesfahrleistung von 83 km durchaus realistisch. Das reine Elektrofahrzeug hat somit die Chance mit dem Dieselfahrzeug zu konkurrieren. Die Differenz der LCOM von Diesel- und Hybridfahrzeug wird im Anschaffungsjahr 2020 durch die Batteriepreissenkungen geringer. Dennoch ist das Hybridfahrzeug bei Jahresfahrleis-

tungen von 19.500 km bis 35.000 km deutlich teurer als das Dieselfahrzeug. Erst ab 35.000 km/a nähern sich die Kosten an. Bei 110.000 km/a liegen die LCOM des Hybridfahrzeugs unter denen des Dieselfahrzeugs. Das entspricht bei 300 Werktagen pro Jahr einer Tagesfahrleistung von 367 km. Durch eine angenommene Batteriepreissenkung von 120 EUR/kWh kann somit im Jahr 2020 die Mindestlaufleistung im Vergleich zu 2014 um 15.000 km reduziert werden. Geht man davon aus, dass die Batteriepreise weiter sinken werden, lohnt sich ein Hybridfahrzeug bei immer niedrigeren Jahreslaufleistungen.

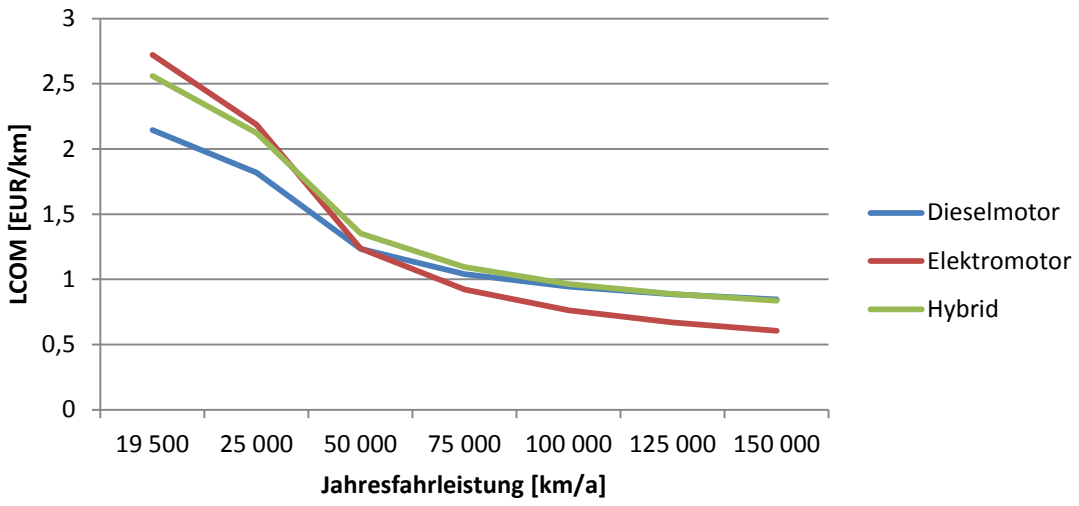


Abbildung 4-50: LCOM der 18-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2020

In der 18 t Fahrzeugklasse kann durch die angenommene Batteriepreissenkung bis 2020 die Differenz der LCOM von Elektro- und Dieselfahrzeug bei 19.500 km/a stark verringert werden. Danach nähern sich die LCOM der beiden Fahrzeuge schneller an als noch bei der Betrachtung mit Anschaffungszeitpunkt 2014. Bei einer Jahresfahrleistung von 55.000 km sind die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs

geringer als die des Vergleichsfahrzeugs mit herkömmlichem Antrieb. Das würde einer Tagesfahrleistung von 183 km entsprechen. Da bei dem betrachteten 18-Tonnen-Lkw von einer Reichweite von 300 km ausgegangen wird, kann die Tagesfahrleistung problemlos zurückgelegt werden, ohne dass die Batterie erneut geladen werden muss. Diese Berechnung mit reduzierten Anschaffungskosten lässt erkennen, dass ein 18-Tonnen-Elektrofahrzeug in Zukunft durchaus eine Alternative zu einem Dieselfahrzeug darstellen kann. Vergleicht man die Grafiken mit Anschaffungszeitpunkt 2014 und 2020 erkennt man, dass die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs stark gesunken sind, die LCOM des Hybridfahrzeugs hingegen bleiben fast unverändert. Das liegt daran, dass Batteriepreissenkungen bei einem Hybridfahrzeug wegen der geringeren Batteriegröße weniger stark ins Gewicht fallen im Vergleich zu reinen Elektrofahrzeugen. Die Kosten sind bei einem Anschaffungszeitpunkt im Jahr 2020 sogar höher als im Jahr 2014, da angenommen wird, dass die Dieselpreise steigen und die Batteriepreissenkung dem nicht vollkommen entgegenwirken kann. In der Fahrzeugklasse 18 t bleibt bei den betrachteten Jahreslaufleistungen somit im Vergleich Hybrid- und Dieselfahrzeug die Dieselvariante der Favorit. Die hohen Anschaffungskosten können über die Nutzungsdauer von acht Jahren nicht durch Einsparungen beim Kraftstoff kompensiert werden.

4.3.5 Sensitivitätsanalyse Batteriekosten

Um beurteilen zu können, ab welchen Batteriepreisen Elektro- und Hybridfahrzeuge günstiger in der Nutzung sind als Dieselfahrzeuge,

wird eine Sensitivitätsanalyse hinsichtlich der Batteriekosten durchgeführt. Dazu werden alle Variablen konstant gehalten und nur die Variable Batteriepreis wird verändert. Da die Kosten für das Batteriesystem ein Teil der Anschaffungskosten sind, werden diese dementsprechend reduziert. Für die Kostenblöcke Kfz Steuer, Schmierstoffkosten und Instandhaltung und Wartung werden die oben vorgestellten Größen über alle acht Jahre Nutzungsdauer verwendet. In dieser Berechnung variiert der Kraftstoff- und Strompreis der unterschiedlichen Jahre nicht, er wird als konstant über alle acht Jahre angesehen. Es werden die Werte von 2014 angenommen. Somit beträgt der Dieselpreis 1,45 EUR/l und der Strompreis 0,20 EUR/kWh. Die Jahreslaufleistung wird ebenfalls nicht variiert. Da davon ausgegangen wird, dass die Elektromobilität hauptsächlich im Verteilerverkehr zum Einsatz kommt und berücksichtigt werden muss, dass die Reichweite der reinen Elektrofahrzeuge begrenzt ist, orientiert sich die angenommene Jahreslaufleistung an diesen zwei Faktoren. In der Fahrzeugklasse 3,5 t wird von einer Jahreslaufleistung von 27.000 km ausgegangen, da sich dabei die Tagesfahrleistung mit der maximalen Reichweite deckt. In den Fahrzeugklassen 12 t und 18 t wird eine Jahreslaufleistung von 45.000 km angenommen. Da Batteriepreisänderungen keine Auswirkungen auf die Dieselfahrzeuge haben, verändern sich die LCOM der Fahrzeuge mit herkömmlichem Antrieb in dieser Berechnung nicht. Sie bleiben über alle Batteriepreise konstant. Nachfolgend werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse in Grafiken dargestellt.

In der Fahrzeugklasse 3,5 t wurde bereits festgestellt, dass die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs bei geringer Jahreslaufleistung um ein Vielfaches größer sind als die des Dieselfahrzeugs. Die LCOM des Elektrofahrzeugs sinken zwar bei geringeren Batteriekosten, sind jedoch immer noch weit entfernt von den Kosten pro Kilometer des Diesel- und des Hybridfahrzeugs. Dadurch dass das Dieselfahrzeug geringere Anschaffungskosten hat und durch den niedrigen Kraftstoffverbrauch sich die Kraftstoffkosten in Grenzen halten, kann das reine Elektrofahrzeug auch bei sinkenden Batteriepreisen nicht mit dem Dieselfahrzeug hinsichtlich eines eirtschaftlichen Einsatzes gleichgestellt werden.

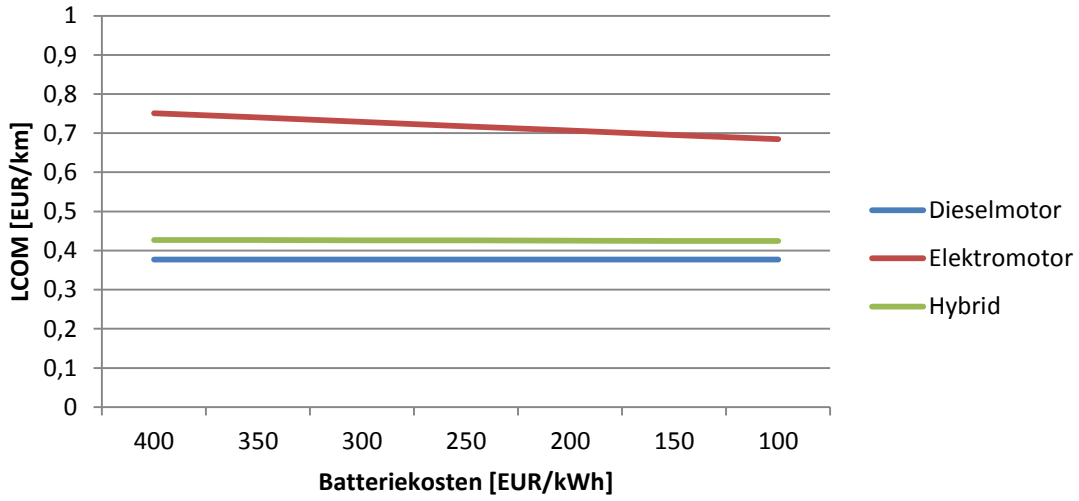


Abbildung 4-51: Einfluss variierender Batteriekosten auf die LCOM von Elektro- und Hybridfahrzeugen in der Fahrzeugklasse 3,5 t

Der Vorteil des reinen Elektrofahrzeugs kommt in dieser Fahrzeugklasse kaum zum Tragen. Da bei dem Hybridfahrzeug zur Unterstützung des Dieselmotors nur eine relativ kleine Batterie eingesetzt wird, ist der Einfluss der Batteriekosten auf die LCOM nur sehr gering. In

dem 3,5-Tonnen-Hybridfahrzeug wird eine Batterie mit 2 kWh verwendet. Der Kostenanteil der Batterie an den Anschaffungskosten ist deshalb nur sehr gering und die Auswirkungen von Batteriepreisänderungen sind lediglich minimal. Der Einfluss der Batteriekosten ist zu gering, als dass die LCOM des Hybridfahrzeugs bei den hier betrachteten Variablen unter die des Dieselfahrzeugs fallen würden. Bei einer Jahreslaufleistung von 45.000 km sind die LCOM des reinen 12-Tonnen-Elektrofahrzeugs bei aktuellen Batteriekosten von 400 EUR/kWh noch leicht über denen des Dieselfahrzeugs.

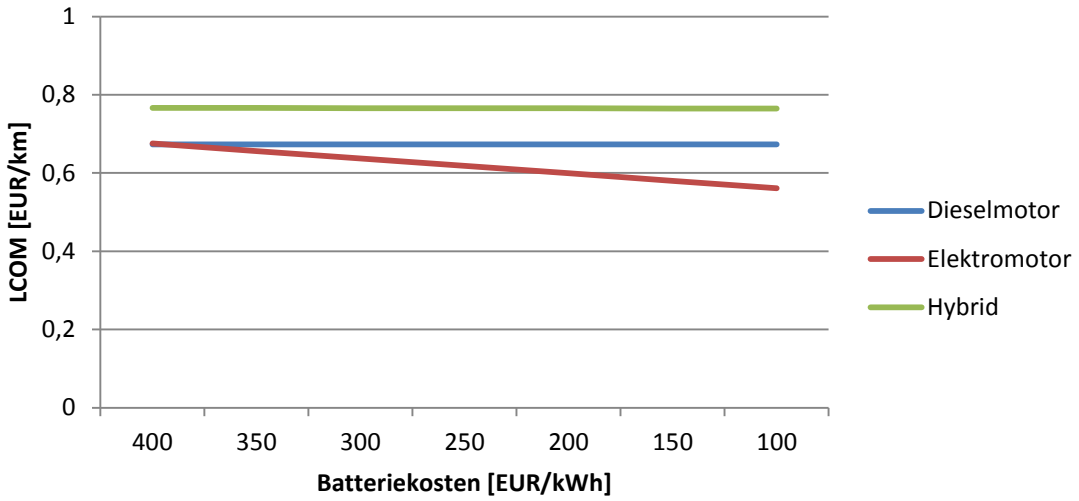


Abbildung 4-52: Einfluss variierender Batteriekosten auf die LCOM von Elektro- und Hybridfahrzeugen in der Fahrzeugklasse 12 t

Sinken die Batteriepreise jedoch auf 350 EUR/kWh fallen die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs bereits geringer aus als die des Dieselfahrzeugs. In dieser Fahrzeugklasse wird eine Batterie mit 120 kWh verwendet und somit ist der Anteil der Batteriekosten an den Anschaffungskosten dementsprechend groß. Die Kosten im Anschaffungsjahr sind bei dem Elektrofahrzeug durch den hohen Kaufpreis enorm hoch.

Diese können jedoch während der Nutzungsdauer durch die niedrigen Betriebskosten amortisiert werden, sodass eine geringe Preissenkung der Batteriekosten ausreicht, um die Kosten pro Kilometer des Dieselfahrzeugs zu unterbieten. Die Veränderung der LCOM bei den Hybridfahrzeugen in der Fahrzeugklasse 12 t über die unterschiedlichen Batteriekosten ist wie auch schon bei den 3,5-Tonnen-Fahrzeugen kaum festzustellen. Bei aktuellen Batteriekosten von 400 EUR/kWh liegen die LCOM des 12-Tonnen-Hybridfahrzeugs weit über denen des Dieselfahrzeugs. Alleine durch eine Reduzierung der Batteriekosten können die LCOM eines Hybridfahrzeugs mit einer Jahreslaufleistung von 45.000 km nicht unter die eines Dieselfahrzeugs sinken.

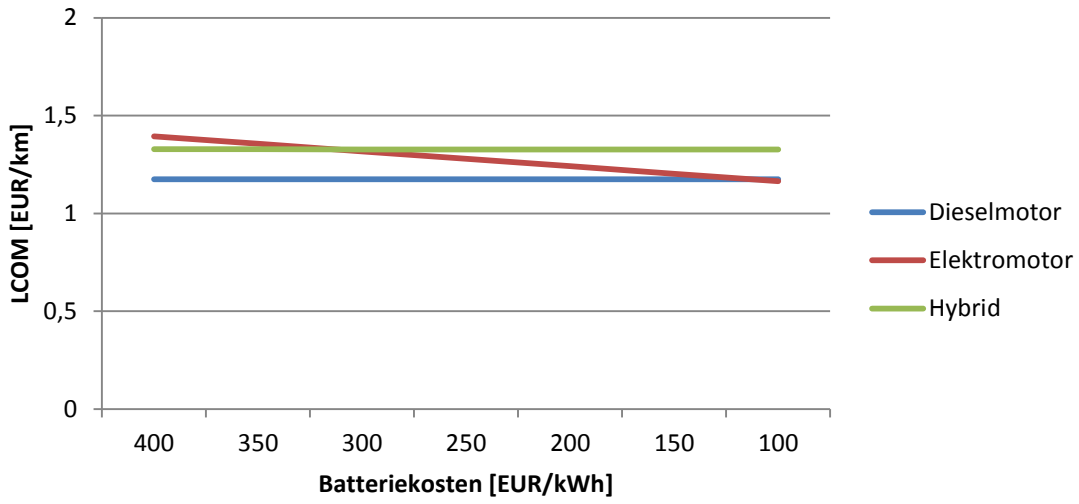


Abbildung 4-53: Einfluss variierender Batteriekosten auf die LCOM von Elektro- und Hybridfahrzeugen in der Fahrzeugklasse 18 t

In der Fahrzeugklasse 18 t liegen die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs und des Dieselfahrzeugs bei aktuellen Batteriekosten von 400 EUR/kWh noch weit auseinander. Da in dem 18-Tonnen-Elektro-Lkw jedoch eine Batterie mit 240 kWh verbaut ist, ist der Batteriekos-

tenanteil hoch und die LCOM sinken schnell bei einem Rückgang der Batteriepreise. Bei Batteriekosten von 300 EUR/kWh sind die LCOM des reinen Elektrofahrzeugs bereits geringer als die des Hybridfahrzeugs. Auch in dieser Fahrzeugklasse kann das reine Elektrofahrzeug durch niedrige Betriebskosten punkten. Die anfangs aber fast doppelt so hohen Anschaffungskosten wie bei einem Dieselfahrzeug müssen sich über die Jahre amortisieren können. Bei Batteriekosten von 100 EUR/kWh können die Kosten so weit gesenkt werden, dass der Preis pro Kilometer des Elektrofahrzeugs unter den des Dieselfahrzeugs fällt. Dadurch dass in allen betrachteten Fahrzeugklassen keine Full-Hybride zur Berechnung herangezogen werden, ist die Batterie, die in den Hybridfahrzeugen zum Einsatz kommt, um einiges kleiner als bei den reinen Elektrofahrzeugen. Deshalb haben die Batteriekosten nur einen sehr geringen Anteil an den Gesamtkosten des Hybridfahrzeugs. Das spiegelt sich auch in der Sensitivitätsanalyse Batteriekosten wider. Sinkende Batteriepreise lassen die LCOM des Hybridfahrzeugs nur minimal sinken. Alleine durch eine Reduzierung des Batteriepreises pro Kilo-Watt-Stunde können die LCOM eines 18-Tonnen-Hybridfahrzeugs nicht unter die eines Dieselfahrzeugs sinken.

4.3.6 Sensitivitätsanalyse Kraftstoffkosten

Damit der Einfluss der Kraftstoffkosten auf die Wirtschaftlichkeit dargestellt werden kann, wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Variablen Anschaffungskosten, Kfz Steuer, Schmierstoffkosten, Instandhaltung und Wartung und Jahreslaufleistung werden dazu über

die gesamte Nutzungsdauer konstant gehalten. Wie bei der Sensitivitätsanalyse Batteriekosten wird für die Fahrzeugklasse 3,5 t eine Jahreslaufleistung von 27.000 km vorausgesetzt. Für die Berechnungen der 12- und 18-Tonnen-Fahrzeuge wird eine Jahreslaufleistung von 45.000 km angenommen. In der Sensitivitätsanalyse soll untersucht werden, wie sich der Dieselpreis entwickeln müsste, damit Elektrofahrzeuge günstiger genutzt werden können als Fahrzeuge mit herkömmlichem Antrieb. Um den Einfluss des Dieselpreises analysieren

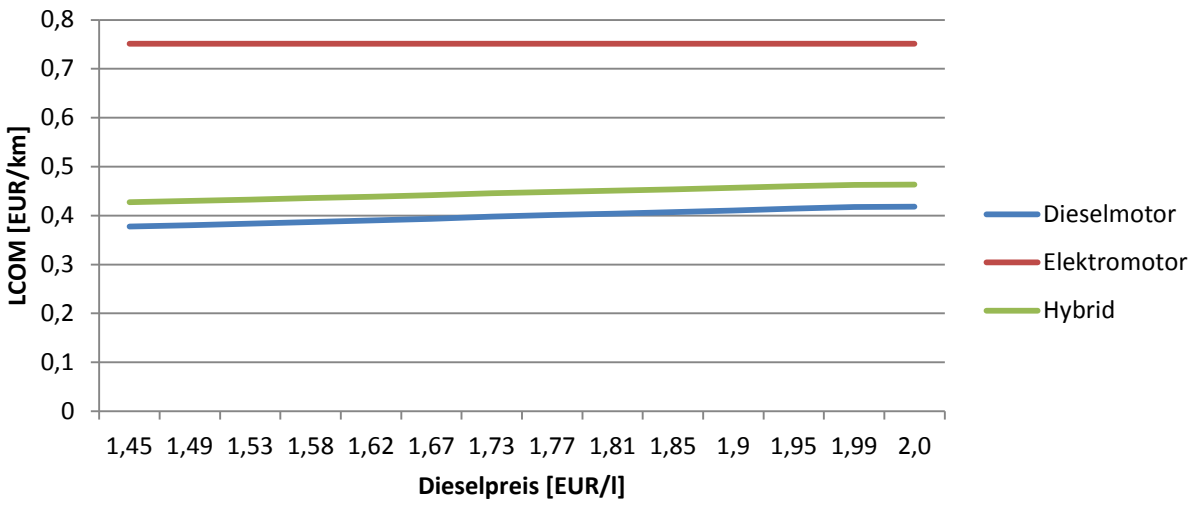


Abbildung 4-54: Einfluss variierender Dieselpreise auf die LCOM der Antriebstechnologien in der Fahrzeugklasse 3,5 t

zu können, wird der Strompreis über alle acht Nutzungsjahre konstant bei 0,2 EUR/kWh gehalten und nur der Dieselpreis variiert. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Berechnungen aller Fahrzeugklassen in Grafiken dargestellt und erläutert. Durch die hohen Anschaffungskosten des reinen Elektrofahrzeugs liegen die LCOM des Diesel- und des Elektrofahrzeugs weit auseinander. Der Kaufpreis des reinen Elektrofahrzeugs ist dreimal so hoch wie der des Dieselfahrzeugs.

Diese enormen Kosten im ersten Jahr können sich nicht über die Nutzungsdauer von acht Jahren amortisieren. Die LCOM Kurve des Dieselfahrzeugs steigt zwar durch die immer höher werdenden Dieselpreise an, schneidet jedoch in dieser Betrachtung die LCOM Kurve des Elektrofahrzeugs nicht. Der Kraftstoffverbrauch des Dieselfahrzeugs ist mit 7,4 l/100 km zu gering, als dass sich Dieselpreissteigerungen auf die LCOM entsprechend auswirken. Die Anschaffungskosten des Elektrofahrzeugs sind zu hoch und die Einsparungen bei den Betriebskosten zu gering, als dass sich die Elektromobilität in dieser Fahrzeugklasse zur Zeit wirtschaftlich betreiben lassen würde. Erst ab einem derzeit noch sehr unrealistischen Dieselpreis von 7 EUR/l kann bei den gegebenen Variablen die LCOM Kurve des reinen Elektrofahrzeugs unter die des Dieselfahrzeugs sinken. Wie die LCOM Kurve des Dieselfahrzeugs steigt auch die des Hybridfahrzeugs bei zunehmenden Dieselpreisen. In der Grafik nicht zu erkennen, ist, dass die

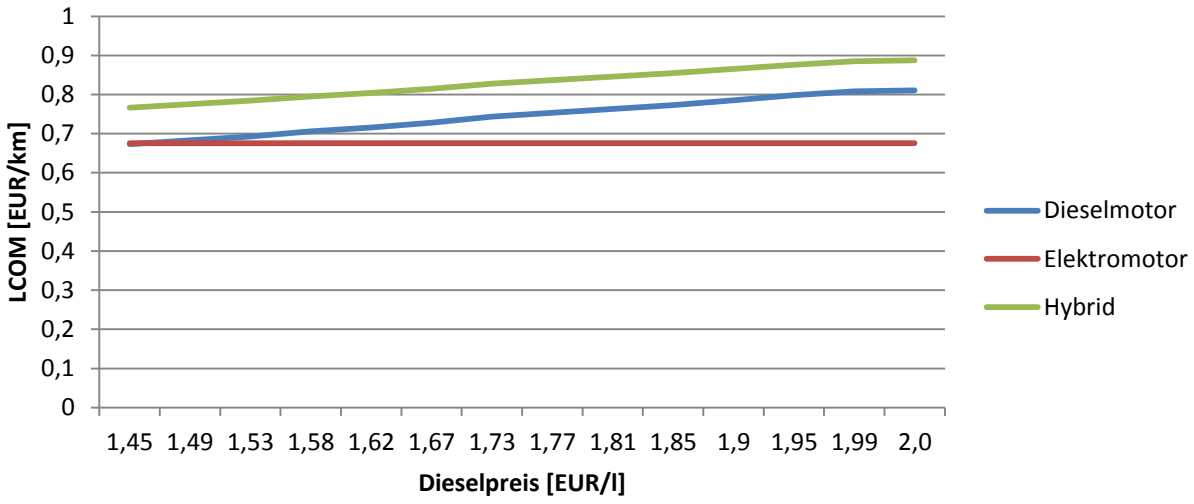


Abbildung 4-55: Einfluss variierender Dieselpreise auf die LCOM der Antriebstechnologien in der Fahrzeugklasse 12 t

LCOM Kurve des Hybridfahrzeugs nicht ganz so steil ansteigt, wie die des Dieselfahrzeugs. Eine Dieselpreissteigerung um 38 % führt bei den übrigen gegebenen Variablen dennoch nicht dazu, dass das Hybridfahrzeug niedrigere LCOM hat als das Dieselfahrzeug. Die hier betrachtete Jahreslaufleistung von 27.000 km ist zu gering, als dass die Fahrzeuge mit Elektromotor, sei es rein elektrisch oder als Hybrid, an die niedrigen LCOM des Dieselfahrzeugs herankommen würden.

Wenn man das Hybridfahrzeug mit dem Diesel-Lkw vergleicht, müsste der Dieselpreis auf 7,5 EUR/l steigen, damit die LCOM des Hybridfahrzeugs unter die des Dieselfahrzeugs sinken würden. In Abbildung 5.12 ist zu erkennen, dass die LCOM Kurven der betrachteten Antriebstechnologien in der Fahrzeugklasse 12 t bereits bei niedrigeren Dieselpreisen eng beieinander liegen. Bei einem Dieselpreis von 1,45 EUR/l sind die Kosten pro Kilometer des Dieselfahrzeugs noch minimal geringer als die des reinen Elektrofahrzeugs. Durch eine geringfügige Dieselpreissteigerung auf 1,49 EUR/l sind die LCOM des Elektrofahrzeugs bereits kleiner als die des Diesel-Lkw. Auch in dieser Fahrzeugklasse ist der Kaufpreis eines Elektro-Lkw enorm hoch im Vergleich zu einem Dieselmotor. Bei einer Jahreslaufleistung von 45.000 km können diese hohen Kosten des ersten Jahres jedoch durch die niedrigen Betriebskosten amortisiert werden. Die hier betrachteten 150 km pro Tag kann das reine Elektrofahrzeug laut Hersteller mit einer Batterieladung zurücklegen. Es entstehen somit keine Einschränkungen durch den Elektroantrieb. Die LCOM des Hybridfahrzeugs liegen wegen des höheren Anschaffungspreises über denen des Diesel-

fahrzeugs. Der Anstieg der LCOM Kurve bei steigenden Kraftstoffpreisen ist dabei aber nicht so stark wie bei Dieselfahrzeugen. Grund dafür ist der geringere Kraftstoffverbrauch des Hybridfahrzeugs. Dieser und die Einsparungen bei Instandhaltung und Wartung reichen aber nicht aus, um die Kosten pro Kilometer des Hybridfahrzeugs unter die des Dieselfahrzeugs fallen zu lassen. Bei den betrachteten Variablen wäre das erst der Fall, wenn der Dieselpreis auf 5 EUR/l steigt.

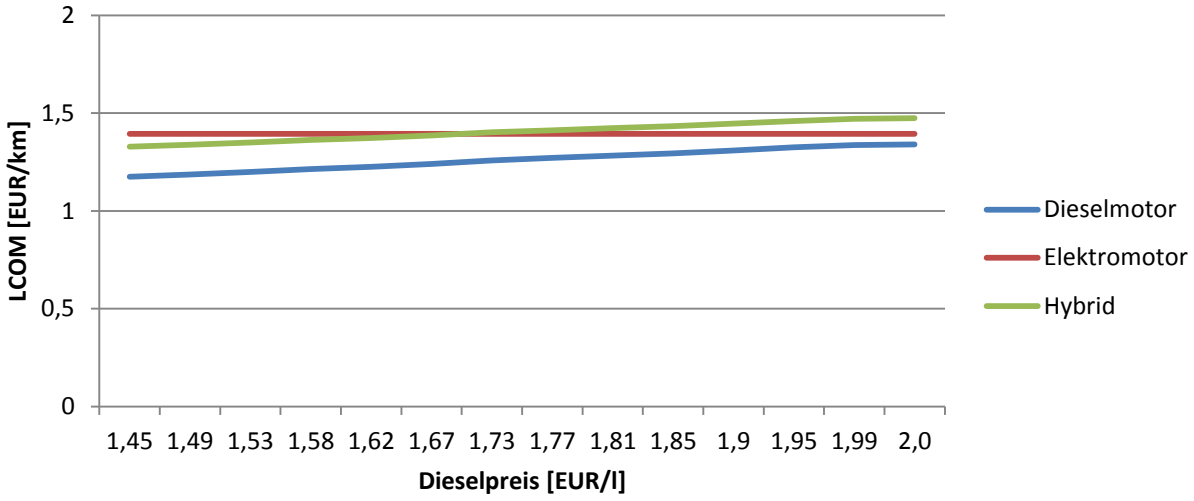


Abbildung 4-56: Einfluss variierender Dieselpreise auf die LCOM der Antriebstechnologien in der Fahrzeugklasse 18 t

Obwohl der Anschaffungspreis des reinen 18-Tonnen-Elektrofahrzeugs um 35 % höher ist als der des Hybrid-Lkw, liegen die beiden LCOM Kurven bei einem aktuellen Dieselpreis von 1,45 EUR/l bereits eng zusammen. Das Hybridfahrzeug und der Elektro-Lkw sind hinsichtlich der Gesamtkosten nahezu gleich auf. Durch eine Dieselpreissteigerung erhöhen sich die LCOM des Hybridfahrzeugs und steigen bei einem Literpreis von 1,73 EUR über die des Elektrofahrzeugs. Im Vergleich mit dem Diesel-Lkw liegen die

LCOM des Elektrofahrzeugs trotz der Einsparungen bei Stromkosten, Steuer und Wartung deutlich höher. Ausschlaggebend dafür ist der niedrige Anschaffungspreis des Dieselfahrzeugs. Durch eine Kraftstoffkostenerhöhung steigen die LCOM des Lkw mit herkömmlichem Antrieb an und liegen bei einem Dieselpreis von 2,2 EUR/l über den LCOM des reinen Elektrofahrzeugs. Das 18-Tonnen-Hybridfahrzeug hat wegen dem größeren Anschaffungspreis und nur geringfügig niedrigeren Betriebskosten höhere Kosten pro Kilometer als das Dieselfahrzeug. Der höhere Anschaffungspreis resultiert aus dem zusätzlichen Elektroantrieb. Die Kraftstoffeinsparungen, die durch den Hybridantrieb erreicht werden können, reichen nicht aus, um die Mehrkosten der Anschaffung über die Nutzungsdauer auszugleichen. Dadurch dass die LCOM Kurve des Hybridfahrzeugs nicht ganz so steil ansteigt wie die des Dieselfahrzeugs, schneiden sich die Kurven bei einem bestimmten Dieselpreis. Das ist aber erst der Fall, wenn der Kraftstoffpreis bei 5,8 EUR/l liegt. Die Einsparungen, die man mit einem Hybridfahrzeug erzielen kann, sind zu gering, als dass der hohe Anschaffungspreis ausgeglichen werden könnte.

4.4 Anforderungsanalyse und Prognose der Diffusionsgeschwindigkeiten der E-Mobility

Zur Validierung und Bewertung der literatur- und expertengesprächbasierten Gestaltungsansätze und Anforderungen wurde eine Umfrage unter Logistikdienstleistern erhoben. Insgesamt wurden 500 elektronische Einladungen zur Online-Umfrage an Logistikdienstleister ver-

schickt. Die Adressen sind der Hoppenstedt Firmendatenbank für Hochschulen entnommen. Die Auswahl der Unternehmen erfolgt zufällig aus den Wirtschaftszweigen H49.41 (Güterbeförderung im Straßenverkehr) und H53 (Post-, Kurier- und Expressdienste) nach der Definition des Statistischen Bundesamtes (2008) unter der Bedingung, dass es sich bei den ausgewählten Unternehmen um Logistikdienstleister handelt.

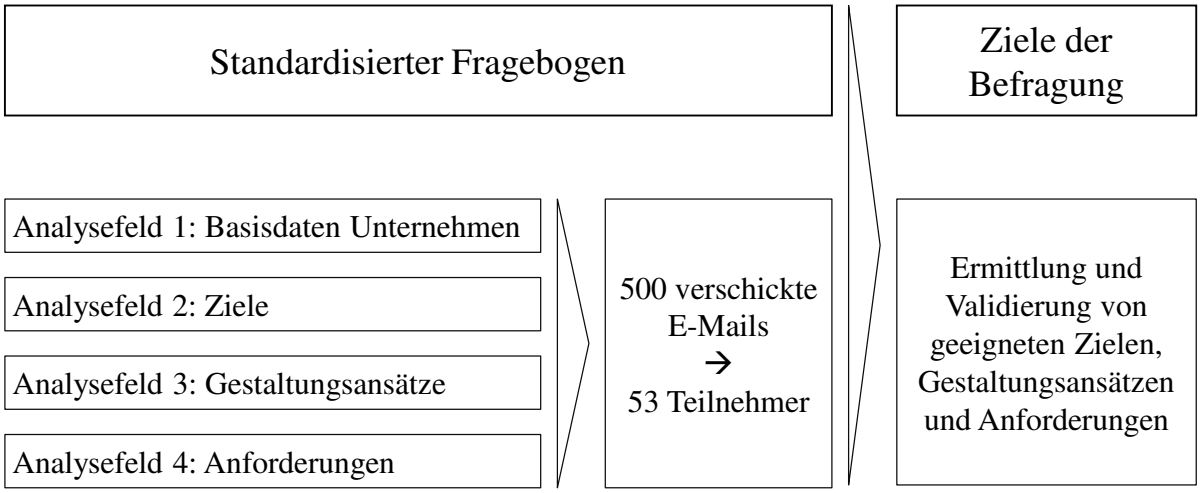


Abbildung 4-57: Fragebogenaufbau und Ziele der Befragung

Insgesamt haben 53 Empfänger an der Umfrage teilgenommen, was einer Rücklaufquote von 11 % entspricht. Die Umfrage ist in vier Abschnitte unterteilt. Im ersten Abschnitt werden verschiedene Basisdaten zum Unternehmen abgefragt, um die Ergebnisse einordnen zu können. Im darauffolgenden Abschnitt wird nach den Zielen, die mit der Einführung von E-Mobility verfolgt werden, gefragt. Im dritten Abschnitt wird die Bedeutung, die den unterschiedlicher Gestaltungsansätzen beigemessen wird, erhoben und im letzten Abschnitt werden die Bedeutung und der aktuelle Stand der Erfüllung der definierten Anforderungen an E-Mobility erfragt. Die Umfrage wurde überwie-

gend von kleinen und mittleren Unternehmen ausgefüllt. So sind 84 % der teilnehmenden Logistikdienstleister Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitern.

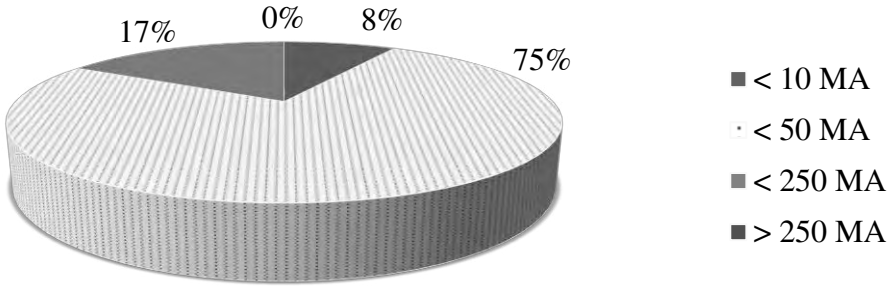


Abbildung 4-58: Mitarbeiterzahl der befragten Logistikdienstleister

Von den befragten Teilnehmern machen zwei Drittel einen Umsatz von weniger als 10 Mio. EUR im Jahr. Etwa 22 % geben einen Jahresumsatz von weniger als 2 Mio. EUR an, während 11 % der Teilnehmer einen Umsatz von weniger als 50 Mio. EUR angibt. Dies kor-

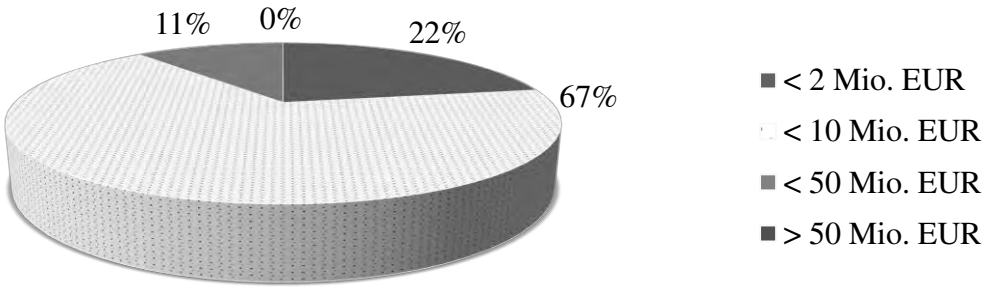


Abbildung 4-59: Jahresumsatz der befragten Logistikdienstleister

respondiert mit der Anzahl der Mitarbeiter, da es auch hier kein Unternehmen gibt, welches deutlich über 250 Mitarbeiter liegt und einen Jahresumsatz von über 50 Mio. EUR im Jahr realisiert. Sämtliche Teilnehmer gehören damit kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) an. Bei den logistischen Aufgabenfeldern sind Mehr-

fachnennungen erlaubt, da ein Logistikdienstleister mehrere Aufgabenfelder abdecken kann. Auffällig ist, dass die meisten Logistikdienstleister in der Vertriebs- und Beschaffungslogistik tätig sind (s. Abbildung 4-60). Acht Teilnehmer gaben zudem an, in der City-Logistik tätig zu sein.

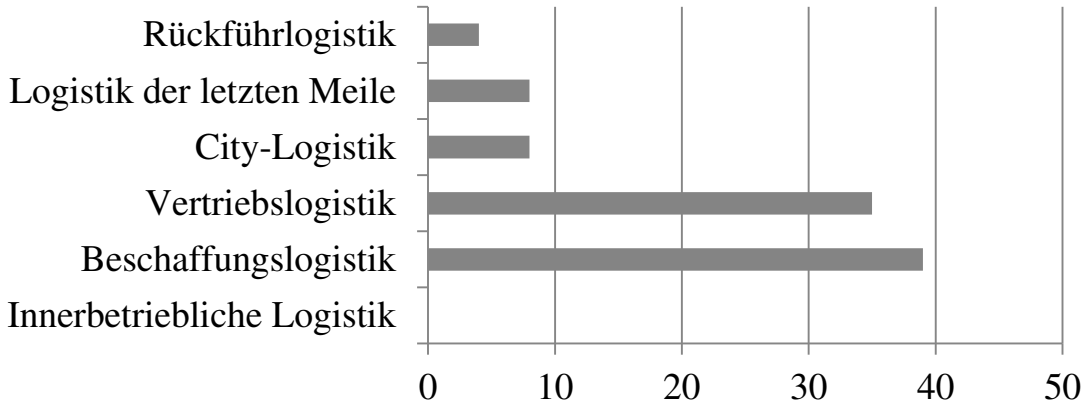


Abbildung 4-60: Aufgabenfelder der befragten Logistikdienstleister

In beiden Fällen wurde jedoch auch angegeben, dass das Unternehmen in den Bereichen der Vertriebs- und Beschaffungslogistik tätig ist. Den Angaben zufolge sind acht Teilnehmer in den Bereichen der Logistik der letzten Meile und keiner in der innerbetrieblichen Logistik tätig. Das Fehlen eines Unternehmens aus der Intralogistik hängt mit

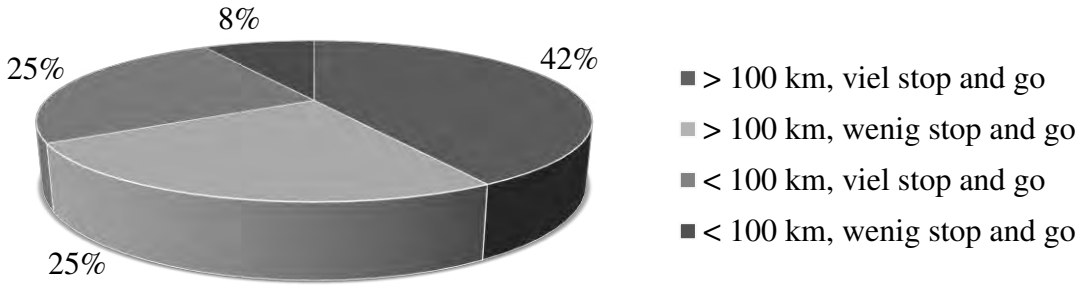


Abbildung 4-61: Routen der befragten Logistikdienstleister

der Auswahl der Umfrageteilnehmer zusammen. Da in der Intralogistik andere Randbedingungen existieren, liegt auch der Fokus auf den anderen Logistikbereichen. Der überwiegende Teil, genauer zwei Drittel der Logistikdienstleister, fährt Routen mit einer Strecke von über 100 km (vgl. Abbildung 4-61) die meisten davon mit häufigen „Stop and Go" Situationen. Ist das Reichweitenkriterium von über 100 km nicht erfüllt, fällt bereits ein Großteil der Logistikdienstleister als potentielle Kunden weg. Mehr als 80 % der Logistikdienstleister geben an, dass die transportierten Güter ein eher hohes Gewicht haben. Davon geben jedoch 60 % an, dass die Güter ein eher geringes Volumen haben. Daraus lässt sich ableiten, dass potenziell eher die erforderliche Leistung des Antriebs als der verfügbare Laderaum ein wichtiges Kriterium darstellt.

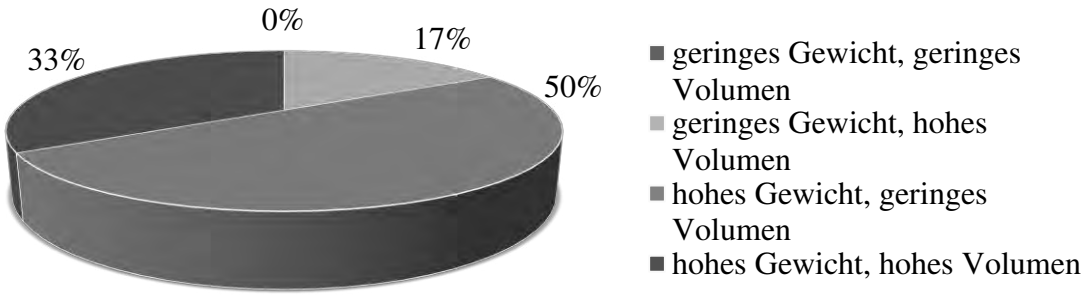


Abbildung 4-62: Güterart der befragten Logistikdienstleister

Mehr als 59 % der Teilnehmer geben an, dass die Standzeiten ihrer Flotte als unregelmäßig und lang zu charakterisieren ist. Dagegen sagen 42 % der Teilnehmer, dass die Standzeiten eher kurz sind. Jedoch ist auch hier eine Mehrheit von 80 % der Meinung, dass die Standzeiten unregelmäßig sind.

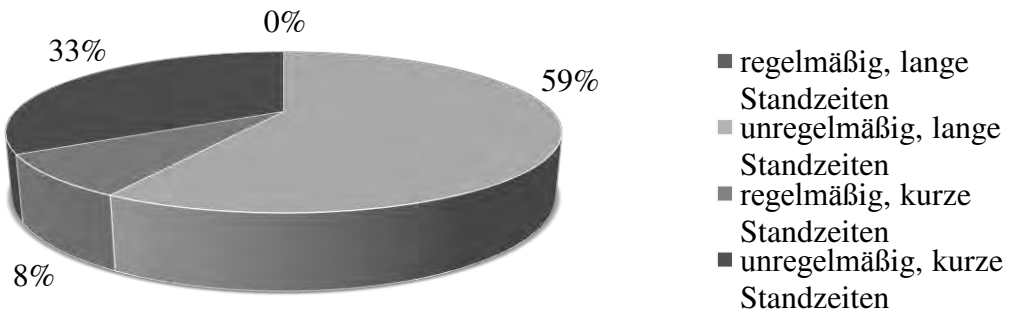


Abbildung 4-63: Standzeiten der befragten Logistikdienstleister

Dies hat z. B. Auswirkungen auf die Planung der Ladezeiten, die durch unregelmäßige Standzeiten erschwert wird. Lange Standzeiten bieten dafür gute Möglichkeiten, die Batterien zu laden. Regelmäßig lange Standzeiten werden von keinem der teilnehmenden Befragten angegeben.

4.4.1 Zielsetzung bei der Einführung von E-Mobility

Jeder Stakeholder hat eine spezifische Motivation und Vision bei der Einführung eines Elektromobilitätskonzeptes. Mögliche Ziele die mit der Einführung von E-Mobility verfolgt werden könnten, sind aus der Sicht des Logistikdienstleisters Effektivitätssteigerungen oder eine Erhöhung der Energieproduktivität, um für den Wettbewerb besser aufgestellt zu sein. Der Kunde dagegen kann sich eine Verbesserung der Nachhaltigkeit durch den Einsatz von Elektrofahrzeugen wünschen, was den Logistikdienstleister dazu veranlasst zur Aufwertung seines Images Elektrofahrzeuge anzuschaffen. Außerdem hat der Gesetzgeber zur Abwendung des Klimawandels strengere Richtlinien für den CO_2-Ausstoß erlassen, wodurch die Fahrzeughersteller dazu gezwungen sind, in neue Technologien zu investieren. Die Einzelziele der Stakeholder lassen sich aus Sicht des Logistikdienstleisters zu den

vier Zielen „Erhöhung der Produktivität“, „Reduzierung von CO_2-Emissionen”, „Einhaltung von gesetzlichen Auflagen” und „Aufwertung des Images” zusammenfassen (vgl. Abbildung 4-64).

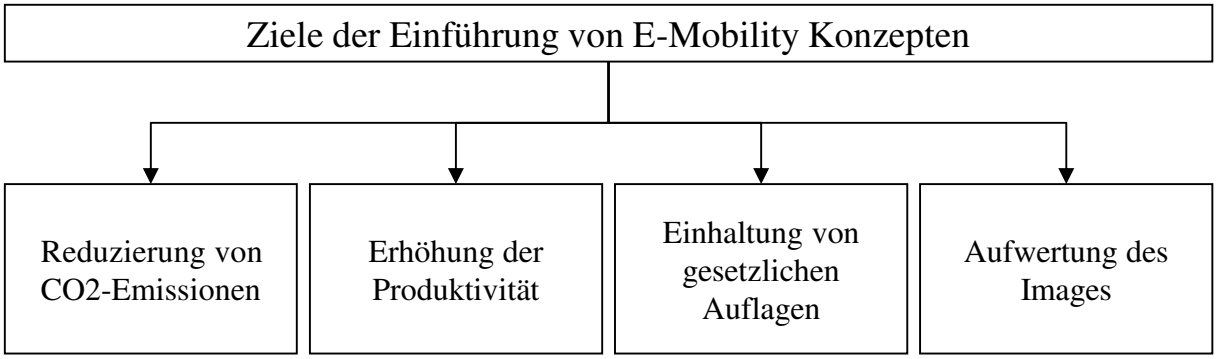


Abbildung 4-64: Definierte Ziele bei der Einführung von E-Mobility

Die Einschätzung der Ziele wurde mittels der Befragung validiert. Auf einer Skala von eins (trifft nicht zu) bis fünf (trifft voll zu) haben die Teilnehmer der Umfrage bewertet, welche Ziele sie bei der Einführung von E-Mobility in ihrem Unternehmen vorrangig verfolgen würden. Es zeigt sich, dass die Ziele Reduzierung des CO_2 Ausstoßes, Einhaltung von gesetzlichen Auflagen, Erhöhung der Produktivität sowie die Aufwertung des Images als relevant wahrgenommen werden. Besonders sticht jedoch das Ziel „Aufwertung des Images“ heraus, das die höchste Zustimmung mit obendrein der geringsten Varianz erfährt (vgl. Abbildung 4-65). Knapp dahinter folgen die Ziele „Reduzierung des CO_2-Ausstoßes” und „Einhaltung von gesetzlichen Auflagen”, die beide als ähnlich relevant betrachtet werden. Jedoch streuen die Angaben zum Ziel „Einhaltung von gesetzlichen Auflagen” stärker als bei den anderen Zielen. Dieses Ziel wird von Logistikdienstleistern sehr unterschiedlich bewertet. Die geringste Zu-

stimmung erfährt das Ziel der „Erhöhung der Produktivität". Obwohl die Forderung nach einer möglichst hohen Produktivität eines der

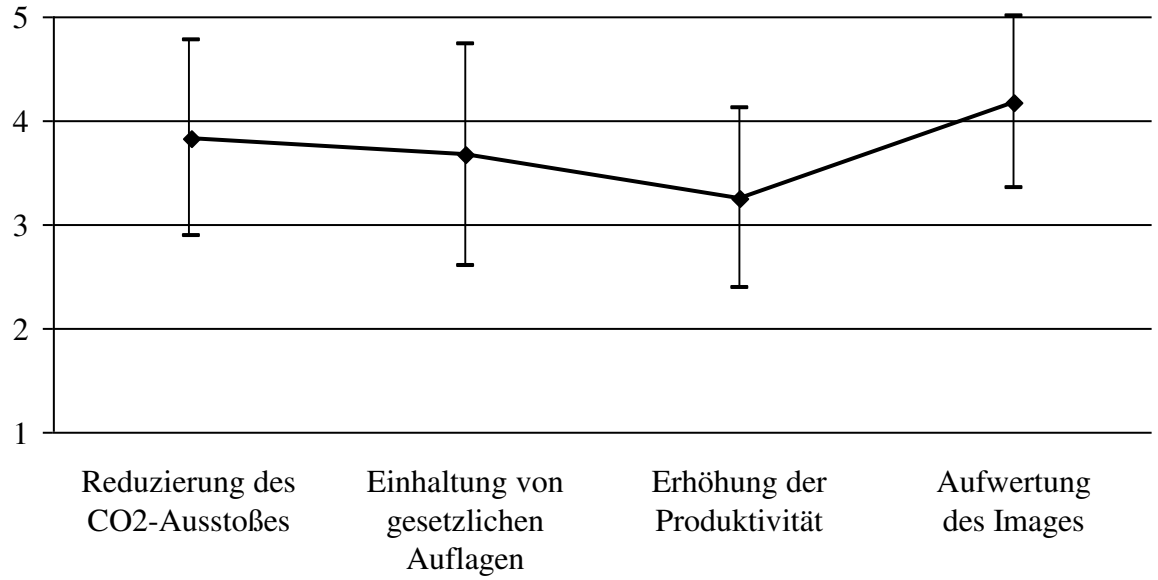


Abbildung 4-65: Bedeutung der Ziele bei der Einführung von E-Mobility

wichtigsten Unternehmensziele darstellt, scheint es bzgl. der Einführung von E-Mobility eine geringere Rolle zu spielen. Unterstützt wird diese These durch die im Vergleich zu den anderen Zielen eher kleine Varianz. Ein Grund für die eher geringe Bedeutung der Produktivitätssteigerung könnte sein, dass die Einführung von E-Mobility in den Augen der Logistikdienstleister erst einmal mit deutlichen Mehrkosten verbunden ist und Potenziale zur Steigerung der Energieproduktivität noch nicht unmittelbar erkennbar sind.

4.4.2 Relevanz der Gestaltungsansätze bei der Einführung von E-Mobility

Die hier vorgestellten Gestaltungsansätze wurden im Rahmen von Expertengesprächen erarbeitet. Sie lassen sich in drei Gestaltungsfelder einteilen. Das erste Gestaltungsfeld „Prozess und Leistungsstruktur"

beinhaltet strukturelle und prozessorientierte Veränderungen im internen Geschäftsbetrieb der Logistikdienstleister. Im zweiten Gestaltungsfeld „Infrastruktur und Technik" werden technische Ansätze zur Einführung von Elektromobilitätskonzepten näher beleuchtet. Während im dritten Geschäftsfeld „Marketing und Politik" Gestaltungsansätze aufgeführt werden, die sich auf Maßnahmen zur Optimierung der Preisstruktur und Öffentlichkeitsarbeit beziehen. Im Bereich der Prozess und Leistungsstruktur sind unter anderem Fahrerschulungen und Sicherheitstrainings für die Mitarbeiter zu erwähnen. Den Fahrern von Elektrofahrzeugen werden praktische und theoretische Fahrertrainings angeboten, um das Potenzial elektrischer Antriebe besser auszuschöpfen und für einen sicheren Betrieb zu sorgen. Deshalb werden auch allen Mitarbeitern spezielle Sicherheitstrainings angeboten, um Unsicherheiten mit der neuen Technologie zu vermeiden. Darüber hinaus gilt es, Anreizsysteme hinsichtlich einer nachhaltigen Fahrweise zu implementieren. Ähnlich wie Fahrerschulungen dienen auch Anreizsysteme bezüglich nachhaltiger Fahrweise dazu, das Verhalten des Fahrers positiv zu beeinflussen. Mögliche Stellgrößen können der Verbrauch, der Verschleiß und das Fahrverhalten sein. So könnten die Fahrer bestimmte Boni für einen besonders niedrigen Verbrauch auf bestimmten Strecken erhalten. Mithilfe von Methoden zur Routenplanung und optimierten Disposition soll der Einsatz der Elektrofahrzeuge möglichst effizient und den Restriktionen von E-Fahrzeugen angemessen geplant werden. Dabei sind u. a. Lieferpläne, Ladezeiten und Reichweiten zu berücksichtigen. Insbesondere die Routenplanung

muss dabei der vorhandenen Ladeinfrastruktur angepasst werden. Die Logistikstruktur muss so gut wie möglich an die neue Technologie angepasst werden. Insbesondere die Konzepte der City-Logistik zeigen hierbei zielführende Ansätze auf. Die Schaffung von Transparenz hinsichtlich des nachhaltigeren Transports ermöglicht die Schaffung von neuen Logistikprodukten. Für nachhaltige Transporte mittels Elektrofahrzeugen kann ein Preiszuschlag erfolgen. Dadurch können etwaige Mehrkosten während der Einführung von Elektromobilitätskonzepten aufgefangen werden. Auch hinsichtlich der Infrastruktur und Technik gilt es, im Rahmen einer Einführung von Elektrofahrzeugen entsprechende Maßnahmen zu treffen. Für den Betrieb von Elektrofahrzeugen ist eine neue Infrastruktur für die Beladung der Batterien notwendig. Bei fest installierten Batterien sind insbesondere Ladestationen in ausreichendem Abstand zu installieren. Sofern der Austausch der Batterien möglich ist, sind entsprechende Batteriewechselsysteme nötig. Da es sich bei elektrischen Antrieben um eine neue und völlig andere Technologie als bei konventionellen Antrieben wie z. B. Ottomotoren handelt, sind auch für die Wartung und Instandhaltung neue Kompetenzen notwendig. Diese können entweder im Unternehmen selbst aufgebaut oder an externe Dienstleister ausgelagert werden. Insbesondere in der Übergangszeit kann es hinsichtlich der Elektrifizierung des Führparks sinnvoll sein, Redundanzen in Form von konventionell angetriebenen Fahrzeugen vorzuhalten. Das Risiko eines Ausfalls kann somit durch einen zunächst geringeren Anteil elektrifizierter Fahrzeuge am gesamten Fuhrpark minimiert werden.

Der Grad der Elektrifizierung des Fuhrparks ist somit eine wichtige Stellgröße bei der Einführung von E-Mobility Konzepten. Hinsichtlich des Marketings und der politischen Positionierung gilt es, weitere Gestaltungspunkte abzuwägen. Politische Anreize, insbesondere Kauf- und Finanzierungsangebote, wie günstige Kredite für E-Lkw, wirken als Treiber bei der Umstellung auf E-Mobility Konzepte.

Prozess und Leistungsstruktur	Infrastruktur und Technik	Marketing und Politik
• Fahrerschulungen und Sicherheitstrainings • Anreizsysteme bzgl. nachhaltiger Fahrweise • Routenplanung und Disposition • Umstellung der Logistikstruktur • Leistungsstruktur mit nachhaltigen Leistungen	• Infrastruktur für die Beladung der Batterien • Aufbau von Wartungs- und Instandhaltungs-kompetenz • Aufbau von Redundanzen • Grad der Elektrifizierung des Fuhrparks	• Politische Anreize • Imagebildung (inkl. Lobbyarbeit) • Mehrpreisfähigkeit • Kundenakzeptanz erreichen • Systemkompetenz aufbauen

Abbildung 4-66 Gestaltungsansätze bei der Einführung von E-Mobility

Neue Regelungen, wie die Verschärfung von Umweltzonen in Innenstädten, können die Rentabilität von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen fördern. Diese gilt es im Rahmen der Einführung zu berücksichtigen und entsprechend zu nutzen. Die Einführung von E-Mobility dient auch dem Aufbau eines positiven Images gegenüber der Öffentlichkeit und dem Kunden. Ein verstärktes Umweltbewusstsein und der Wunsch nach nachhaltigem Konsum führen zu veränderten Kundenanforderungen, auf die die Unternehmen zunehmend reagieren müssen. Die Ausgestaltung von etwaiger Lobbyarbeit und preispolitischen Maßnahmen ist daher ein weiteres Gestaltungsfeld im Rahmen einer

Einführung von Elektromobilitätskonzepten. Im Rahmen der Umfrage wurden im dritten Analysefeld die Gestaltungsansätze (vgl. Abbildung 4-66) validiert. Dazu wurden die Teilnehmer gefragt, wie wichtig sie die Durchführung der jeweiligen Gestaltungsansätze bei einer möglichen Einführung von E-Mobility in ihrem Unternehmen einschätzen. Dabei wurde die Bedeutung auf einer Skala von eins (gering) bis fünf (hoch) bewertet. Im Gestaltungsfeld Prozess und Leistungsstruktur zeigt sich ein relativ homogenes Bild.

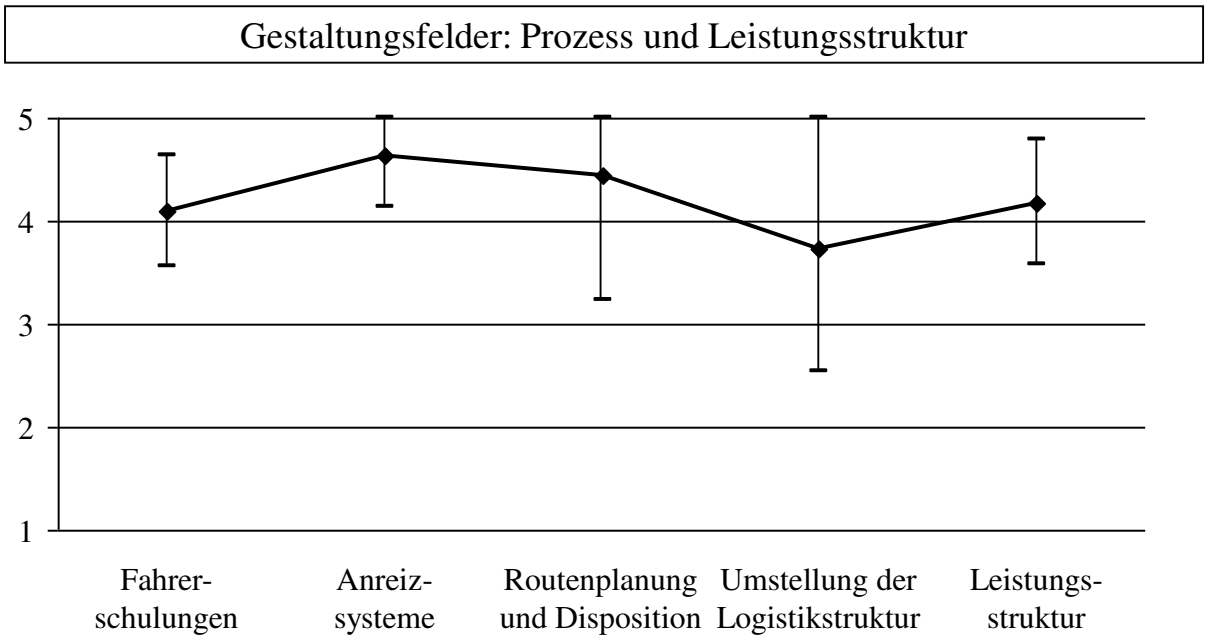


Abbildung 4-67 Umfrageergebnisse zu Prozess und Leistungsstruktur

Die Bedeutung aller Gestaltungsansätze wird im Durchschnitt hoch eingeschätzt. Insbesondere scheinen Anreizsysteme bezüglich nachhaltiger Fahrweise eine große Rolle zu spielen. Knapp dahinter liegen Fahrerschulungen und eine Änderung der Leistungsstruktur. Fahrerschulungen (praktische und theoretische Fahrertrainings) und Sicherheitstrainings für alle Mitarbeiter erhöhen die Chance auf einen reibungslosen Umstieg auf die neue Technologie. Die Bedeutung der

Routenplanung und Disposition, d. h. die Berücksichtigung von Lieferplänen, Ladezeiten und Reichweiten in der Planung, wird ähnlich hoch eingeschätzt. Jedoch ist hier die Varianz größer im Vergleich zu den drei erstgenannten Gestaltungsansätzen. Die Bedeutung wird also von den Befragten als im Durchschnitt besonders hoch eingeschätzt. Das gleiche gilt für die Bedeutung der Umstellung der Logistikstruktur. Die Werte streuen ähnlich stark. Die durchschnittliche Bewertung ist die niedrigste im Gestaltungsfeld Prozess und Leistungsstruktur. Der Blick auf das Gestaltungsfeld Infrastruktur und Technik zeigt ein weniger gleichmäßig verteiltes Ergebnis. Wichtigster Gestaltungsansatz ist die Infrastruktur für die Beladung der Batterien oder zum Austausch von Batterien mit dem höchsten Mittelwert der Bewertungen und der geringsten Varianz. Dahinter folgen der Aufbau von

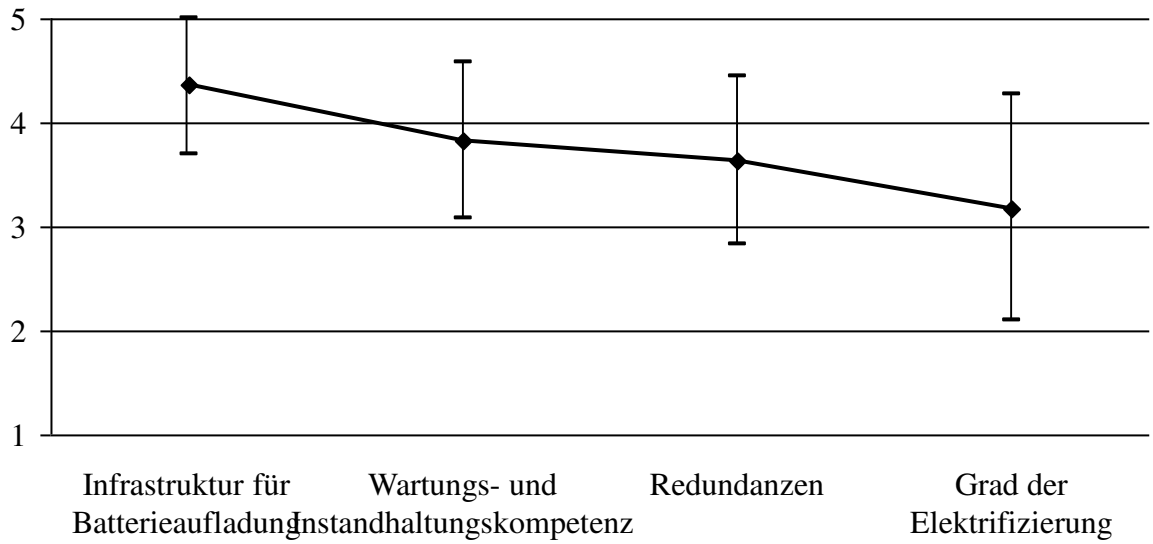


Abbildung 4-68 Umfrageergebnisse zur Infrastruktur und Technik

Wartungs- und Instandhaltungskompetenz sowie der Aufbau von Redundanzen aufgrund unsicherer Technologie, um z. B. den Ausfall eines E-Lkw durch andere Lkw absichern zu können. Die Bedeutung

des Grads der Elektrifizierung des Fuhrparks wird von den Befragten als weniger bedeutsam eingestuft. Der Grad der Elektrifizierung des gesamten Fuhrparks spielt als Gestaltungsansatz somit eine eher untergeordnete Rolle. Da die Streuung der Bewertungen hoch ist, muss der Gestaltungsansatz berücksichtigt werden. Politische Anreize wie die Nutzung von günstigen Krediten für E-Lkw als Gestaltungsansatz werden von den Befragten als besonders wichtig angesehen. Der Ansatz erhält den höchsten Mittelwert bei der Bewertung. Mit wenigen Ausnahmen hat fast jeder Teilnehmer den höchsten Wert auf der Skala vergeben. Dieses Ergebnis ist eng mit dem zweiten Gestaltungsansatz des Gestaltungsfelds Marketing und Politik verbunden sein. Die Bedeutung der Imagebildung inklusive Lobbyarbeit wurde von den Teilnehmern ähnlich hoch bewertet. Die Bedeutung des Gestaltungsfeldes Marketing und Politik zusammen mit dem Gestaltungsfeld Prozess und Leistungsstruktur ist daher als besonders hoch einzuschätzen.

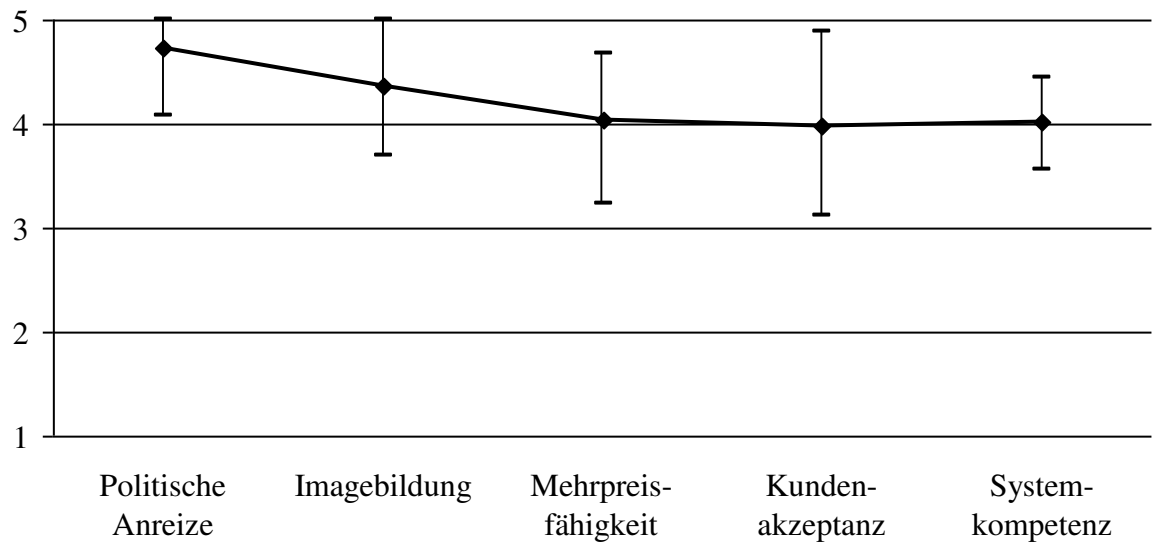


Abbildung 4-69: Umfrageergebnisse zu Marketing und Politik

Die Umfrageergebnisse zeigen auf, dass alle definierten Handlungsfelder bei der Einführung von Elektromobilitätskonzepten zu berücksichtigen sind.

4.4.3 Anforderungen an E-Mobility Konzepte

In einem weiteren Schritt wurden die Teilnehmer der Befragung gebeten, eine Bewertung hinsichtlich der Anforderungen an E-Mobility Konzepte bei Logistikdienstleistern abzugeben. Hierzu wurden definierte Anforderungsgruppen hinsichtlich ihrer Bedeutung und ihrer Kritikalität eingestuft. Dabei wurde die Bedeutung auf einer Skala von eins (gering) bis fünf (hoch) bewertet. Die Kritikalität einer Anforderung wird über ihren Erfüllungsgrad abgebildet. Die Skala hierfür bewegt sich zwischen eins (nicht erfüllt) bis fünf (bereits erfüllt). Die Anforderungen an Mobilitätskonzepte lassen sich in vier Bereiche einteilen (vgl. Abbildung 4-70). Unter den Bereich der Technik und

Technik und Leistung	Gesetzgebung und Normen	Zuverlässigkeit und Wartung	Wirtschaftlichkeit und Kosten
• Nutzlast • Reichweite • Geschwindigkeit • Antriebsleistung • Ladedauer	• Zulassung • Sicherheit • Standardisierung • CO_2 Emissionen	• Wartungsintensität • Ladeinfrastruktur • Haltbarkeit der Batterie	• Total Cost of Ownership • Anschaffungskosten • Betriebskosten

Abbildung 4-70 Anforderungen an E-Mobility-Konzepte

Leistung fallen physische Leistungsdaten, die einen Einfluss auf die Produktivität der Logistikleistung haben können. Gesetzgebung und Normen beziehen sich auf die regulatorischen Maßnahmen, welche die Diffusion von E-Mobility Konzepten beeinflussen können. Die

Zuverlässigkeit und Wartung beschreibt Anforderungen hinsichtlich der technischen Ausgereiftheit von E-Mobility Konzepten. Die Dimension Wirtschaftlichkeit und Kosten beinhaltet Aspekte der betriebswirtschaftlichen Betrachtung von E-Mobility Konzepten. Die Bedeutung des Bereichs Technik und Leistung wurde von den befragten Logistikdienstleistern als besonders hoch eingestuft. Die Forderungen nach einer bestimmten Mindestnutzlast und Mindestreichweite wurden in ihrer Bedeutung von sämtlichen Teilnehmern an der Umfrage mit der höchsten Bewertung versehen. Auch die Ladedauer wurde im Durchschnitt als sehr relevant eingestuft. Ein wenig geringer wurden die Aspekte Geschwindigkeit und Antriebsleistung bewertet. Das Ergebnis lässt darauf schließen, dass die Leistungsdaten potenzieller Mobilitätskonzepte bei Logistikdienstleistern einen erheblichen Stellenwert einnehmen.

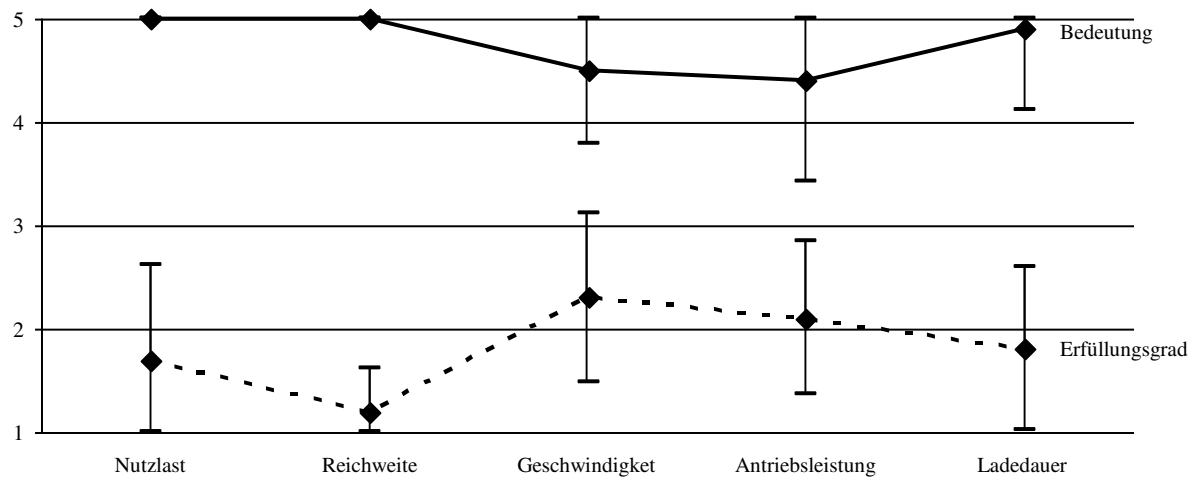


Abbildung 4-71 Anforderungsfelder: Technik und Leistung

Obgleich nicht alle Faktoren als gleich wichtig eingestuft werden, liegen alle weit über einer geringen Bedeutung. Insgesamt ist die Bedeutung aller genannten Anforderungen somit hoch einzustufen (vgl.

Abbildung **4-71**). Die Betrachtung der Kritikalität der Dimension Technik und Leistung bestätigt die zuvor literaturbasiert erörterten Hemmnisse bei der Einführung von E-Mobility Konzepten. Die befragten Logistikdienstleister stufen den derzeitigen Erfüllungsgrad der in der Dimension Technik und Leistungsstruktur aufgeführten Aspekte deutlich niedrig ein. Die Geschwindigkeitsforderung besitzt hierbei den höchsten Erfüllungsgrad. Der Erfüllungsgrad der Antriebsleistung und Ladedauer ist etwas geringer, während die Anforderungen bezüglich Nutzlast und Reichweite am geringsten erfüllt scheinen. Im Anforderungsfeld Gesetzgebung und Normen wurden die beiden Anforderungen Zulassung und Standardisierung von den Umfrageteilnehmern mit der höchsten Bewertung bezüglich der Bedeutung versehen. Auch die Bedeutung von Sicherheitsaspekten im Zusammenhang mit der E-Mobility wurde als hoch eingeschätzt.

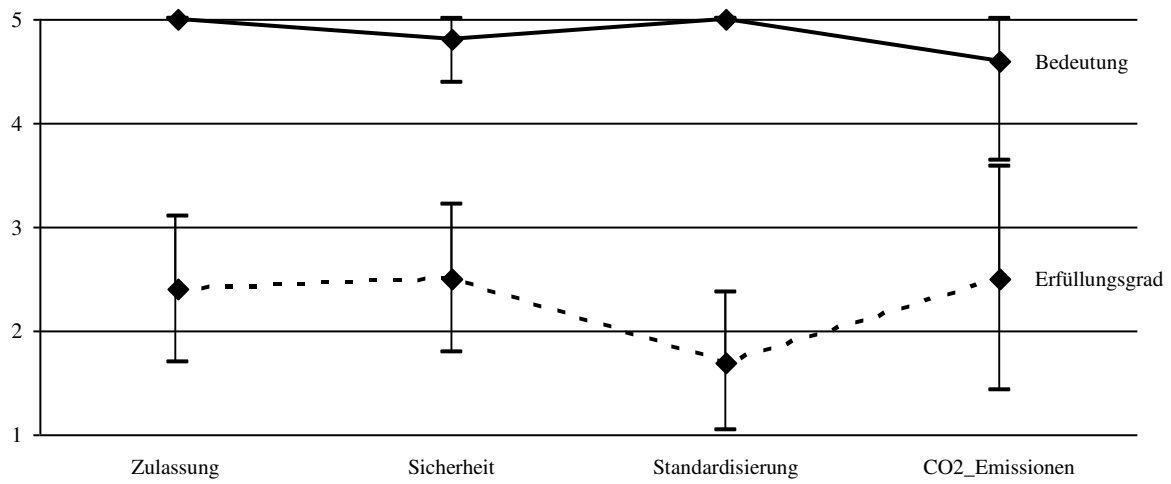


Abbildung 4-72 Anforderungsfelder: Gesetzgebung und Normen

Die Bedeutung von Gesetzgebungen zur Regulierung von CO_2-Emissionen wurde ebenen falls als hoch bewertet. Verglichen mit den anderen Anforderungen wurde der Aspekt leicht weniger bedeut-

sam eingeschätzt. Auch in diesem Bereich spiegeln sich die zuvor theoretisch abgeleiteten Hemmnisse im Erfüllungsgrad wider. Alle Anforderungen wurden den von den Befragten als nur gering erfüllt eingeschätzt. Mit Ausnahme des Standardisierungsaspektes liegt das Anforderungsfeld jedoch höher als der Bereich Technik und Leistung. Die Standardisierung wird vom Erfüllungsgrad ähnlich niedrig eingeschätzt wie die Nutzlast oder Reichweite. Die Anforderungen an E-Mobility Konzepte im Feld der Zuverlässigkeit und Wartung werden stark homogen eingeschätzt. Sowohl die geringe Wartungsintensität, die Ladeinfrastruktur aber auch die Langlebigkeit der Batterie haben im Durchschnitt eine sehr hohe Bedeutung von den Befragten zugesagt bekommen. Der gesamte Betrachtungsbereich der Zuverlässigkeit und Wartung hat somit einen wesentlichen Stellenwert für E-Mobility Konzepte bei Logistikdienstleistern.

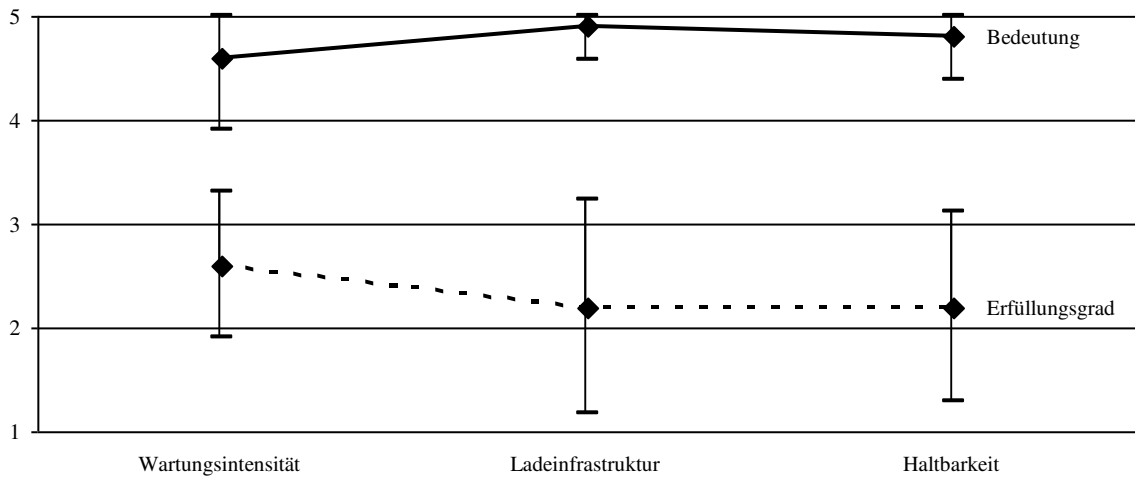


Abbildung 4-73 Anforderungsfelder: Zuverlässigkeit und Wartung

Die Einschätzungen bezüglich der Erfüllung der Anforderungen aus dem Bereich Zuverlässigkeit und Wartung geben ein homogenes Bild ab. Der Erfüllungsgrad einer geringen Wartungsintensität wird am

höchsten eingeschätzt. Die Anforderung aus den Bereichen Ladeinfrastruktur und Haltbarkeit liegen darunter auf einem gleichen Niveau. Das letzte Anforderungsfeld wird durch die Wirtschaftlichkeit und Kosten von E-Mobility Konzepten bestimmt. Interessant ist hier, dass die Anschaffungskosten hinsichtlich ihrer Bedeutung niedriger als die Betriebskosten und die Total Cost of Ownership eingeschätzt werden. Hieraus lässt sich schließen, dass die befragten Logistikdienstleister eine Betrachtung der laufenden Kosten einer einseitigen Betrachtung der Anfangsinvestition bevorzugen. Insbesondere im Bereich der Elektromobilität ist dies von erheblicher Bedeutung, da die sich die Anschaffung in der Regel erst nach einer längeren Laufzeit amortisieren. Insgesamt ist die Bedeutung des Bereichs Wirtschaftlichkeit und Kosten als sehr groß einzuschätzen. Auch aus den Expertengesprächen hat sich dieses Bild abgezeichnet. Logistikdienstleister sind

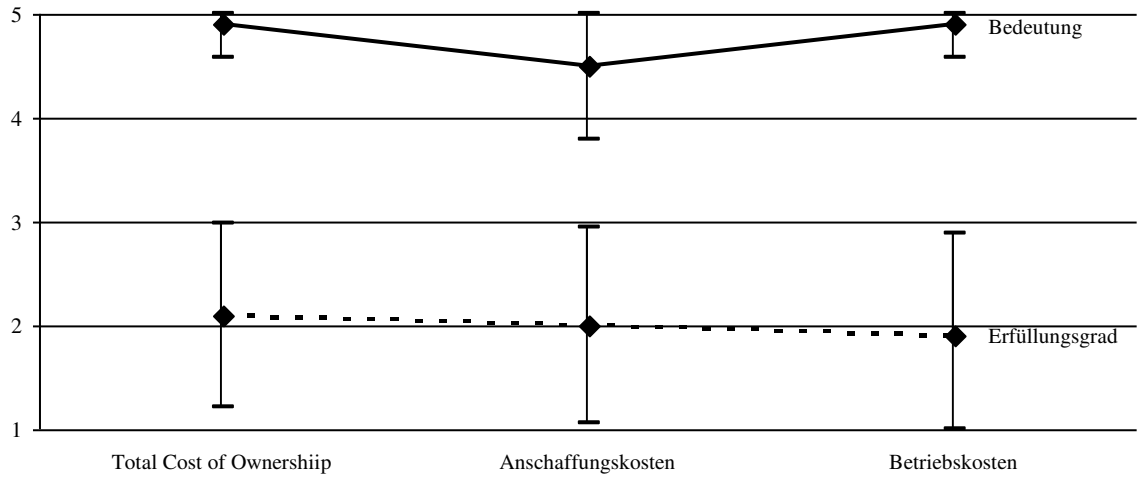


Abbildung 4-74 Anforderungsfelder: Wirtschaftlichkeit und Kosten

einem starken Preiswettbewerb ausgesetzt. Die Einführung von E-Mobility Konzepten kann somit nur sinnvoll sein, soweit sich daraus Vorteile oder zumindest eine Gleichheit hinsichtlich der der Kos-

ten im Vergleich zu konventionellen Mobilitätskonzepten ergeben. Die Befragten schätzen den Erfüllungsgrad im Bereich der Wirtschaftlichkeit und Kosten als homogen gering ein. Sowohl die Total Cost of Ownership als auch die Anschaffungskosten werden mit einem nur geringen Erfüllungsgrad bewertet. Auch die Betriebskosten werden hinsichtlich ihrer Erfüllung also überdurchschnittlich gering eingeschätzt. Dies ist einerseits auf die derzeit noch höheren Anschaffungskosten zurückzuführen. Zum anderen sind jedoch auch die mangelnden Erfahrungswerte hinsichtlich Wartungsintensität, Lebensdauer der Akkumulatoren, Entwicklung von Strom- und Ölpreisen aber auch die Festlegung politischer Rahmenbedingungen, Variablen, die eine enorme Unsicherheit in die derzeitigen Analysemodelle zur Betrachtung der Wirtschaftlichkeit einfließen. Allgemein zeigt sich, dass zwischen der Bedeutung und dem Erfüllungsgrad der meisten Anforderungen eine deutliche Diskrepanz besteht. Diese Lücken zu schließen, stellt die wohl größte Herausforderung hinsichtlich einer weitläufigen Diffusion von Elektromobilitätskonzepten bei Logistikdienstleistern dar. Insbesondere auf der technischen Seite und bezüglich der Kosten besteht wesentlicher Handlungsbedarf.

4.4.4 Aussagen über die Diffusion der Elektromobilität

Die Diffusion der Elektromobilität in der Logistik hängt von der Entwicklung technologischer, volkswirtschaftlicher, politischer und kundenseitiger Einflussgrößen ab. Diese Komplexität ist die Ursache dafür, dass bestehende Diffusionsszenarien teils erhebliche Streuungen aufweisen (vgl. Stahlecker et al. 2011). Entsprechend den Untersu-

chungen stellt sich heraus, dass die Total Cost of Ownership einen Schlüsselfaktor hinsichtlich der zukünftigen Marktentwicklung darstellt. Sie umfasst die gesamten Kosten der Fahrzeuganschaffung, der Nutzung sowie des Wertverfalls. Die Total Cost of Ownership eines Elektrofahrzeuges stellen sich heute als deutlich höher im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor dar. Durch die Weiterentwicklungen im Bereich der Batterietechnik ist jedoch davon auszugehen, dass die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen langfristig gegeben sein wird (vgl. Bentenrieder/ Kleinhans 2010). Darüber hinaus spielen insbesondere die Kosten der Energieträger Strom und Erdöl eine entscheidende Rolle bei der Berechnung der Total Cost of Ownership. Ein kontinuierlich steigender Ölpreis stellt die Wettbewerbsfähigkeit von Hybrid- und Elektrofahrzeuge langfristig sicher. Politische Einflussnahme wie Subventionsmodelle, die beispielsweise in Dänemark oder Israel eingeführt wurden, haben einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Elektrofahrzeugen für den Verbraucher und ermöglichen eine Wettbewerbsfähigkeit von Elektrofahrzeugen schon bei einem Ölpreis zwischen 70-80 Dollar pro Barrel (vgl. Book et al. 2009). Hauptreiber der Diffusion sind neben der Setzung von CO_2-Grenzwerten auch die Pönalisierung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Im Falle sehr strenger Regulierungsvorschriften, ist im Jahr 2050 mit Grenzwerten von 10 CO_2/km zu rechnen (vgl. McKinsey 2011). Einen weiteren wesentlichen Einfluss auf die Diffusion der Elektromobilität bei Logistikdienstleistern haben auch die Strategien der Automobilhersteller. Bis dato sind neben dem

geringen Angebot an verfügbaren Serienfahrzeugen insbesondere die mangelnde Ausrichtung auf die Kundenbedürfnisse wesentliche Hindernisse einer zeitnahen Diffusion. Fehlende Reichweiten und eine ungenügende Ladeinfrastruktur führen insbesondere bei den Mobilitätssensiblen Logistikdienstleistern zu Vorbehalten gegenüber Elektrofahrzeugen. Verschiedene Studien geben zur Diffusion der Elektromobilität abweichende Marktanteile an. Die Shell Deutschland Oil GmbH geht in ihrer Shell Lkw-Studie von Marktanteilen für Elektronutzfahrzeugen zwischen 0,5 % und 2 % aus. Es wird damit gerechnet, dass ausgehend von einem Nischeneinsatz der Elektrofahrzeuge als urbanes Kurzstreckenfahrzeug eine breitere Diffusion stattfindet (vgl. Shell Deutschland Oil GmbH 2009). Basierend auf diesen Annahmen ist mit einer sukzessiven Diffusion der Elektromobilität bei Logistikdienstleistern zu rechnen. Eine Diffusion ist in drei Phasen unterteilt. Die Pionierphase beschreibt den Status, in dem verschiedene Konzepte erprobt und verbessert werden. Daran schließt sich eine Konsolidierungsphase an, in der sich verschiedene Konzepte durchsetzen und erste Standards gesetzt werden. Schlussendlich wird die Diffusion abgeschlossen und sie geht in einen Gleichgewichtszustand über. In der Pionierphase werden im Rahmen von Pilotprojekten und Kleinserien zukünftige Strategien und Geschäftsmodelle bei Logistikdienstleistern getestet. In dieser Phase gilt es, neue Konzepte in Produktion und Forschung und Entwicklung ebenso zu testen, sowie eine Übertragung auf die Geschäftsmodelle und Distributionsstrategien von Logistikdienstleistern zu erörtern. Elektrofahrzeuge stellen in dieser

Phase noch keine profitablen Mobilitätskonzepte dar, welche für ein Massengeschäft eingesetzt werden können. Es sind erhebliche Investitionen seitens der Hersteller aber auch der frühen Anwender notwendig. Hieraus lässt sich eine beschleunigte Technologieentwicklung ableiten. Im Bereich der Batterien ist mit einer starken Ausweitung der Kapazitäten, einer Senkung des Gewichts und einer einsetzenden Kostendegression zu rechnen. Die Zielsetzung in dieser Phase der Diffusion ist es, Technologien und zugehörige Geschäftsmodelle zur Marktreife zu bringen und in der Masse der Logistikdienstleister zu testen. Ferner gilt es, die Aufmerksamkeit der Logistikdienstleister und die Grundlagen für eine Akzeptanz von Elektromobilität am Markt zu erlangen. Begleitet werden diese Bemühungen durch intensive Kommunikation seitens der verschiedenen politischen und gesellschaftlichen Interessengruppen sowie politische Anreize für Hersteller und Kunden durch die Regierungen. Diese Anreize bilden die Grundlage für die Etablierung Deutschlands als Leitmarkt der Automobilindustrie auch in Zeiten der Elektroindustrie. Elektrofahrzeuge sind in dieser Diffusionsphase ein Premiumprodukt mit Nischenstatus am Markt. Anwendergruppen sind Logistikdienstleister, die einen Fokus auf Umweltbewusstsein in ihrer Unternehmensstrategie gesetzt haben. Die Pionierphase dauert je nach Entwicklung der politischen und volkswirtschaftlichen Rahmenbedingungen zwei bis sechs Jahre. In der zweiten Phase werden die am Markt getesteten Konzepte für den Massenmarkt ausgerollt. In diesem Zeitraum werden die zukünftigen Entwicklungen festgelegt. Es kommt zu einer Konsolidierung der Konzepte und damit

auch der Anbieter. Die gesamte Industrie und auch die Betreiber neuer Geschäftsmodelle stehen in dieser Phase vor der Herausforderung eine vorteilhafte Wettbewerbspositionen gegenüber ihren Konkurrenten durch eine Unique Selling Proposition (USP) zu erarbeiten und behaupten. Auch werden gesetzliche Standards und Normen festgelegt. Dieser Prozess wird durch die Marktmacht der unterschiedlichen Konzepte sowie die Meinung der politischen Entscheidungsträger geprägt. Basierend auf der Setzung von Industriestandards, kommt es zu einer Vereinheitlichung der Infrastruktur- und Technologiekonzepte und zum großflächigen Roll-Out. Auch die Normung von Technologien und Prozessen wird basierend auf der Konzeptkonsolidierung vollzogen und global weitgehend vereinheitlicht. Für die beteiligten Unternehmen ist hier die Bildung einflussreicher, wirtschaftlicher und politischer Netzwerke von entscheidender Bedeutung, um die Diffusion eigener Konzepte und Strategien sicherzustellen. Seitens der Logistikdienstleister ist diese Phase durch überproportional steigende Marktanteile von elektrisch angetriebenen Fahrzeugen gekennzeichnet. Diese resultieren aus einer wachsenden Akzeptanz der Produkte, sinkenden Preisen aufgrund des Konzeptwettkampfes sowie höherer Transparenz und Sicherheit über Produkteigenschaften. Diese Konsolidierungsphase wird abhängig von den Entwicklungen des Umfeldes vier bis sechs Jahre dauern. Ausgehend von der Konsolidierung beginnt der Kampf um strategische Marktanteile der verschiedenen Hersteller. Diese Phase ähnelt der heutigen Situation in der Automobilindustrie. Der Markt für Elektrofahrzeuge wird zu diesem Zeitpunkt von

wenigen globalen Automobilkonzernen geprägt sein. Zudem werden in Nischenmärkten kleinere Anbieter ihre Produkte offerieren. Die Hersteller versuchen durch Kostenführerschaft oder Differenzierung eine strategische Erfolgsposition im Wettbewerb zu erlangen (vgl. Porter 1998). Die gesunkenen Preise und der verschärfte Wettbewerb führen zu einem Preisverfall. Um diesem zu begegnen, werden die Prozesse kontinuierlich optimiert. Zur Differenzierung werden im Zuge von Mass Customization die Konzepte zunehmend individualisiert zur Steigerung des wahrgenommenen Kundennutzens. Die Marktanteile von Elektrofahrzeugen werden auch in dieser Phase weiter steigen bis sie nahe der Sättigungsgrenze nur noch marginale Zuwächse erreichen. Diese Phase wird im Jahr 2030 beendet sein. Es ist damit zu rechnen, dass der Marktanteil für Elektrofahrzeuge im Logistikbereich unter Annahme eines steigenden Ölpreises sowie sinkender Batteriekosten im Jahr 2030 zwischen 10 % und 20 % liegen wird. Hybrid- und Elektrofahrzeuge werden mit über 50 % Marktanteil dominieren. Auch technologisch erfolgt eine sukzessive Elektrifizierung des Antriebsstranges. Die Entwicklung vollzieht sich von Verbrennungsmotoren über Mild Hydrid, Full Hybrid, Plug-in Hybrid, Elektrofahrzeugen mit Range Extender bis zu voll elektrisch angetriebenen Fahrzeugen (vgl. Book et al. 2009). Mit zunehmendem Produkt- und Marktreifegrad werden vermehrt Funktionsumfänge des Kraftfahrzeugs elektrisch realisiert. Im Zuge dessen werden die mechanischen Komponenten von Antriebsstrang und Fahrwerk schrittweise durch elektrische Systemlösungen substituiert. Dieser Prozess ist bereits seit eini-

gen Jahren im Gange. Bestehende Verbrennungsmotoren und Treibstoffe wurden in diesem Prozess weiter optimiert. Die Automobilhersteller steigerten durch den Einsatz innovativer Steuerungssysteme die Wirkungsgrade. Zielsetzung ist die Reduktion thermodynamischer Verluste. Aufbauend auf effizienten Verbrennungsmotoren verläuft die technologische Diffusion über mehrere Technologiestufen bis zur vollen Elektrifizierung von Nutzfahrzeugen für den Massenmarkt. Mit der Diffusion der Brennstoffzelle ist mittelfristig, aufgrund des geringen technologischen Reifegrads, nicht zu rechnen. Allerdings begünstigt die Diffusion der Elektrofahrzeuge die Markteinführung der Brennstoffzelle als Fahrzeugantriebskonzept. Mit zunehmender Produktreife der Elektrofahrzeuge wird der Einsatz der Brennstoffzelle als Auxiliary Power Unit erleichtert (vgl. Wallentowitz. et al. 2009).

5 Modell zur Einführung von E-Mobility Konzepten

5.1 Modellstruktur zur Umsetzung der Elektrifizierung

Um die Logistikdienstleister bei der Elektrifizierung ihres Fuhrparks zu unterstützen, wurde eine Vorgehensweise erarbeitet, welche aus fünf Phasen besteht, siehe Abbildung 5-1. Dabei orientiert sich das Vorgehen an den in der Literatur vorliegenden Prozessen zur Einführung neuer Technologien im Unternehmen. Die Inhalte der Phasen sind an die Anforderungen der Logistikdienstleister und KMU angepasst. Im Folgenden werden die fünf Phasen vorgestellt:

Phase 1: Analyse der Rahmenparameter

Die erste Phase analysiert die jeweiligen Rahmenbedingungen des Unternehmens, der Leistungs- und Warenstruktur sowie der externen Rahmenbedingungen. Hierbei werden auch die wesentlichen Größen charakterisiert, welche die Elektrifizierung des Fuhrparks beeinflussen. Hierzu gehören beispielsweise die Mitarbeiteranzahl, finanzielle Möglichkeiten für Investitionen, Routendetails sowie das Gewicht und Volumen der transportierten Güter.

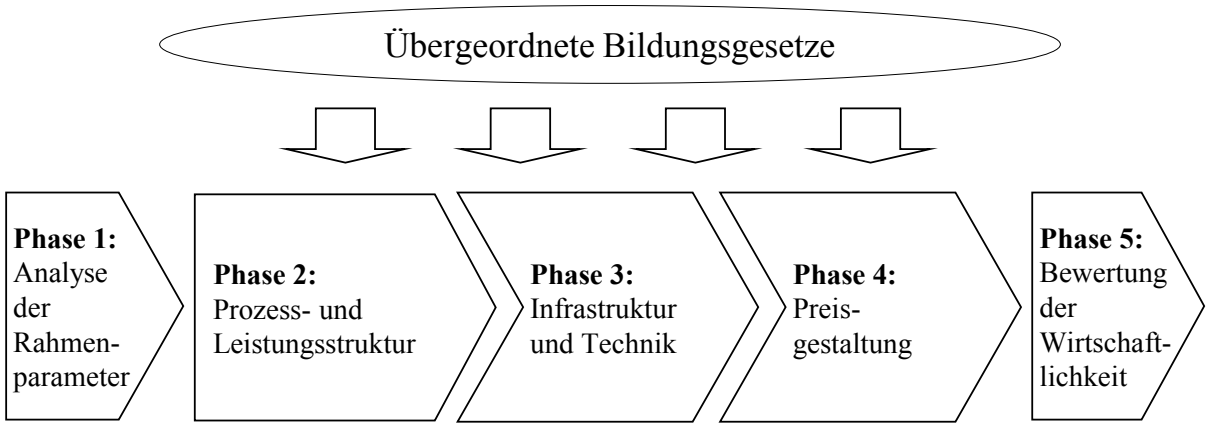


Abbildung 5-1: Prozess zur Elektrifizierung des Fuhrparks

Phase 2: Gestaltung der Prozess- und Leistungsstruktur

In der zweiten Phase werden die angebotenen Leistungen sowie die Prozesse des betrachteten Unternehmens angepasst. Dazu zählen unter anderem die Durchführung von Fahrerschulungen sowie eine Routenplanung, welche die Besonderheiten elektrischer Nutzfahrzeuge berücksichtigt.

Phase 3: Gestaltung der Infrastruktur und Technik

Die dritte Phase behandelt die Anpassung der Infrastruktur und Technik im Unternehmen an die elektrischen Nutzfahrzeuge. Hierzu ist beispielsweise neben der Einrichtung von Lademöglichkeiten auch über den Aufbau von Wartungs- und Instandhaltungskompetenz zu entscheiden.

Phase 4: Preisgestaltung

In Phase vier werden das Angebot neuer Leistungen, wie beispielsweise einer CO2-freien Zustellung, sowie die Imagebildung des Unternehmens bezüglich der Nachhaltigkeit betrachtet. So ergeben sich durch elektrische Nutzfahrzeuge neue Möglichkeiten, Umsätze zu generieren, was auch durch Marketingaktivitäten unterstützt werden kann.

Phase 5: Bewertung der Wirtschaftlichkeit

Die fünfte Phase bewertet die Wirtschaftlichkeit der E-Mobility Konzepte auf Basis einer Total Cost of Ownership-Rechnung. Unter Berücksichtigung der Rahmenparameter aus Phase eins werden zur

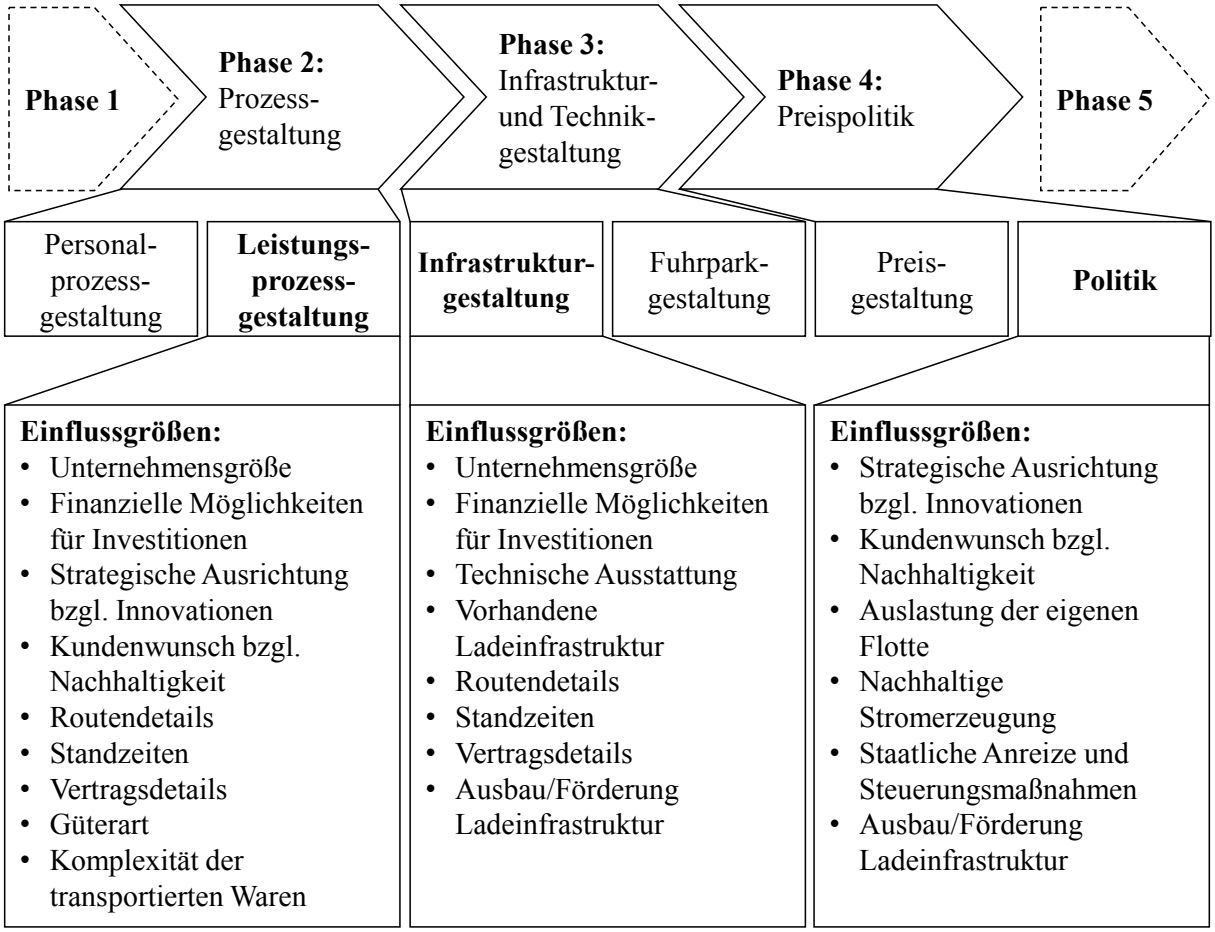


Abbildung 5-2: Beispielhafte Darstellung der Einflussgrößen auf den Prozess der Fuhrparkelektrifizierung

Bewertung der Wirtschaftlichkeit weitere Inputgrößen hinzugezogen.

Für den Prozess zur Elektrifizierung des Fuhrparks wurden weitere relevante Einflussgrößen, welche in den Phasen zwei, drei und vier wirken, erarbeitet. Die Empfehlungen zu den Gestaltungsansätzen werden in Abhängigkeit der Einflussgrößenkombination des betrachteten Unternehmens gegeben. Abbildung 5-2 zeigt beispielhafte Einflussgrößen auf die Gestaltungsbereiche Leistungsprozessgestaltung, Infrastrukturgestaltung sowie Politik. Die Auswahl der Einflussgrößen je Gestaltungsbereich basiert dabei sowohl auf den empirischen als

auch auf den theoretischen Analysen. Neben den Einflussgrößen wurden je Gestaltungsbereich verschiedene Ausprägungen identifiziert,

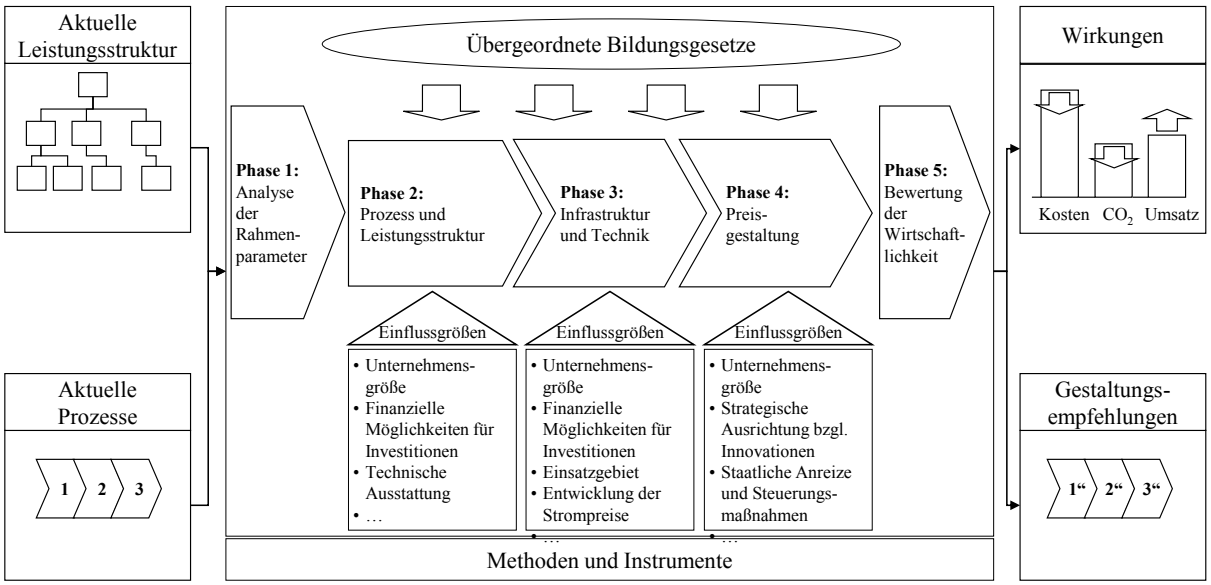


Abbildung 5-3: Modell zur Elektrifizierung des Fuhrparks bei Logistikdienstleistern

welche den Unternehmen je nach Kombination ihrer spezifischen Einflussgrößen empfohlen werden. Das Vorgehensmodell fasst daher die vier Modellbausteine Bildungsgesetze, Elektrifizierungsprozess, Einflussgrößen und Gestaltungsfelder zu einem ganzheitlichen Ansatz zusammen. Abbildung 5-3 zeigt dieses Modell zur Elektrifizierung des Fuhrparks bei Logistikdienstleistern. Ausgehend von der momentanen Leistungs- und Prozessstruktur des Unternehmens werden geeignete Gestaltungsansätze identifiziert. Als Ergebnis stehen neben den Gestaltungsempfehlungen auch Aussagen bereit, welche die erwarteten Wirkungen der Empfehlungen für das Unternehmen wiedergeben.

5.2 Parametrisierung des Modells

5.2.1 Einflussgrößen auf den Prozess der Elektrifizierung

Um die unternehmensspezifischen Empfehlungen bezüglich der Gestaltungsansätze zu ermitteln, wurden relevante Einflussgrößen je Gestaltungsbereich ermittelt und mit Ausprägungen versehen. Unter den Einflussgrößen werden dabei Faktoren verstanden, die für die Art der Ausgestaltung der Elektrifizierung des Fuhrparks im Unternehmen verantwortlich sind. Eine Einteilung der Unternehmen unter Berücksichtigung der Ausprägung der Einflussgrößen ermöglicht die Begründung anforderungsspezifischer Empfehlungen für den erfolgreichen Einsatz von E-Mobility Konzepten. Daraus ergeben sich verschiedene Kombinationen von Einflussgrößen, aus denen sich jeweils Gestaltungsempfehlungen ableiten. Die Einflussgrößen wurden dabei in drei Kategorien eingeteilt:

- Rahmenbedingungen des Unternehmens,
- Leistungs- und Warenstruktur,
- Externe Rahmenbedingungen.

Abbildung 5-4 zeigt die Zuordnung der Einflussgrößen zu den jeweiligen Kategorien. Sie beziehen sich somit auf die Charakteristika des betrachteten Unternehmens, seinen angeboteten Logistikleistungen sowie externen Rahmenbedingungen.

Einflussgrößenkategorie Rahmenbedingungen des Unternehmens:

Die Kategorie Rahmenbedingungen des Unternehmens fasst alle Einflussgrößen zusammen, die das Unternehmen beschreiben. Hierzu ge-

hören die Unternehmensgröße, finanzielle Möglichkeiten für Investitionen, technische Ausstattung, strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen, Kundenwunsch bezüglich Nachhaltigkeit, Auslastung der eigenen Flotte sowie die Verfügbarkeit einer Ladeinfrastruktur. Die im Rahmen der Arbeit zugrunde gelegten Definitionen der Einflussgrößen zu den Rahmenbedingungen des Unternehmens sind in Abbildung 5-5 aufgeführt.

Einflussgrößenkategorie	**Einflussgrößen**
Rahmenbedingungen des Unternehmens	• Unternehmensgröße • Finanzielle Möglichkeiten für Investitionen • Technische Ausstattung • Strategische Ausrichtung bzgl. Innovationen • Kundenwunsch bzgl. Nachhaltigkeit • Auslastung der eigenen Flotte • Vorhandene Ladeinfrastruktur
Leistungs- und Warenstruktur	• Routenlänge • Stoppdichte • Standzeiten • Vertragsdetails • Güterart: Gewicht, Volumen • Komplexität der transportierten Waren
Externe Rahmenbedingungen	• Entwicklung der Anschaffungskosten von E-Fahrzeugen • Entwicklung der Strompreise • Nachhaltige Stromerzeugung • Staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen

Abbildung 5-4: Kategorisierung der Einflussgrößen

Rahmenbedingungen des Unternehmens	
Einflussgröße	**Definition**
Unternehmensgröße	Anzahl der Mitarbeiter im Unternehmen
Finanzielle Möglichkeiten für Investitionen	Monetäre Mittel bspw. für Investition in E-Mobility Konzepte
Technische Ausstattung	Möglichkeiten für Umbau- und Reparaturmaßnahmen, bspw. Werkstatt
Strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen	Einschätzung, ob Unternehmen Innovationen umsetzen möchte
Kundenwunsch bzgl. Nachhaltigkeit	Kundenanforderungen können wichtige Treiber für E-Mobility Konzepte darstellen
Auslastung der eigenen Flotte	Anteil sich in Betrieb befindlicher Fahrzeuge
Vorhandene Ladeinfrastruktur	Möglichkeit zur privaten, öffentlichen oder halböffentlichen Batterieladung

Abbildung 5-5: Rahmenbedingungen des Unternehmens - Definition der Einflussgrößen

Einflussgrößenkategorie Leistungs- und Warenstruktur:

Die Kategorie der Leistungs- und Warenstruktur fasst die Einflussgrößen Routenlänge, Stoppdichte, Standzeiten, Vertragsdetails, Güterart und Komplexität der transportierten Waren zusammen.

Abbildung 5-6 zeigt hierzu die in dieser Arbeit verwendeten Definitionen zu den Einflussgrößen der Kategorie Leistungs- und Warenstruktur.

Leistungs- und Warenstruktur	
Einflussgröße	**Definition**
Routenlänge	Zurückgelegte Distanz im Rahmen einer Tour
Stoppdichte	Häufigkeit der Stopps entlang der Tour
Standzeiten	Dauer der Stopps vor, während und nach der Tour, bspw. auf dem eigenen Gelände
Vertragsdetails	Laufzeit und Planbarkeit von Verträgen mit Kunden
Güterart	Art und Beschaffenheit (u.a. Gewicht und Volumen) der transportierten Güter
Komplexität der transportierten Waren	Notwendigkeit spezieller Vorkehrungen, bspw. bei Gefahrgütern oder Kühlwaren

Abbildung 5-6: Leistungs- und Warenstruktur - Definition der Einflussgrößen

Einflussgrößenkategorie externe Rahmenbedingungen:

Unter der Einflussgrößenkategorie externe Rahmenbedingungen werden die Einflussgrößen zusammengefasst, die das externe Umfeld des Unternehmens beschreiben. So wirken sich energiepolitische Themen wie beispielsweise die Entwicklung der Strompreise und der Anteil regenerativer Energieträger ebenfalls auf die Gestaltung des Prozesses zur Elektrifizierung aus. Zu den Einflussgrößen, die dem Bereich der externen Rahmenbedingungen zugeordnet sind, gehören die Entwicklung der Anschaffungskosten von E-Nutzfahrzeugen, Entwicklung der

Externe Rahmenbedingungen	
Einflussgröße	**Definition**
Entwicklung der Anschaffungskosten von E-NFZ	Mittelfristige Preisentwicklung von E-NFZ im Vergleich zu konventionellen Antrieben
Entwicklung der Strompreise	Mittelfristige Preisentwicklung des Stroms
Nachhaltigkeit der Stromerzeugung	Anteil erneuerbarer Energien am genutzten Strommix
Staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen	Förderung von E-Mobility bspw. durch geringe Steuern, Ausbau Ladeinfrastruktur

Abbildung 5-7: Externe Rahmenbedingungen - Definition der Einflussgrößen

Strompreise, Nachhaltigkeit der Stromerzeugung sowie staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen. Die zugehörigen Definitionen der Einflussgrößen sind in Abbildung 5-7 dargestellt. Im Rahmen der Expertenworkshops wurden die Einflussgrößen sowohl den Bereichen des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung zugeordnet als auch Parameterwerte für die Quantifizierung der Größen ermittelt. Die so erhaltenen Aussagen wurden anschließend in eine Matrix eingepflegt, welche durch die Einflussgrößen und Gestaltungsfelder aufgespannt wird. Hier lassen sich die Zusammenhänge übersichtlich darstellen. Befindet sich ein Kreuz in der Matrix, so wurde ein Zusammenhang identifiziert. Bei leeren Feldern hingegen wurde keine Verknüpfung festgestellt. Einen Ausschnitt dieser Matrix befindet sich in Abbildung 5-8. Dabei wurde auch der Zusammenhang verschiedener Ausprägungen

Gestaltungsfelder / Einflussfaktoren		Prozess und Leistungsstruktur			
		Fahrerschulungen	Anreizsysteme bzgl. nachhaltiger Fahrweise (Verbrauch, Verschleiß, Fahrverhalten)	Routenplanung und Disposition (Lieferpläne, Ladezeiten, Reichweiten berücksichtigen)	Umstellung der Logistikstruktur
Rahmenbedingungen des Unternehmens	Unternehmensgröße	X	X	X	
	Finanzielle Möglichkeiten für Investitionen		X		X
	Technische Ausstattung (Werkstatt, Konstrukteure, FuE)				
	Strategische Ausrichtung bzgl. Innovationen				
	Kundenwunsch bzgl. Nachhaltigkeit				
	Auslastung der eigenen Flotte			X	X
	vorhandene Ladeinfrastruktur			X	X

Abbildung 5-8: Zusammenhänge der Einflussgrößen und Gestaltungsfelder

der Einflussgrößen, siehe hierzu Abschnitt 5.2.2, auf die Gestaltungsbereiche untersucht. Die anschließend erfolgende Parametrisierung der Einflussgrößen dient dazu, die Unternehmen einzuordnen. Die Zuordnung der Einflussgrößen zu Gestaltungsfeldern des Elektrifizierungsprozesses erfolgte durch eine Fragebogenanalyse sowie Experteninterviews. Anschließend erfolgte die Parametrisierung der Einflussgrößen ebenfalls unter Verwendung der Fragebogenergebnisse und der Experteninterviews, welche im Verlauf des Forschungsprojekts durchgeführt wurden. Diese zweistufige Vorgehensweise ist in Abbildung 5-9 dargestellt. Hierbei sind auch die Ergebnisse, die nach erfolgreichem Abschluss der Schritte vorliegen, dargestellt.

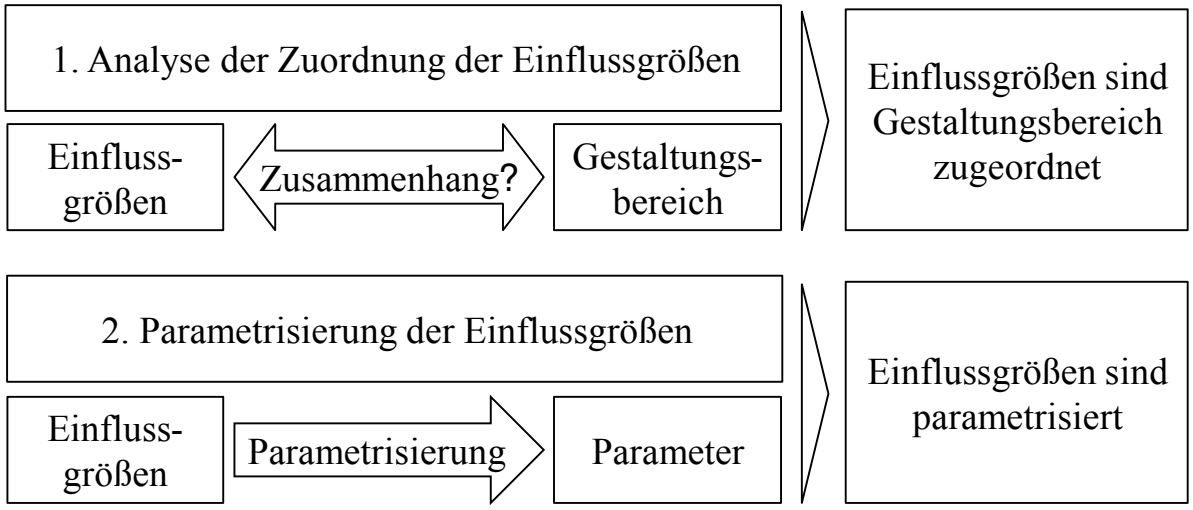


Abbildung 5-9: Vorgehensweise bei der Einflussgrößenanalyse

5.2.2 Parametrisierung der Einflussgrößen

Neben der Zuordnung der Einflussgrößen erfolgte ihre Parametrisierung unter Verwendung der Fragebogen- und Gesprächsergebnisse. Auf Basis von Mittelwertanalysen für die verschiedenen Einflussgrößen ermittelt, ab welchem Wert sich die Gestaltungsempfehlungen ändern. Am Beispiel der Unternehmensgröße als Einflussfaktor kann diese einen hohen als auch einen geringen Wert aufweisen. Als Schwelle zwischen einer hohen und geringen Unternehmensgröße im Bereich der KMU wurde als Ergebnis der Fragebögen und Gespräche der Wert „250 Mitarbeiter“ ermittelt. Unternehmen mit mehr als 250 Mitarbeitern sind somit der Kategorie „größere Unternehmen“ zuzuordnen. Auf gleichem Wege wurden auch für die anderen Einflussgrößen solche Grenzwerte ermittelt, welche im Folgenden aufgezeigt werden. So wirken auf den Bereich der Personalprozessgestaltung, welcher Bestandteil der Phase 2 ist, siehe Abbildung 5-2, drei der im vorherigen Abschnitt beschriebenen Einflussgrößen. Diese sind ein-

schließlich der zugehörigen Parametrisierung in Abbildung 5-10 dargestellt. Hierzu gehören die Unternehmensgröße, finanzielle

Personalprozessgestaltung	
Einflussgröße	**Parametrisierung**
Unternehmensgröße	Groß ab 250 Mitarbeiter
Finanzielle Möglichkeiten für Investitionen	Viele vs. geringe Möglichkeiten
Komplexität der transportierten Güter	Hohe vs. geringe Komplexität

Abbildung 5-10: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Personalprozessgestaltung

Möglichkeiten für Investitionen und Komplexität der transportierten Güter. Für die Unternehmensgröße konnte eine wertmäßige Parametrisierung erfolgen, für die übrigen beiden Einflussgrößen ließen sich keine Absolutwerte ermitteln. Es gilt, die Werte auf Basis von Expertengesprächen zu ermitteln und der jeweiligen Ausprägung korrekt zuzuordnen. Dem Bereich der Leistungsprozessgestaltung, welcher ebenfalls der Phase 2 zugeordnet ist, ließen sich zehn relevante Einflussgrößen zuweisen, siehe Abbildung 5-11. Wie bei der Personalprozessgestaltung sind auch hier die Unternehmensgröße und die finanziellen Möglichkeiten für Investitionen relevant. Weitere Einflussgrößen sind die strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen, der Kundenwunsch bezüglich Nachhaltigkeit, die

Routenlänge, Stoppdichte, Standzeiten, Vertragsdetails, Güterart und Komplexität der Güter. Die Unternehmensgröße und Routenlänge weisen dabei konkrete Parameterwerte auf.

Leistungsprozessgestaltung	
Einflussgröße	**Parametrisierung**
Unternehmensgröße	Groß ab 250 Mitarbeiter
Finanzielle Möglichkeiten für Investitionen	Viele vs. geringe Möglichkeiten
Strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen	Hohe vs. geringe Innovationsbereitschaft
Kundenwunsch bzgl. Nachhaltigkeit	Hoher vs. geringer Kundenwunsch
Routenlänge	Lange Strecken mit > 100 km Kurze Strecken mit < 100 km
Stoppdichte	Hoch: viel Stop-and-go-Verkehr Gering: wenig Stop-and-go-Verkehr
Standzeiten	Regelmäßig und lang vs. unregelmäßig und kurz
Vertragsdetails	Langfristig und gut planbar vs. kurzfristig und schlecht planbar
Güterart	Geringes Gewicht und Volumen vs. hohes Gewicht und Volumen
Komplexität der Güter	Hohe vs. geringe Komplexität

Abbildung 5-11: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Leistungsprozessgestaltung

Infrastrukturgestaltung	
Einflussgröße	**Parametrisierung**
Unternehmensgröße	Groß ab 250 Mitarbeiter
Finanzielle Möglichkeiten für Investitionen	Viele vs. geringe Möglichkeiten
Technische Ausstattung	Hohe vs. geringe Ausstattung
Vorhandene Ladeinfrastruktur	Hohe vs. geringe Verfügbarkeit
Routenlänge	Lange Strecken mit > 100 km Kurze Strecken mit < 100 km
Stoppdichte	Hoch: viel Stop-and-go-Verkehr Gering: wenig Stop-and-go-Verkehr
Standzeiten	Regelmäßig und lang vs. unregelmäßig und kurz
Vertragsdetails	Langfristig und gut planbar vs. kurzfristig und schlecht planbar
Staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen	Hohe vs. geringe Anreize

Abbildung 5-12: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Infrastrukturgestaltung

Für den Bereich der Infrastrukturgestaltung, welcher in Phase 3 erfolgt, sind die neun Einflussgrößen Unternehmensgröße, finanzielle Möglichkeiten für Investitionen, technische Ausstattung, vorhandene Ladeinfrastruktur, Routenlänge, Stoppdichte, Standzeiten, Vertragsde-

tails und staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen relevant. Die Parametrisierung findet sich hierzu in Abbildung 5-12.

Dem Gestaltungsbereich Fuhrpark, welcher ebenfalls Phase 3 zugeordnet ist, sind auf Basis der empirischen Analysen sämtliche Einflussgrößen zu beachten. Aus der Kategorie Rahmenbedingungen des Unternehmens gehören hierzu die Unternehmensgröße, finanzielle Möglichkeiten für Investitionen, technische Ausstattung, strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen, Kundenwunsch bezüglich Nachhaltigkeit, Auslastung der eigenen Flotte und vorhandene Ladeinfrastruktur. Aus der Kategorie Leistungs- und Warenstrukutur sind es die Routenlänge, Stoppdichte, Standzeiten, Vertragsdetails, Güterart und Komplexität der Güter. Die externen Rahmenbedingungen werden durch die Entwicklung der Anschaffungskosten der E-Fahrzeuge, Entwicklung der Strompreise, nachhaltige Stromerzeugung sowie staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen berücksichtigt. Die zugehörige Parametrisierung befindet sich in Abbildung 5-13. Der Bereich Preisgestaltung, welcher Phase 4 zugeordnet ist, umfasst nach der empirischen Analyse fünf Einflussgrößen: strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen, Kundenwunsch bezüglich Nachhaltigkeit, Auslastung der eigenen Flotte, nachhaltige Stromerzeugung sowie staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen, siehe Abbildung 5-14. Der Gestaltungsbereich Politik, ebenfalls in Phase 4 verankert, weist fünf Einflussgrößen auf, welche von Bedeutung sind: strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen, Kundenwunsch bezüglich Nachhaltigkeit, Auslastung der eigenen Flotte, nachhaltige Stromer-

zeugung sowie staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen, siehe Abbildung 5-15.

Fuhrparkgestaltung	
Einflussgröße	**Parametrisierung**
Unternehmensgröße	Groß ab 250 Mitarbeiter
Finanzielle Möglichkeiten für Investitionen	Viele vs. geringe Möglichkeiten
Technische Ausstattung	Hohe vs. geringe Ausstattung
Strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen	Hohe vs. geringe Innovationsbereitschaft
Kundenwunsch bzgl. Nachhaltigkeit	Hoher vs. geringer Kundenwunsch
Auslastung der eigenen Flotte	Hohe vs. geringe Auslastung
Vorhandene Ladeinfrastruktur	Hohe vs. geringe Verfügbarkeit
Routenlänge	Lange Strecken mit > 100 km Kurze Strecken mit < 100 km
Stoppdichte	Hoch: viel Stop-and-go-Verkehr Gering: wenig Stop-and-go-Verkehr
Standzeiten	Regelmäßig und lang vs. unregelmäßig und kurz
Vertragsdetails	Langfristig und gut planbar vs. kurzfristig und schlecht planbar
Güterart	Geringes Gewicht und Volumen vs. hohes Gewicht und Volumen
Komplexität der Güter	Hohe vs. geringe Komplexität
Entwicklung der Anschaffungskosten für E-NFZ	Preisniveau bleibt über Dieselantrieb vs. nähert sich an
Entwicklung der Strompreise	Steigende vs. fallende Preise
Nachhaltige Stromerzeugung	Hoher vs. geringer Anteil erneuerbarer Energien
Staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen	Hohe vs. geringe Anreize

Abbildung 5-13: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Fuhrparkgestaltung

Preisgestaltung	
Einflussgröße	**Parametrisierung**
Strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen	Hohe vs. geringe Innovationsbereitschaft
Kundenwunsch bzgl. Nachhaltigkeit	Hoher vs. geringer Kundenwunsch
Auslastung der eigenen Flotte	Hohe vs. geringe Auslastung
Nachhaltige Stromerzeugung	Hoher vs. geringer Anteil erneuerbarer Energien
Staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen	Hohe vs. geringe Anreize

Abbildung 5-14: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Preisgestaltung

Politik	
Einflussgröße	**Parametrisierung**
Strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen	Hohe vs. geringe Innovationsbereitschaft
Kundenwunsch bzgl. Nachhaltigkeit	Hoher vs. geringer Kundenwunsch
Auslastung der eigenen Flotte	Hohe vs. geringe Auslastung
Nachhaltige Stromerzeugung	Hoher vs. geringer Anteil erneuerbarer Energien
Staatliche Anreize und Steuerungsmaßnahmen	Hohe vs. geringe Anreize

Abbildung 5-15: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Politik

5.2.3 Gestaltungsfelder zum Prozess der Elektrifizierung

Aufbauend auf den bereits erläuterten Einflussgrößen behandelt der folgende Abschnitt die Gestaltungsfelder im Rahmen des Prozesses zur Elektrifizierung des Fuhrparks. Hierfür wird die Einteilung in die verschiedenen Phasen verwendet, siehe Abbildung 5-16.

Gestaltungsfelder im Bereich Personalprozesse:

Im Rahmen der Personalprozessgestaltung ist über die beiden Gestaltungsvariablen Fahrerschulungen und Anreizsysteme zu entscheiden. Dabei wird den Unternehmen vorgeschlagen, Fahrerschulungen für die Mitarbeiter anzubieten, um für eine effiziente und den Elektrofahrzeugen angepasste Fahrweise der Fahrer zu sorgen. Durch Fahrerschulungen können eine größere Reichweite der Fahrzeuge und längere Haltbarkeit der Batterien erzielt werden.

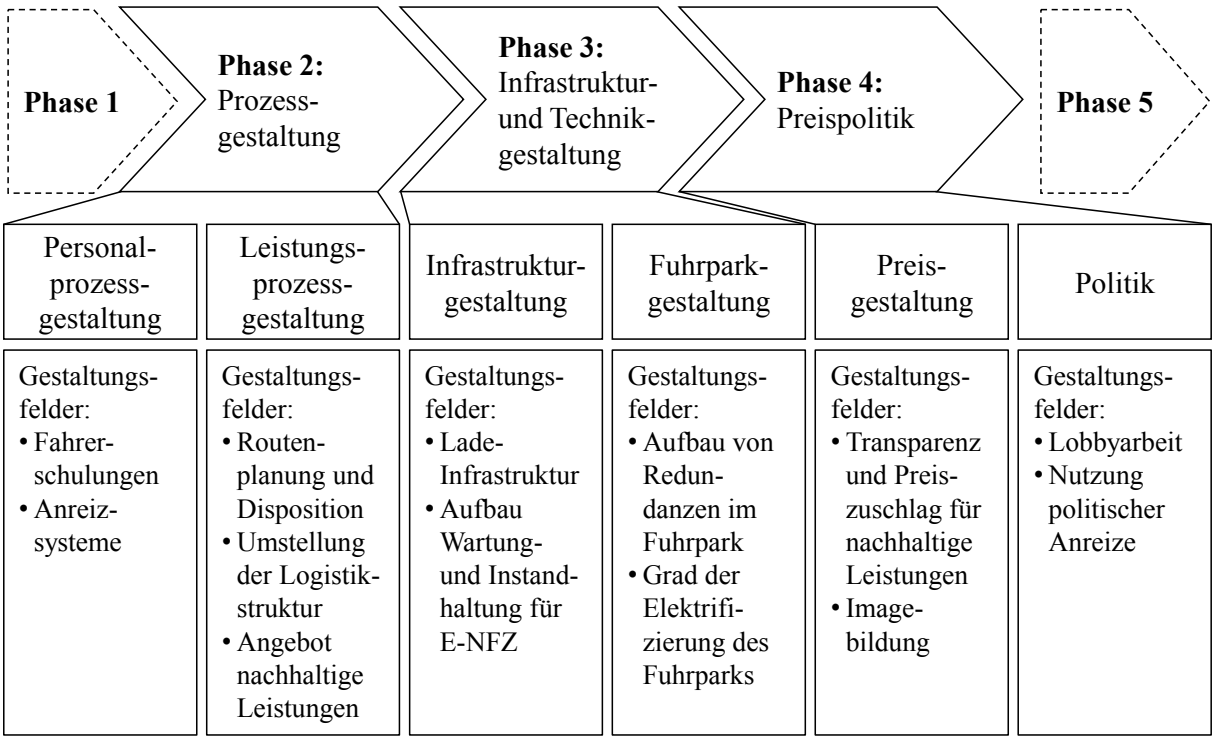


Abbildung 5-16: Gestaltungsfelder im Prozess zur Fuhrparkelektrifizierung

Zusätzliche Sicherheitsschulungen für Mitarbeiter zum Umgang mit Elektrofahrzeugen sowie zum Umgang mit den Ladesystemen sind nötig, um Schäden und Unfälle zu vermeiden (vgl. Witte et al. 2013). Als weiteres Gestaltungsfeld werden Anreizsysteme für eine energiesparende Fahrweise betrachtet. Mithilfe von Anreizsystemen sollen Verbrauch, Verschleiß und das Fahrverhalten verbessert werden. Dem Fahrer soll hiermit durch beispielsweise monetäre Prämien oder unternehmensinterne Rankings ein Anreiz zur energiesparenden Fahrweise geboten werden (vgl. Witte/ Klumpp 2013a).

Gestaltungsfelder im Bereich Leistungsprozesse:

Ein sehr wichtiges Gestaltungsfeld für Logistikdienstleister ist die Routenplanung und Disposition. Je nachdem, in welchem Ausmaß Routen, Lieferpläne und Ladezeiten verbessert und vor allem auch Reichweiten berücksichtigt werden, wird der Einsatz von Elektrofahrzeugen wirtschaftlich (vgl. Witte et al. 2013). Zwar steckt in der Routenanpassung großer Aufwand für den Dienstleister, allerdings besteht darin ein besonders großer Hebel zum wirtschaftlichen Einsatz von E-Mobility Konzepten. Unter anderem können dabei Fahrten aggregiert, Standzeiten optimiert und Leerfahrten gesenkt werden. Ebenso wie die Anpassung der Routenplanung und Disposition spielt auch die Umstellung der gesamten Logistikstruktur eine bedeutende Rolle bei der Einführung von E-Mobility Konzepten. Hierunter wird sowohl die Nutzung multimodaler Verkehrssysteme als auch der Abschluss von Kooperationen mit anderen Dienstleistern sowie die Durchführung von Milk-Runs verstanden. Weitere Transportmuster wie Teilla-

dungsverkehre, Umschlagspunkte oder Cross-Docking sind je nach Einsatzgebiet mögliche Verbesserungen in der Logistikstruktur (vgl. Bretzke/ Barkawi 2010). Auch das Angebot nachhaltiger Logistikleistungen ist ein relevantes Gestaltungsfeld. Beispiele sind hierzu eine CO2-freie Zustellung auf der letzten Meile mit E-Nutzfahrzeugen. Auch die Transparenz über erzeugte Umweltwirkungen stellt eine neue Leistung dar, welche zusätzlichen Kundennutzen schafft. So möchten viele Verlader detailliert Auskunft über den CO2-Footprint in der Logistik erhalten, um diesen wiederum für die eigene CO2-Bilanz zu verwenden. Oft stellt dies den Ausgangspunkt dar, um die CO2-Bilanz zu verbessern. Für den Logistikdienstleister ergeben sich mit dem Angebot zusätzlicher Leistungen oftmals erhöhte Kosten, welche er entweder selbst tragen oder in Form von Preisaufschlägen teilweise oder vollständig an den Kunden weitergeben kann (vgl. Bretzke/ Barkawi 2010; Kersten et al. 2013).

Gestaltungsfelder im Bereich Infrastruktur:

Elektromobile Fahrzeuge lassen sich nur dann effizient und wirtschaftlich einsetzen, wenn ausreichend Lademöglichkeiten für die Batterien oder Batteriewechselsysteme verfügbar sind. In größeren Städten ist häufig eine öffentliche Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge vorhanden. In ländlichen Gebieten ist eine ausreichende Ladeinfrastruktur bisher jedoch nicht gegeben (vgl. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur 2014). Je nach Lage des Unternehmens und der geographischen Ausbreitung seines Transportnetzes ist der Logistikdienstleister bei der Einführung von Elektrofahrzeugen

auf sich selbst gestellt, für eine angemessene Ladeinfrastruktur zu sorgen. Sie kann dabei auf dem eigenen Gelände, auf zentralen Umschlagsplätzen oder beim Kunden installiert werden (vgl. Globisch/ Dütschke 2013). Neben dem Aufbau einer Ladeinfrastruktur bedarf es auch dem Aufbau von Wartungs- und Instandhaltungskompetenz. Für unternehmensinterne Flotten verfügen viele Firmen über eigene Werkstätten, um Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten für die Fahrzeuge selbst durchzuführen. Mit dem Einsatz der E-Fahrzeuge bedarf es einer entsprechenden Schulung und Weiterbildung der Mitarbeiter sowie gegebenenfalls die Einstellung entsprechenden Fachpersonals (vgl. Witte et al. 2013).

Gestaltungsfelder im Bereich Fuhrpark:

Bei der Nutzung einer neuen Antriebstechnologie wie der Elektromobilität bestehen vereinzelt technische Schwierigkeiten und wirtschaftliche Unsicherheiten (vgl. Proff et al. 2013). Das technische Ausfallrisiko einzelner LKW führen bei Logistikdienstleistern zum Aufbau von Redundanzen mit Hilfe konventioneller Fahrzeuge. Zu den Unsicherheiten gehört neben des Ausfalls bzw. Fehlens von möglichen Ladestel-len auch technische Schwierigkeiten der Fahrzeuge als auch die Unsicherheit bezüglich ihrer möglichen Reichweiten (vgl. Globisch/ Dütschke 2013). Im Rahmen der Fuhrparkgestaltung ist auch der Grad der Elektrifizierung zu betrachten. Hierbei sind neben den rein elektrischen und konventionellen Fahrzeugen auch hybride Fahrzeuge interessant, welche eine vielversprechende Alternative darstellen.

Gestaltungsfelder im Bereich Preisgestaltung:

Für die Preisgestaltung ist neben dem Angebot nachhaltiger Leistungen auch ein positives Image wichtig. Daher sollten die Unternehmen die innovativen Services intensiv kommunizieren. Dadurch steigt die Wahrnehmung bei den Kunden und rechtfertigt eventuelle Preisaufschläge. Mit der Einführung von Elektrofahrzeugen ist es daher für viele Logistikdienstleister das Ziel, ihr Image zu verbessern (vgl. Bertram/ Bongard 2014). Die Imagebildung kann dabei von der Vermarktung des Nachhaltigkeitsbewusstseins durch die Anpassung der Unternehmensphilosophie und entsprechende Darstellung auf der Homepage bis hin zur Sensibilisierung von Mitarbeitern reichen. Die nachhaltigen Logistikleistungen aus dem Gestaltungsbereich Leistungsprozesse sind im Rahmen der Preisgestaltung auf eine Mehrpreisfähigkeit hin zu überprüfen und entsprechend zu bepreisen.

Gestaltungsfelder im Bereich Politik:

Neben den bereits genannten Gestaltungsmöglichkeiten können sich Logistikdienstleister um eine Wahrnehmung ihres Engagements bezüglich alternativer Antriebe im politischen Umfeld bemühen. Hierzu zählen unter anderem das Engagement in Verbänden sowie eine Interessensvertretung in der Politik. Dies kann dazu beitragen, dass politische Entscheidungen zugunsten der Logistikdienstleister erfolgen. Zudem ist der Prozess der Elektrifizierung so zu gestalten, dass möglichst viele Anforderungen der Politik erfüllt sind, um die maximale Förderung zu erhalten. Die Nutzung dieser Anreize ist daher ebenfalls ein Gestaltungsfeld. Politische Anreize können Kaufanreize wie Rabatte und Steuererleichterungen sowie günstige Finanzierungsmög-

lichkeiten für Elektronutzfahrzeuge darstellen. Weitere Anreize sind die Ausweisung gesonderter Fahrspuren oder gesonderter Parkflächen für Elektronutzfahrzeuge (vgl. Plötz et al. 2013a).

5.3 Ausgestaltung des Einführungsprozesses

Die konzeptionelle Ausgestaltung des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung erfolgte unter Verwendung von Flussdiagrammen. Für jeden Gestaltungsbereich des Prozesses wurden Flussdiagramme erstellt. Dabei sind in die Flussdiagramme sowohl die Ergebnisse aus den Fragebögen als auch aus den Expertenworkshops eingeflossen. Abbildung 5-17 stellt beispielhaft die Gestaltungsbereiche dar, welche in den Flussdiagrammen aufgegriffen wurden.

5.3.1 Flussdiagramme als konzeptionelle Grundlage

Der prinzipielle Aufbau der Flussdiagramme ist in Abbildung 5-18 für den Gestaltungsbereich der Personalprozessgestaltung aufgezeigt. Das Flussdiagramm stellt die Einflussgrößen und Gestaltungsfelder sowie deren Zusammenhänge für die jeweiligen Gestaltungsbereiche dar. Dabei sind die wesentlichen Bestandteile der Diagramme die Entscheidungsfelder mit der Frage nach der Ausprägung der Einflussgrößen sowie die Ergebnisfelder, in denen die Ansätze angezeigt werden. Die Einflussgrößen, welche dem Gestaltungsbereich zugeordnet sind, wurden dabei in Abhängigkeit ihrer inhaltlichen Zusammengehörigkeit gebündelt, so dass je Gestaltungsbereich höchstens vier Einflussgrößengruppen als Entscheidungspunkte bestehen.

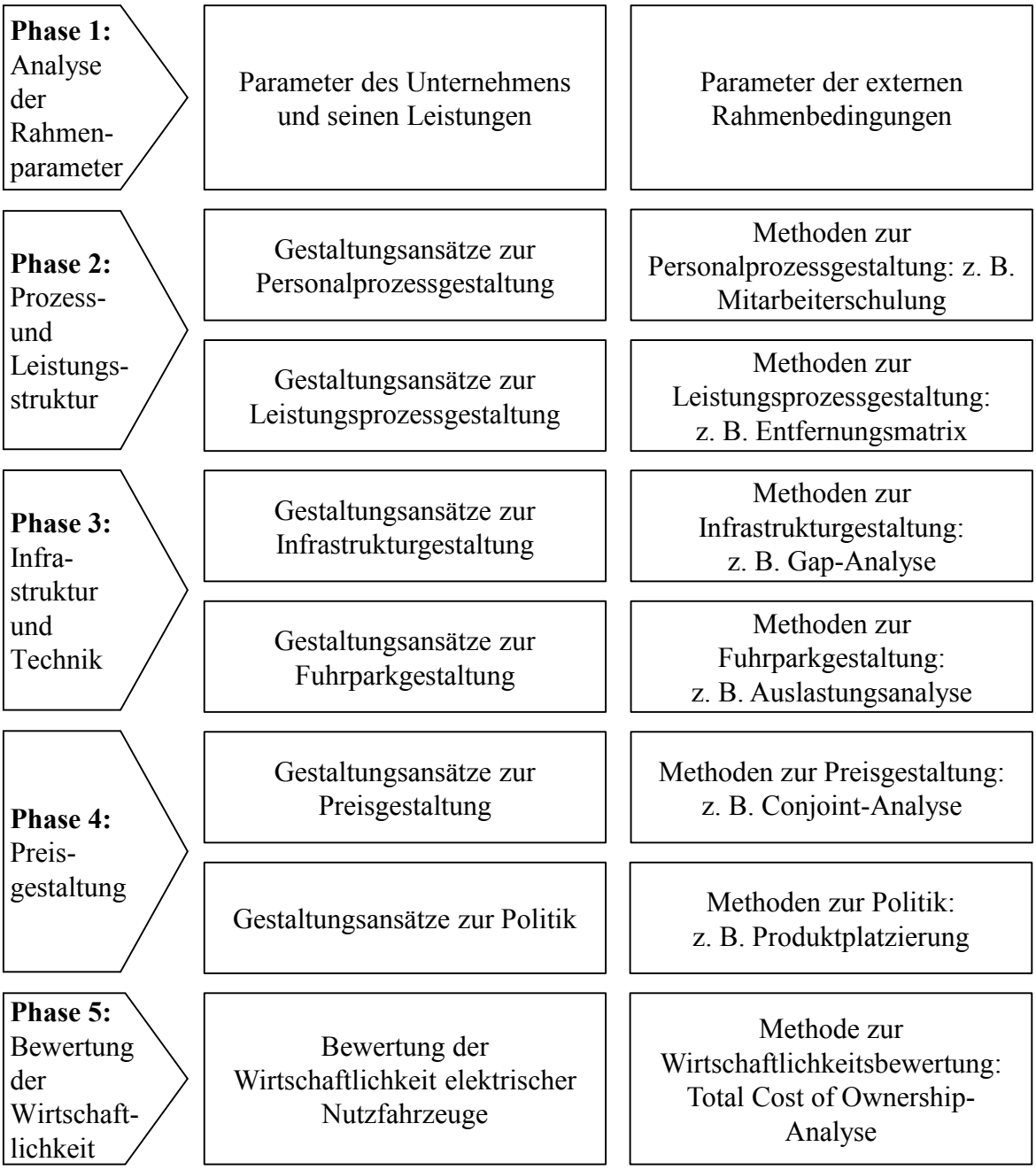


Abbildung 5-17: Inhalte je Phase und Gestaltungsbereich des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung

Die Ausprägungen der Einflussgrößen werden nacheinander abgefragt, so dass schrittweise die verschiedenen Verzweigungen des Flussdiagramms durchlaufen werden. Ausgehend von den Entscheidungsfeldern werden schlussendlich Empfehlungen bezüglich der Gestaltungsfelder aufgezeigt. Abbildung 5-19 zeigt den vergrößerten

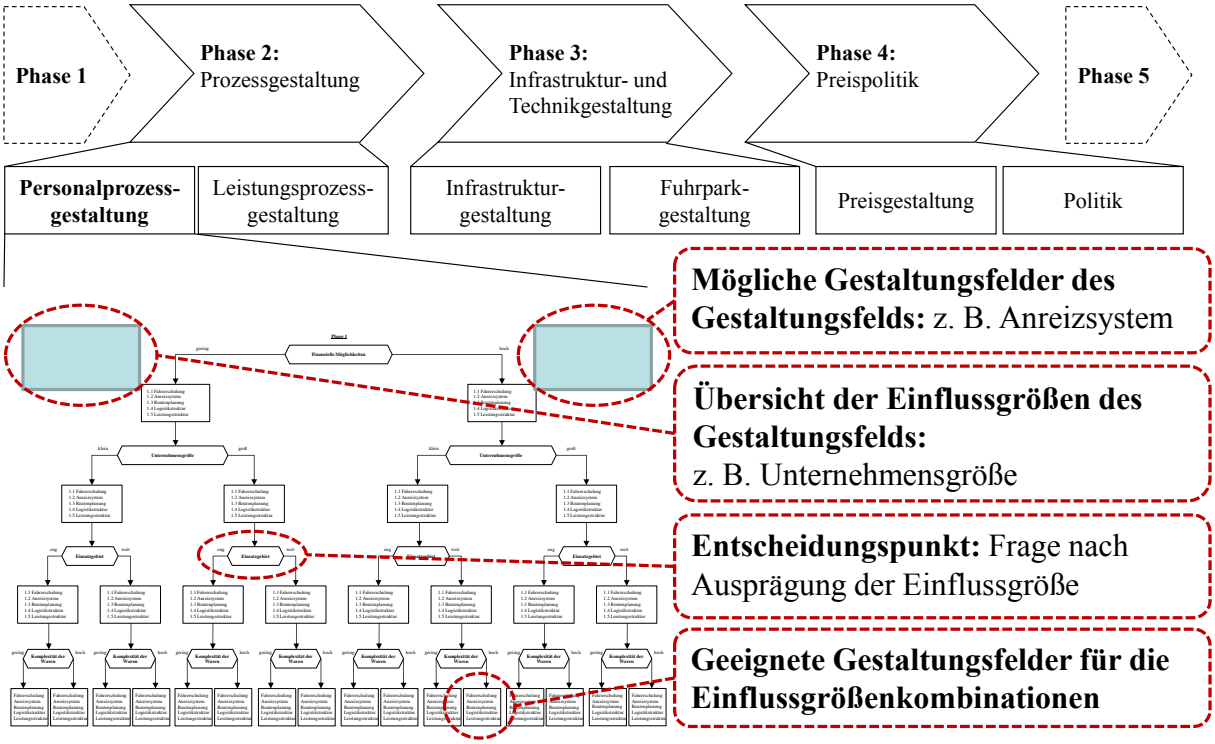


Abbildung 5-18: Aufbau der Flussdiagramme je Gestaltungsbereich

Auszug eines Flussdiagramms. Der Entscheidungspunkt Unternehmensgröße wählt die von sämtlichen analysierten Gestaltungsfeldern im ersten Schritt jene aus, die entweder unabhängig von der Einflussgröße sind oder explizit für die Ausprägung der Einflussgröße geeignet sind. Somit werden nach dem durchlaufenen Flussdiagramm diejenigen Gestaltungsfelder ausgegeben, die für die jeweilige Einflussgrößenkombination des Unternehmens erfolgsversprechend sind.

Weiterhin sind neben den Empfehlungen bezüglich der Gestaltungsfelder auch Methoden hinterlegt, um die Ansätze zu realisieren (vgl. Abbildung 5-20). Hierbei sind je nach Kombination und Ausprägung der Einflussgrößen unterschiedliche Methoden und Instrumente sinnvoll. So eignen sich für die Anpassung der Routenplanung und Disposition jene Methoden, die sich mit der Lösung von Transportproblemen beschäftigen. Zur Gestaltung der Anreizsysteme sind hingegen

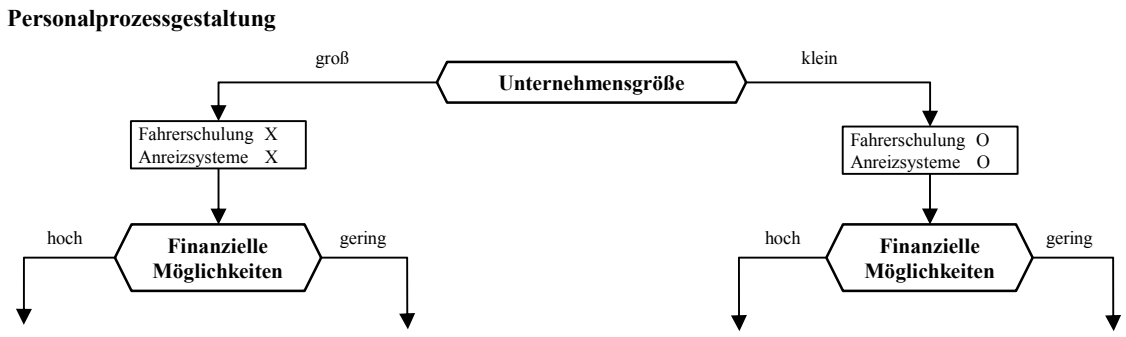


Abbildung 5-19: Entscheidungspunkte im Flussdiagramm Personalplanung

Methoden aus dem Bereich der Mitarbeitermotivation und Entlohnung relevant. Da einige Methoden im Rahmen des Elektrifizierungsprozesses den Unternehmen nicht bekannt waren, sind alle im Rahmen der Forschungstätigkeiten identifizierten Methoden kurz beschrieben und mithilfe ihrer Zielwirkungen sowie der Vor- und Nachteile charakterisiert. Die Beschreibungen finden sich als Methodensteckbriefe im IT-Tool wieder und steigern die Methodenkompetenz der Anwender.

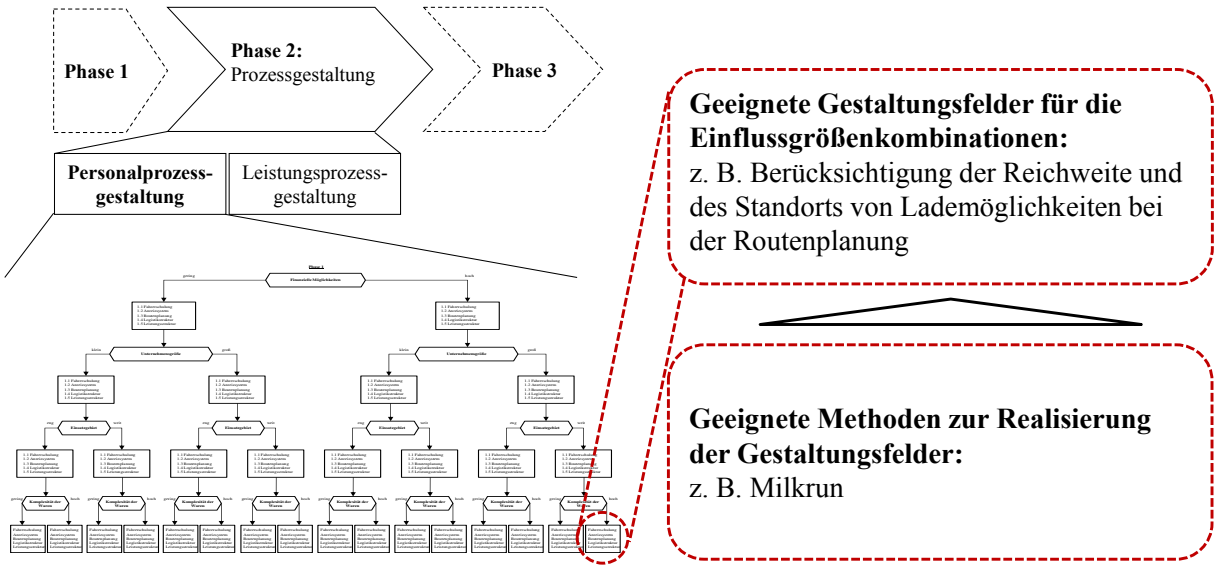


Abbildung 5-20: Zusammenhang zwischen Gestaltungsansätzen und Methodenempfehlung

5.3.2 Ergebnisse je Phase des Prozesses zur Elektrifizierung des Fuhrparks

Für jeden Gestaltungsbereich des Elektrifizierungsprozesses wurden analog zur beschriebenen Vorgehensweise Flussdiagramme erarbeitet. Ausgangspunkt bildet dabei das dargestellte Flussdiagramm, siehe Ausschnitt in Abbildung 5-21. Das Ablaufdiagramm ist passend zu den fünf Phasen des Elektrifizierungsprozesses aufgebaut. Daher steht zu Beginn die Analyse der Rahmenbedingungen und des Ist-Zustands

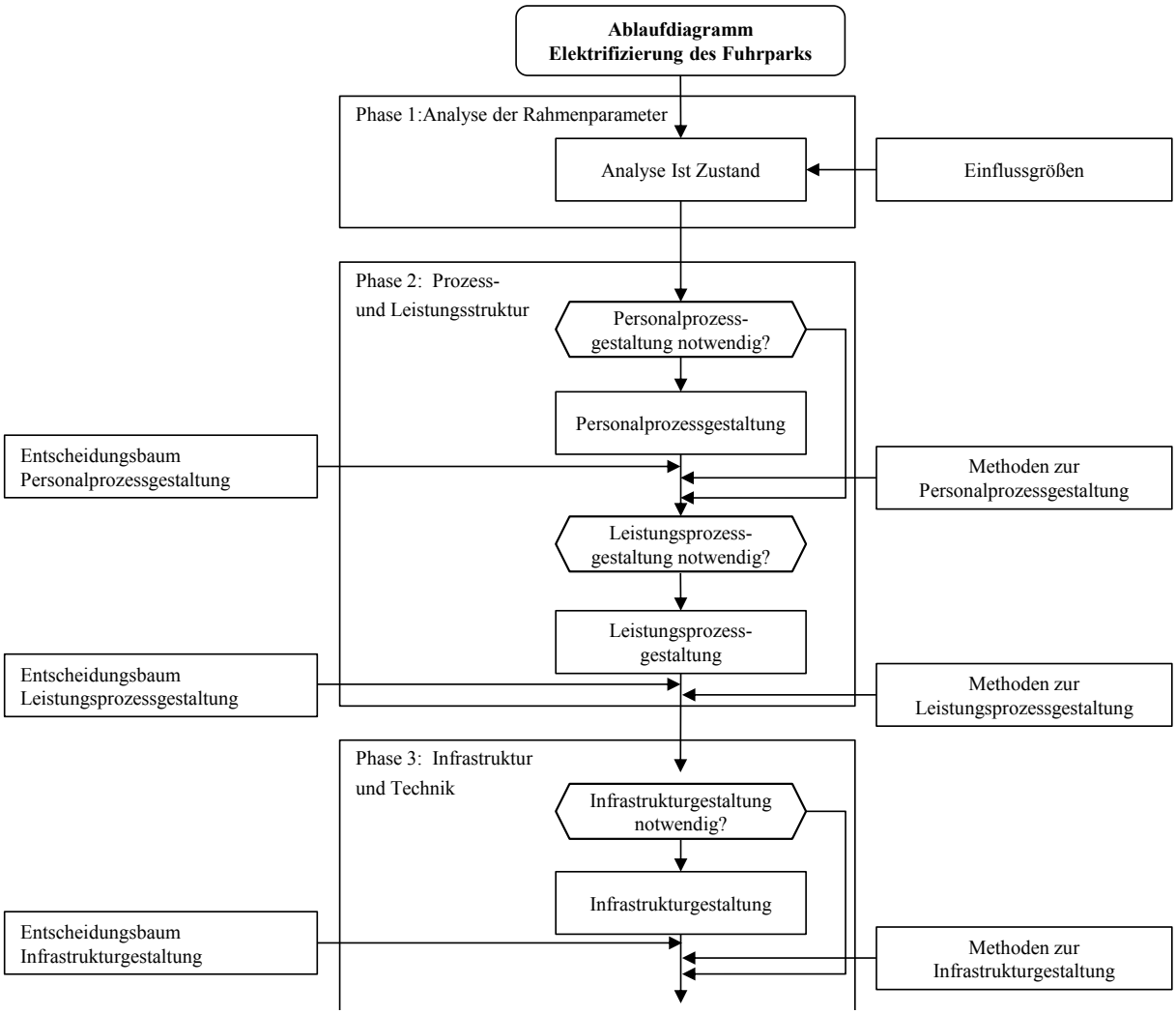


Abbildung 5-21: Ablaufdiagramm des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung

des Unternehmens. Ausgehend davon werden die weiteren Phasen des Prozesses durchlaufen. Dem Anwender ist dabei durch Entscheidungen freigestellt, ob er sämtliche Gestaltungsbereiche bearbeiten möchte, oder sich einzelne Felder heraussucht. Dies eignet sich besonders bei wiederholter Anwendung des IT-Tools. Beim erstmaligen Einsatz hingegen ist die Bearbeitung aller relevanten Gestaltungsfelder empfehlenswert. Nachfolgend werden die Methoden je Gestaltungsbereich übersichtlich dargestellt. Zur besseren Übersichtlichkeit sind die Gestaltungsfelder nochmals aufgeführt. Die zu den einzelnen Phasen gehörenden Flussdiagramme mit den jeweiligen Empfehlungen je Gestaltungsbereich sind im Anhang detailliert. Für den Bereich der Personalprozessgestaltung wurden acht Methoden identifiziert, welche sich dazu eignen, Lösungen im genannten Bereich zu ermitteln. Des Weiteren werden die Gestaltungsfelder in Abhängigkeit der Ausprägungen der Einflussgrößen empfohlen, siehe Abbildung 5-22. Beispiele der Methoden sind Prozessklinik, Entgeltsysteme und flexible Arbeitszeitmodelle. Zudem werden Methoden empfohlen, die dabei unterstützen, das vorhandene Wissen der Mitarbeiter zu ermitteln und zu nutzen. Hierzu eignen sich beispielsweise das betriebliche Vorschlagswesen sowie der kontinuierliche Verbesserungsprozess. Zur Leistungsprozessgestaltung wurden acht Methoden ausgewählt und analysiert, siehe Abbildung 5-23. Sie eignen sich dazu, die angebotenen Leistungen des Unternehmens sowie die Prozesse zur Leistungserstellung zu gestalten. So sind beispielsweise Logistikleistungen zu identifizieren und zu detaillieren, welche durch Nutzung der E-

Fahrzeuge geringere Umweltwirkungen aufweisen. Diese Leistungen sind dem Kunden anschließend als nachhaltige Leistungen anzubieten. Zur Überprüfung der Kundenpräferenzen lässt sich hierzu die Conjoint-Analyse verwenden, um ein kundengruppenspezifisches Leistungsangebot erarbeiten zu können. Im Rahmen der Leistungserstellung sind unter anderem die Routen an die Erfordernisse der E-Mobility Konzepte anzupassen. Verschiedene Lastprofile der Routen unterstützen dabei, geeignete Einsatzmöglichkeiten für die elektrischen Fahrzeuge auszuwählen. Durch das Flottenmanagement lässt sich somit sicherstellen, dass die Fahrzeugeigenschaften der

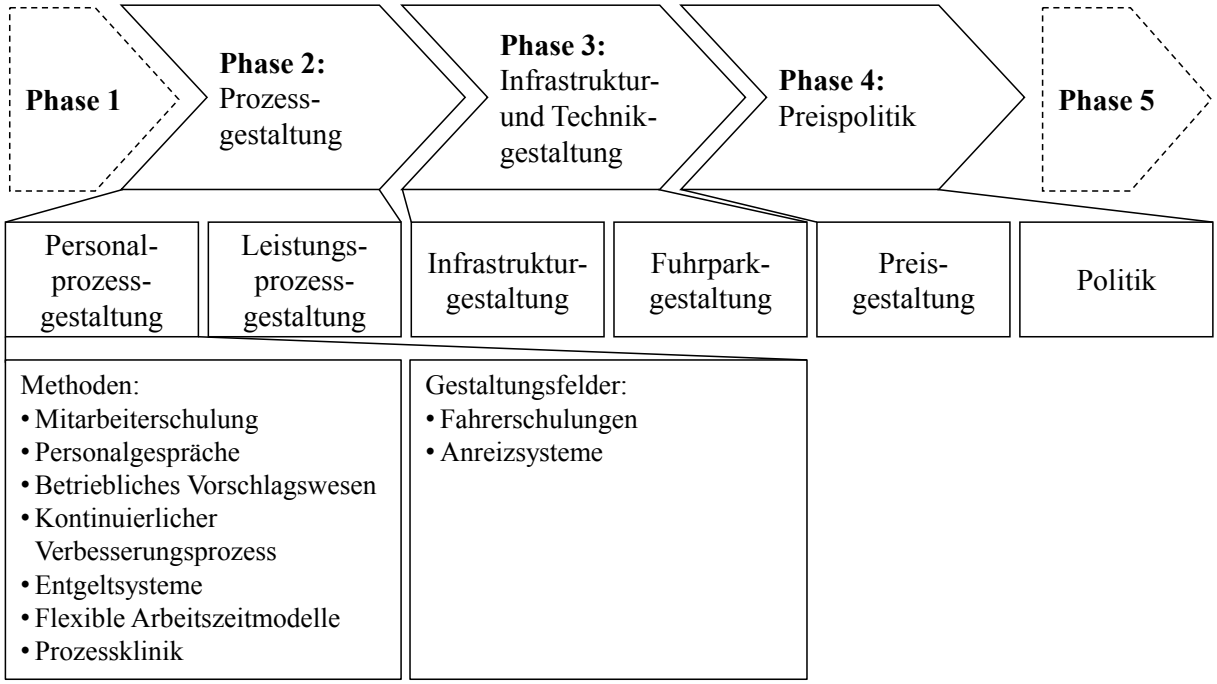


Abbildung 5-22: Methoden und Gestaltungsfelder zur Personalprozessgestaltung

E-Fahrzeuge im Rahmen der Leistungserstellung berücksichtigt werden. Für die Gestaltung der Infrastruktur sind neben den beiden Gestaltungsfeldern neun Methoden relevant, siehe Abbildung 5-24. Einerseits geht es dabei um den Aufbau relevanter Infrastruktur, wie La-

demöglichkeiten sowie Wartungs- und Instandhaltungskompetenzen, um E-Fahrzeuge einsetzen zu können. Andererseits sind dabei auch technologische und wirtschaftliche Aspekte mit einzubeziehen, welche durch Methoden wie die MAPI-Methode, den Technologiekalender sowie die Break-even-point-Analyse berücksichtigt werden. Im Rahmen der Fuhrparkgestaltung sind sieben Methoden relevant, welche unter anderem dabei unterstützen, den Grad der Elektrifizierung des Fuhrparks zu bestimmen und zu validieren, siehe Abbildung 5-25.

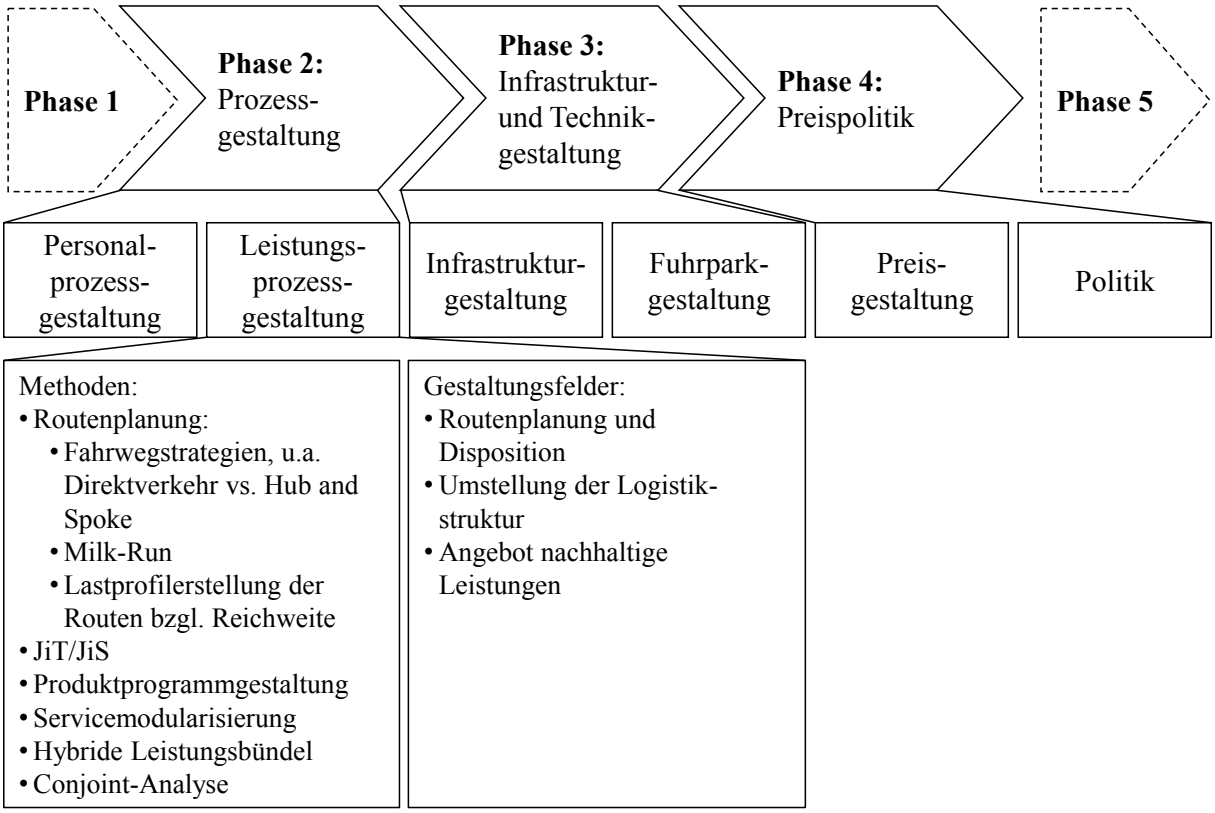


Abbildung 5-23: Methoden und Gestaltungsfelder zur Leistungsprozessgestaltung

Hierzu dienen beispielsweise die Auslastungsanalyse und das Fuhrparkmanagement. Aufbauend auf weiteren Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen, siehe hierzu auch Abschnitt 4.3, lässt sich der Einsatz von E-

Nutzfahrzeugen aus finanzieller Sicht beurteilen, um somit einen optimalen Anteil von E-Fahrzeugen im Fuhrpark abzuleiten.

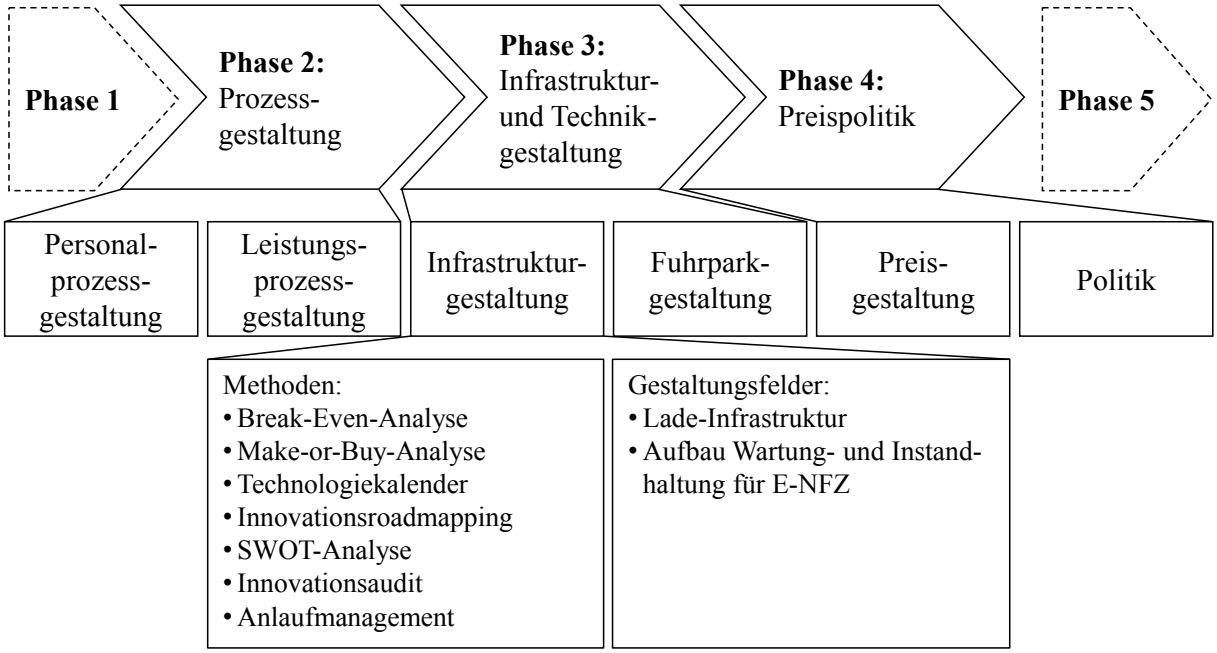


Abbildung 5-24: Methoden und Gestaltungsfelder zur Infrastrukturgestaltung

Für die Preisgestaltung sind neben den beiden Gestaltungsfeldern sieben Methoden relevant, siehe Abbildung 5-26. Sie unterstützen dabei,

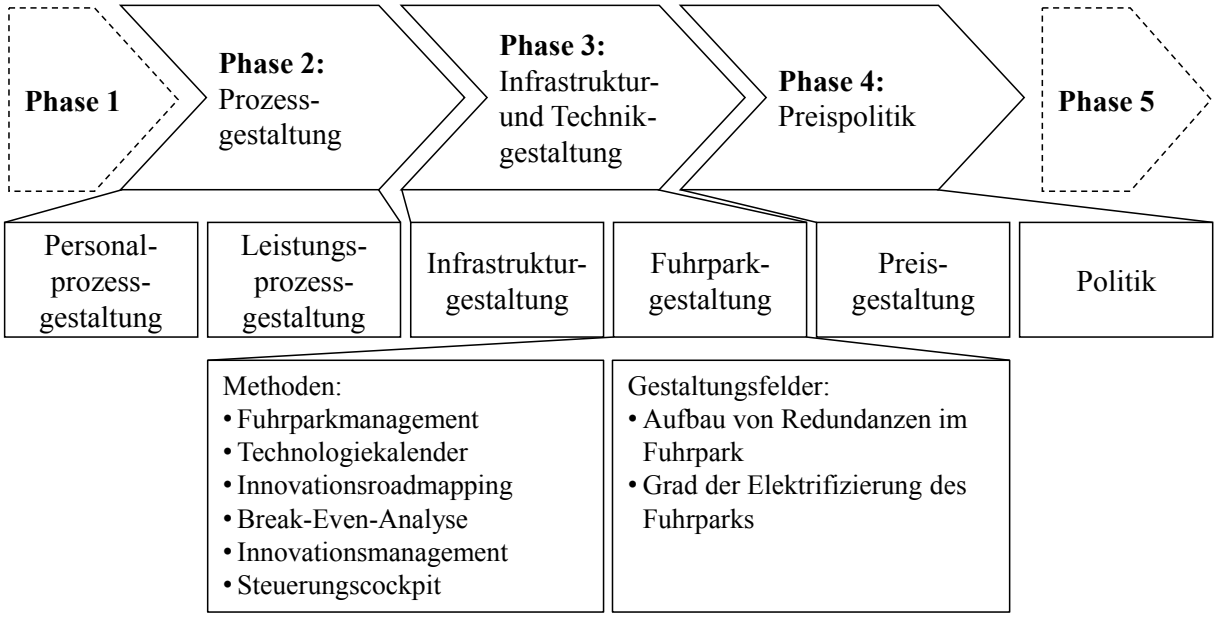


Abbildung 5-25: Methoden und Gestaltungsfelder zur Fuhrparkgestaltung

die Mehrpreisfähigkeit der Logistikleistungen, welche mit E-Nutzfahrzeugen durchgeführt werden, zu nutzen. Hierzu dienen als Grundlage die im Rahmen der Leistungsprozessgestaltung identifizierten Leistungen. Im letzten Gestaltungsbereich, der Politik, wurden

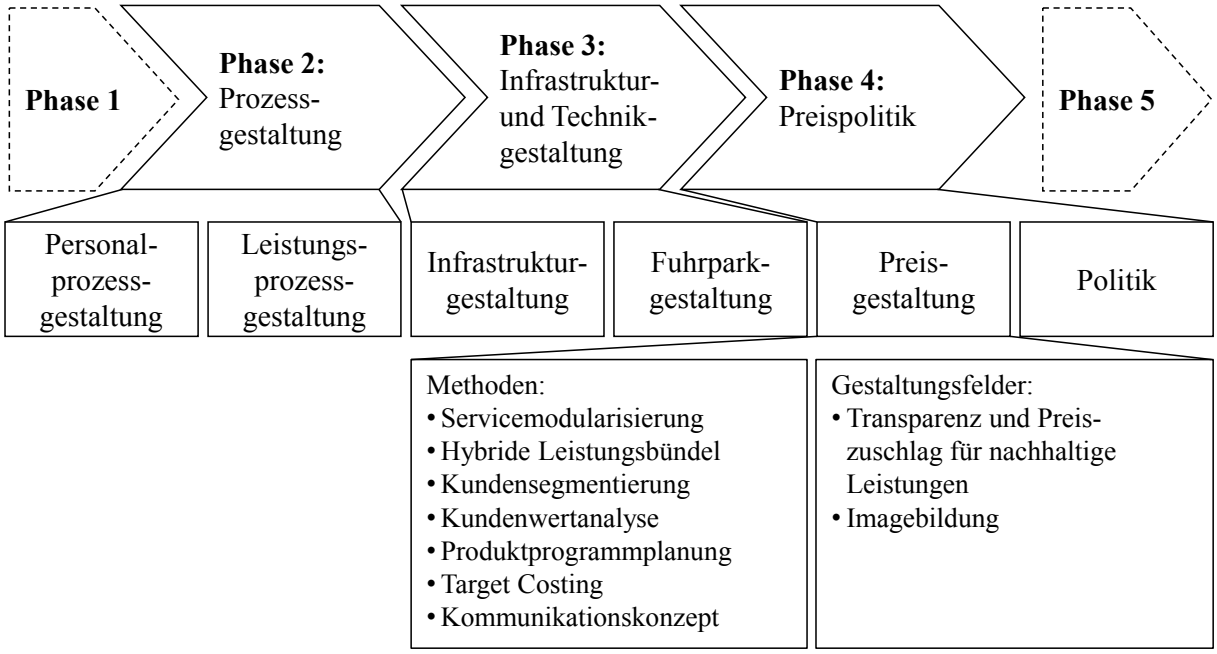


Abbildung 5-26: Methoden und Gestaltungsfelder zur Preisgestaltung

sechs Methoden identifiziert, siehe Abbildung 5-27. Sie zielen zum

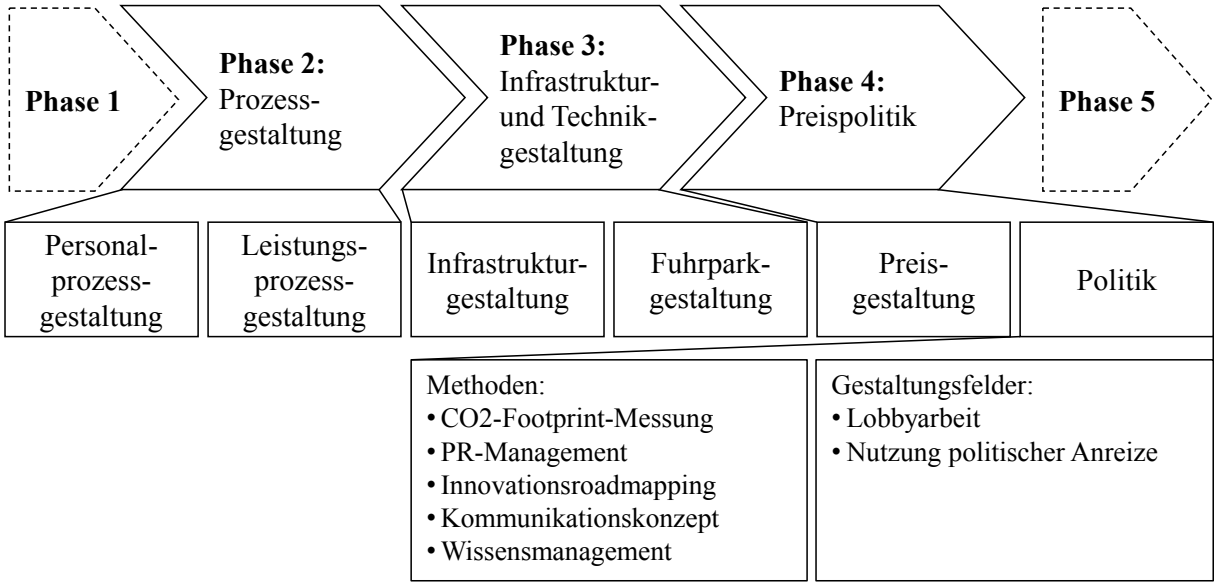


Abbildung 5-27: Methoden und Gestaltungsfelder zur Politik

einen auf eine Nutzung politischer Anreize ab, zum anderen sollen sie dabei unterstützen, die Interessen der Logistikdienstleister in der Politik transparent zu machen. So lassen sich beispielsweise die geringeren Umweltwirkungen der E-Nutzfahrzeuge durch die Ermittlung des CO2-Footprints nachweisen. Dies kann wiederum dazu genutzt werden, die Schaffung weiterer politischer Anreize anzustrengen, beispielsweise die Nutzung von Busspuren in Innenstädten. Für die fünfte Phase, die Wirtschaftlichkeitsbewertung, wird auf das Kapitel 4.3 verwiesen. Dort findet eine vergleichende Bewertung der verschiedenen Mobilitätskonzepte einschließlich einer Sensitivitätsanalyse statt.

5.3.3 Expertengespräche zur Überprüfung des Modells

Die Ergebnisse der Modellbildung wurden im Rahmen von zwei Sitzungen des projektbegleitenden Ausschusses insgesamt 19 Logistik- und Elektromobilitätsexperten vorgestellt, siehe Abbildung 5-28. Diese Gespräche dienten sowohl der Überprüfung als auch der Ergänzung der erarbeiteten Erkenntnisse zur Elektrifizierung des Fuhrparks. Die Unternehmen setzen sich dabei aus kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) sowie aus Großunternehmen (GU) zusammen. Zum einen sind hierunter Mitglieder des projektbegleitenden Ausschusses als auch weitere interessierte Unternehmen, die im Laufe des Projekts gewonnen werden konnten. Die Überprüfung des Modells erfolgte dabei in den drei Schritten Modellvorstellung, Abfrage von Einflussgrößen, Gestaltungsfeldern, Methoden sowie Diskussion der IT-Tool-Konzeption. So wurden im Rahmen der Projektsitzungen zunächst der Prozess zur Fuhrparkelektrifizierung sowie die Einflussgrößen, Ge-

staltungsfelder und Methoden je Phase vorgestellt. Außerdem wurde der Algorithmus zur Auswahl geeigneter Gestaltungsfelder aufgezeigt.

Unternehmen		Typ
	Akasol High Performance Battery Systems	KMU
	AVL Deutschland GmbH	KMU
	BATA Logistics GmbH (Bavaria Taube Logistik)	KMU
	Bodan GmbH	KMU
	Balth. Papp Internationale Lebensmittellogistik	KMU
	CargoLine GmbH & Co. KG	KMU
	DB Schenker	GU
	DEKRA Consulting GmbH	GU
	DHL Deutsche Post AG	GU
	Epos Bio Partner Süd GmbH	KMU
	evandus	KMU
	GEROTAX GmbH	KMU
	Landesverband Bayerischer Transport- und Logistikunternehmen e.V.	KMU
	Obermann Gruppe Logistik und Transport	KMU
	TEDi GmbH & Co. KG	GU
	TÜV SÜD AG	GU
	L. Wackler GmbH	KMU
	Walcher Logistik GmbH	KMU
	Wilhelm Weber Transporte	KMU

Abbildung 5-28: Expertengespräche zur Modellüberprüfung

Die Experten gaben schließlich Feedback und Verbesserungsvorschläge bezüglich des Modells und dessen Inhalte an. Die Ergänzung der Modellergebnisse erfolgte dabei entlang der Phase des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung. Nachdem die Experten den Prozess an sich, die Einflussgrößen sowie Gestaltungsfelder und Methoden hinsichtlich der Praxistauglichkeit und Anwendbarkeit beurteilten, wurden Sie dazu aufgefordert, sowohl die Gestaltungsansätze als auch die Methoden auf Basis der eigenen Erfahrungen zu ergänzen. Die Vorstellung des Modells sowie seine Ergänzung erfolgte iterativ in zwei Projektsitzungen, um eine konsistente und valide Ausgestaltung des

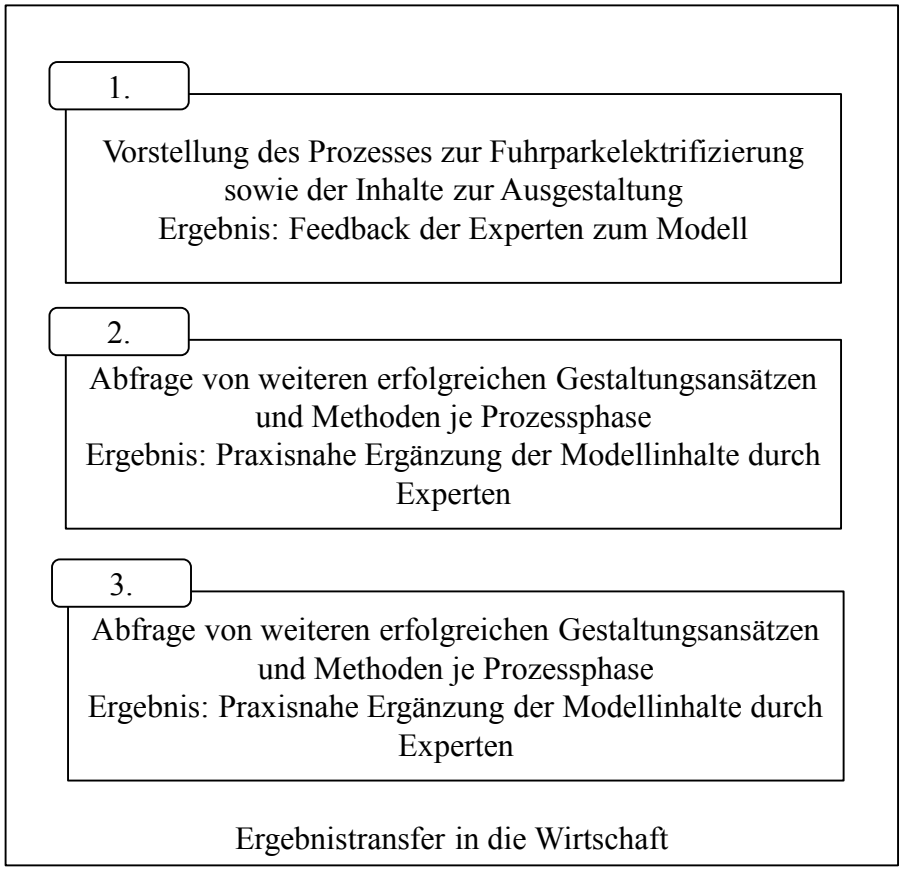


Abbildung 5-29: Vorgehensweise bei der Expertenbefragung zur Modellüberprüfung

Modells sicherzustellen. Die Vorgehensweise im Rahmen der Projektsitzungen zur Modellüberprüfung und -ergänzung sowie zur Diskussion des IT-Tools ist in Abbildung 5-29 dargestellt. Die intensive Zusammenarbeit mit den Unternehmen im Rahmen der Vorstellung und Besprechung der Forschungsergebnisse führte darüber hinaus zu einem Transfer der Erkenntnisse in die Unternehmen.

5.4 Zusammenfassung der Erkenntnisse zur Modellbildung

Der vorangegangene Abschnitt zeigt ein detailliertes fünfphasiges Modell auf, welches den Elektrifizierungsprozess bei Logistikdienstleistern behandelt. Ausgehend von der Analyse der Rahmen-

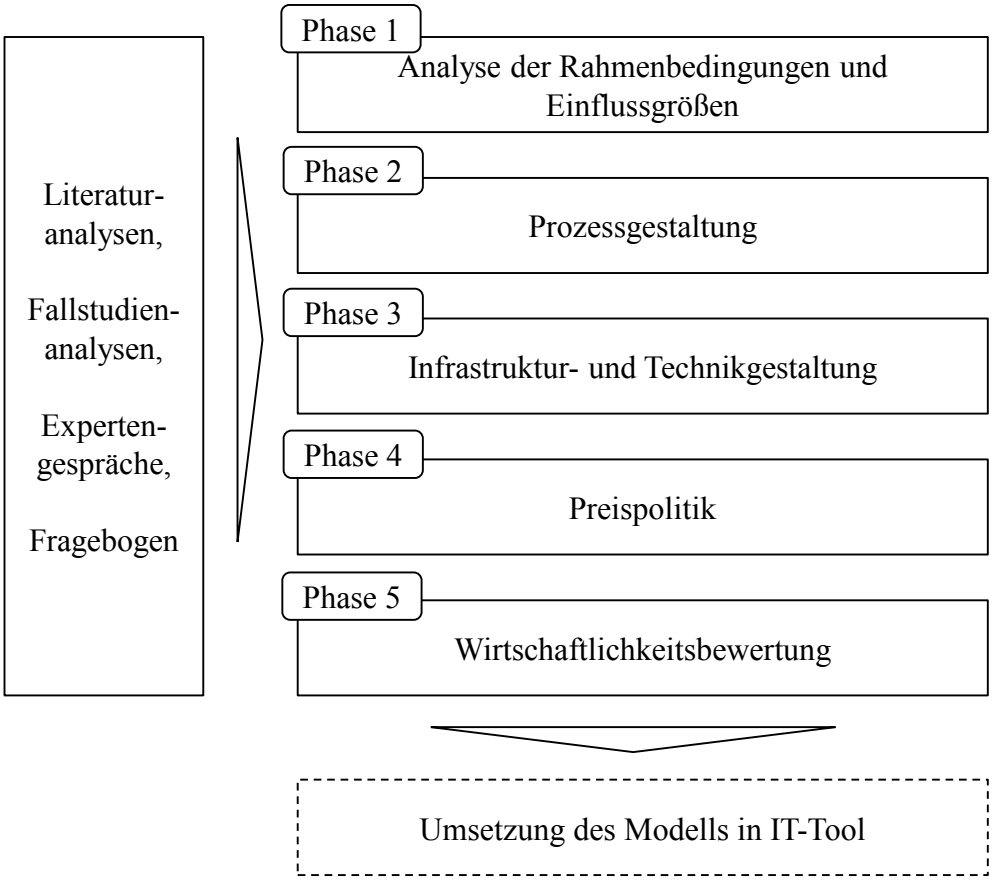


Abbildung 5-30: Zusammenfassung der Modellbildung

bedingungen und Einflussgrößen des Unternehmens werden Empfehlungen zur Prozessgestaltung, Infrastruktur- und Technikgestaltung sowie Preispolitik gegeben. Dies beinhaltet sowohl Empfehlungen zu Gestaltungsfeldern als auch zu relevanten Methoden. Hierzu wurden die Zusammenhänge der Einflussgrößen und Gestaltungsfelder mit Hilfe von Expertengesprächen und einem Fragebogen ermittelt. Die anschließende Ausgestaltung des Einführungsprozesses erfolgte im engen Austausch mit dem projektbegleitenden Ausschuss des Forschungsprojekts sowie weiteren Expertengesprächen. Die Ergebnisse der verschiedenen Phasen werden dabei auf Basis von Flussdiagrammen implementiert, um eine IT-basierte Unterstützung des Einführungsprozesses zu ermöglichen. Die Ergebnisse der Modellbildung werden schließlich in ein IT-Tool überführt, welches das folgende Kapitel behandelt.

6 IT-Tool zum Transfer der Forschungsergebnisse

Ziel des Tools ist die Konsolidierung der Forschungsergebnisse aus dem Forschungsprojekt E-Mobility bei Logistikdienstleistern – Potenziale, Erfolgsfaktoren und Entscheidungshilfen für den Einsatz von Elektromobilität bei kleinen und mittelständischen Logistikdienstleistern. Das Tool dient als IT-gestützter Leitfaden zum vereinfachten Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in die Wirtschaft. Die entwickelte Software folgt einem adaptiven Aufbau und ist mittels gängigen Web-Browsern über das Internet frei zugänglich. Die Architektur des Tools besteht aus zwei Modulen. Im ersten Modul können Unternehmen ihre Ist-Situation hinsichtlich der Einflussfaktoren auf die Implementierung von Elektromobilität im Unternehmen bewerten lassen. Der Anwender führt hierzu eine Selbstanalyse mittels eines standardisierten Fragebogens durch. Auf Basis der Einflussfaktoren leitet das Tool im Folgeschritt Handlungsempfehlungen zur stufenweisen Integration von Elektromobilität im Unternehmen ab. Dem Unternehmen werden zusätzlich praxisnahe Konzepte und Methoden aufgezeigt. Das zweite Modul des Tools beinhaltet die Berechnung von Levelized Mobility Costs - einer erweiterten Total Cost of Ownership Betrachtung für den Vergleich von konventionellen mit elektrischen Antrieben. Hierfür werden die Gesamtkosten, basierend auf Nutzer- oder Vorgabewerten, für die drei Fahrzeugvarianten konventioneller Dieselantrieb, Hybridantrieb und Elektroantrieb gegenübergestellt und auf den gefahrenen Kilometer, bei einer angenommenen Laufleistung von acht Jahren, heruntergebrochen.

6.1 Anwendungsmöglichkeiten und Nutzen des IT-Tools

Zielgruppe des IT-Tools sind kleine und mittelständische Unternehmen aus der Logistikbranche. Durch die in der Öffentlichkeit vielmals kontrovers diskutierte Einsatzfähigkeit der Elektromobilität im Straßenverkehr sind viele Verbraucher unsicher über den ökologischen und ökonomischen Einsatz von Elektromobilität. Vor allem vor dem Hintergrund, ein Elektrofahrzeug im Unternehmen als Investitionsgut zu betrachten, spielen die vermeintlich hohen Anschaffungskosten eine geringwertigere Rolle. So verspricht sich der Anwender, Einsparpotenziale über die Laufzeit des Fahrzeugs, aufgrund geringerer Kosten für Treibstoff (Elektrizität), Versicherung, Steuer sowie Instandhaltungs- und Wartungskosten. Neben diesen konkreten Zahlen dieser Wirtschaftlichkeitsberechnung gibt es allerdings auch weiche Faktoren wie den Aufbau von Infrastruktur, die Verfügbarkeit von Reparatur- und Servicewerkstätten sowie das Wissen der Mitarbeiter im Umgang mit der Technologie. Das IT-Tool soll den Anwendern Klarheit, Transparenz und die Entscheidungsgrundlage für den Einsatz von Elektromobilität bei Logistikdienstleistern geben. Hierfür werden mit Hilfe des IT-Tools die harten und weichen Einflussgrößen vom Anwender abgefragt, bewertet und als einfach verständliche Ausgangsgrößen dargestellt. Aus diesen Erkenntnissen werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die den Entscheidungsträger dazu befähigen, objektiv über den Einsatz von Elektromobilität abzuwägen, um damit den Grundstein für eine zukunftsorientierte und wettbewerbsfähige Ausrichtung des Unternehmens zu legen.

6.2 Beschreibung des IT-Tools

Um die weite Verbreitung der Forschungsergebnisse zu gewährleisten wurde ein internetbasiertes, kostenfreies Tool zur einfachen Darstellung der Ergebnisse auf HTML-Basis implementiert. Das Tool ist über alle gängigen Web-Browser (Internet Explorer, Mozilla Firefox, etc.) über die folgende Webadresse zugänglich:

http://tools.bwl.wi.tum.de/emolo/index.php/site/index

Zur Benutzung des kostenfreien Tools ist eine Registrierung des Benutzers nötig. Die Registrierung kann mit geringem Zeitaufwand unter Angabe von Name, einer gültigen Email-Adresse, einem Benutzernamen und eines Passworts erfolgen. Die Anmeldung kann nach Erhalt der Bestätigungsemail erfolgen.

Abbildung 6-1: Begrüßungsbildschirm des IT-Tools

Nach dem erfolgreichen Anmelden findet sich der Nutzer auf dem Übersichtsbildschirm wieder (vgl. Abbildung 6-2). Die Führung durch alle Schritte des IT-Tools erfolgt automatisch über einen „Weiter“-Button. Das IT-Tool besteht aus zwei Modulen. Das erste Modul ist das sogenannte EMOLO-Tool. Das zweite Modul ist eine Wirtschaftlichkeitsberechnung für Elektrofahrzeuge. Zunächst zum EMOLO-Tool, welches zweistufig aufgebaut ist. In der ersten Stufe werden vom Benutzer unternehmensspezifische Eingangsparameter abgefragt. Diese Eingangsparameter ergeben sich aus den Rahmenbedingungen des Unternehmens, der Leistungs- und Warenstruktur sowie den politischen Rahmenbedingungen im Umfeld des Unternehmens. Zu den Rahmenbedingungen des Unternehmens gehören Eingangsparameter wie die Unternehmensgröße, die strategische Ausrichtung bezüglich Innovationen oder der vorhandenen technischen Ausstattung des Fuhrparks. Zur Leistungs- und Warenstruktur gehören Eingangsparameter wie die Größe des Einsatzgebiets, den durchschnittlichen geografischen Routendetails sowie durchschnittliche Standzeiten der Fahrzeuge. Zu den politischen Rahmenbedingungen gehören Eingangsparameter wie die erwartete Entwicklung der Anschaffungskosten für elektrische Nutzfahrzeuge, die Entwicklung der Strompreise sowie die Angabe von staatlichen Anreizen und Steuerungsmaßnahmen. Die Eingangsparameter werden mit Hilfe des EMOLO-Tools aufgenommen und ausgewertet. Im Folgeschritt werden automatisiert Gestaltungfelder zum unternehmensspezifischen Einsatz von Elektromobilität in der Logistik abgeleitet. Die Gestaltungsfelder ergeben

sich aus den Themenbereichen Prozessgestaltung, Infrastruktur und Technik, Preispolitik und Wirtschaftlichkeit. Im Rahmen der automatisierten und einflussgrößenbasierten Handlungsempfehlungen werden Gestaltungsmöglichkeiten zur Personalprozess- und Leistungsprozessgestaltung, zu den Themen Infrastruktur- und Fuhrparkgestaltung

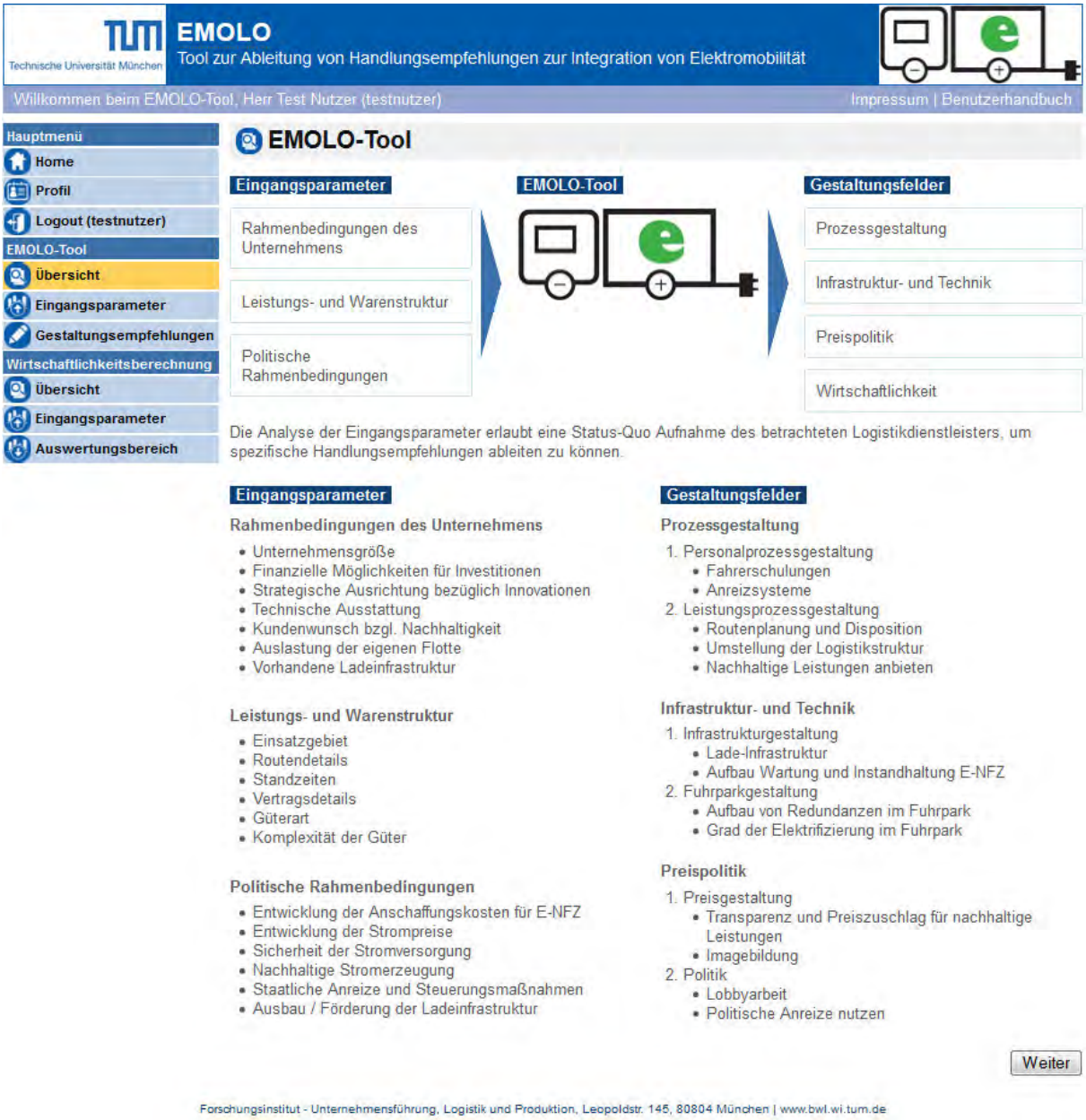


Abbildung 6-2: Modul 1 EMOLO-Tool

sowie zur Preisgestaltung und einer möglichen politischen Einflussnahme aufgezeigt.

Die benötigten Eingangsparameter werden mittels einer standardisierten und automatisierten Eingabe im Untermenü „Eingangsparameter“ vom Anwender abgefragt (vgl. Abbildung 6-3). Hierzu werden vom Benutzer systematisch alle Eingangsparameter mit Hilfe von sogenannten „Radio-Buttons“ abgefragt. Der Anwender wird automatisch durch alle Eingangsparameterkategorien geführt. Ein Voranschreiten im Abfrageprozess ist nur möglich wenn der Anwender alle benötigten Angaben gemacht hat. Zum nächsten Menüpunkt gelangt der Anwender über den „Weiter“-Button. Sofern sich der Benutzer nach einem abgeschlossenen Prozessschritt vom System ausloggt werden die

Abbildung 6-3: Abfrage der Eingangsparameter

eingegebenen Daten in Verbindung mit dem Profil gespeichert. Beim erneuten Einloggen sind die Daten wieder abruf- und veränderbar.

Nach Abschluss der Abfrage aller Eingangsparameter wird der Anwender automatisch in das Untermenü „Gestaltungsempfehlungen“ weitergeleitet. Er befindet sich damit im Auswertungsbereich des EMOLO-Tools. Das System analysiert die vom Anwender angegebenen Eingangsparameter automatisiert und listet alle relevanten Handlungsempfehlungen, gegliedert nach Themenbereich, in einem übersichtlich gestalteten Ergebnisfenster auf (vgl. Abbildung 6-4). Zutreffende Gestaltungsempfehlungen sind klar dargestellt wohingegen optionale Gestaltungsempfehlungen ausgegraut dargestellt sind. Durch eine „Ergebnisse drucken“-Funktion steht dem Benutzer die

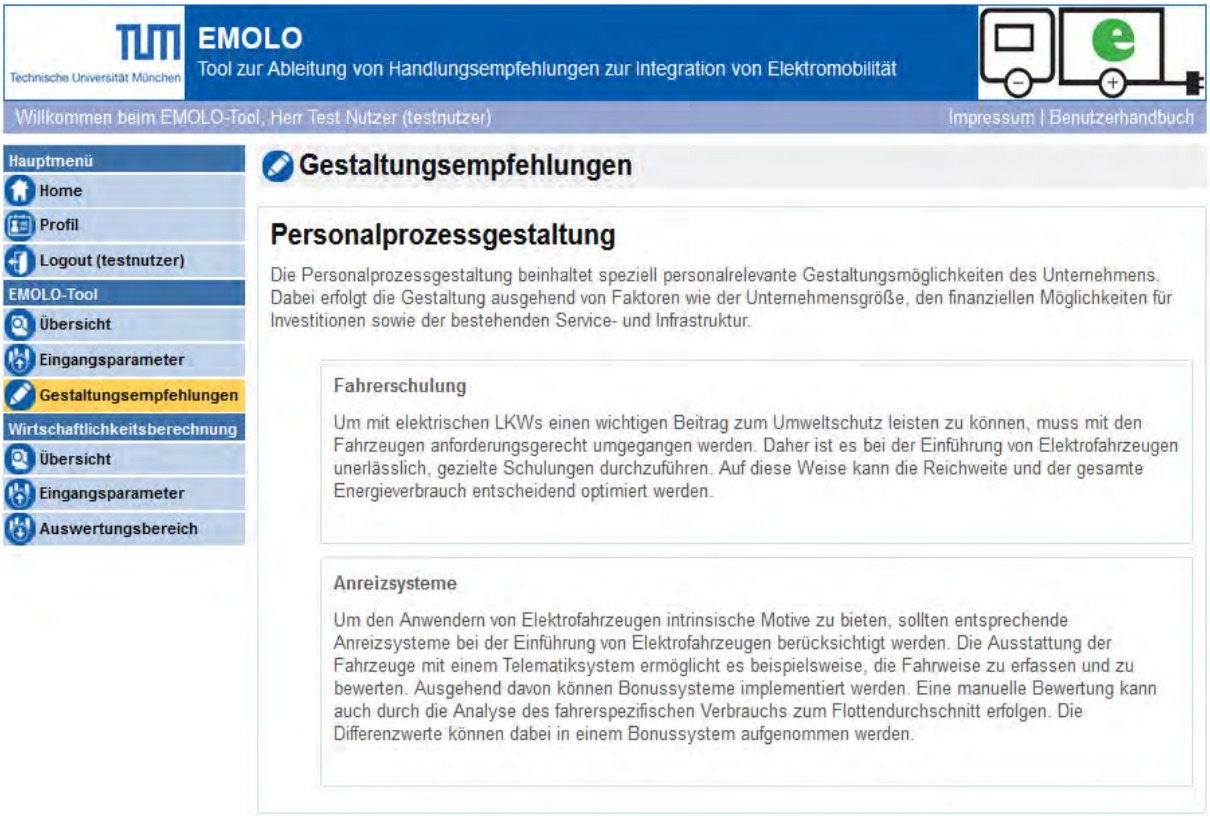


Abbildung 6-4: Exemplarische Gestaltungsempfehlungen

Möglichkeit zur Verfügung die erlangten unternehmensspezifischen Gestaltungsempfehlungen in Form einer PDF-Datei zu exportieren. Im zweiten Modul des IT-Tools wird die Wirtschaftlichkeit von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor, Elektro- und Hybridfahrzeugen im Nutzfahrzeugbereich in Abhängigkeit der Fahrleistung ermittelt. Da kleinen und mittelständischen Unternehmen in der Regel das Know-How und die Ressourcen einer wissenschaftlichen Wirtschaftlichkeitsbetrachtung fehlen, bietet das IT-Tool eine Möglichkeit zur Berechnung der Gesamtkosten in Form von Levelized Costs of Mobility (vgl. Abbildung 6-5). Zu diesem Zweck werden Anschaffungs- und Betriebskosten der einzelnen Antriebstechnologien für unterschiedliche

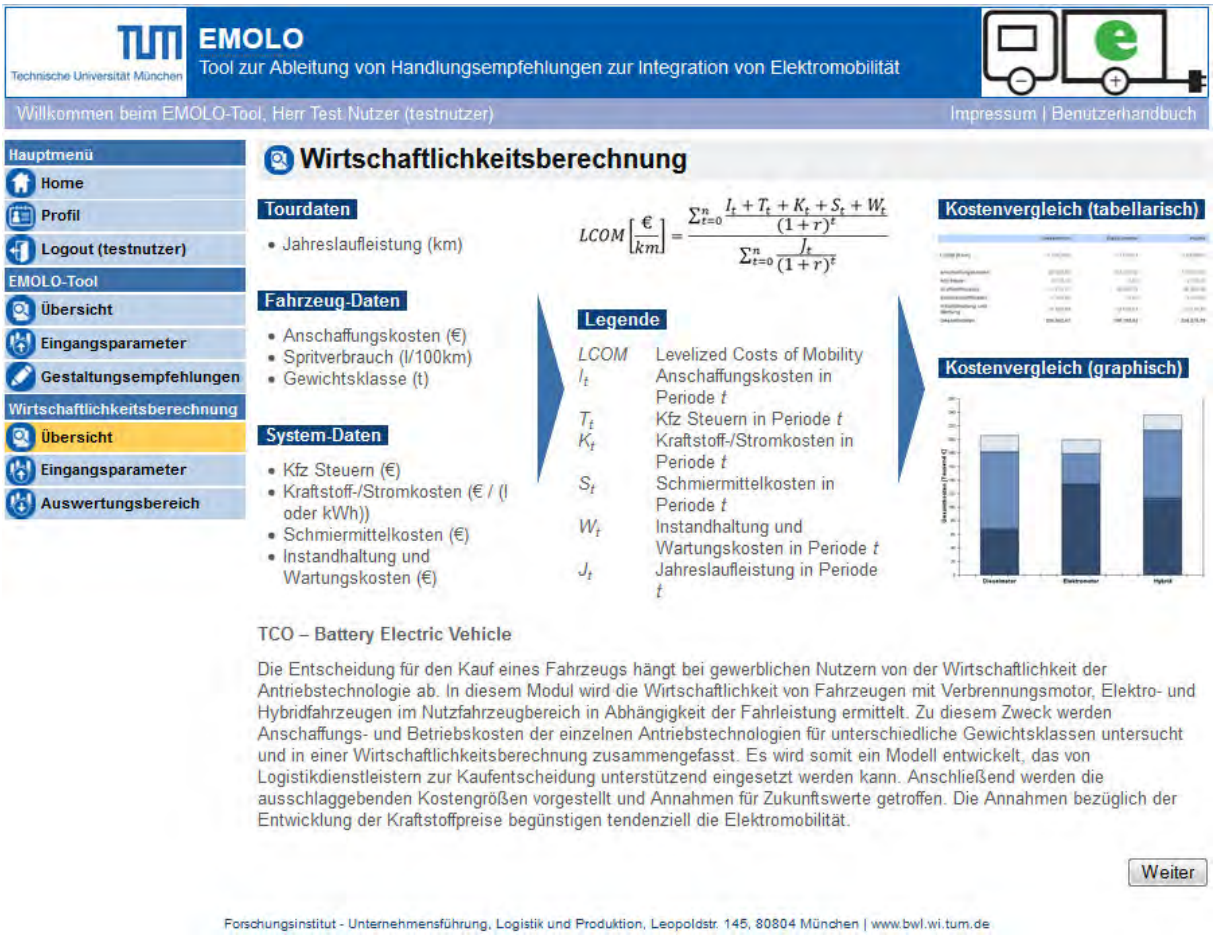


Abbildung 6-5: Modul 2 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Gewichtsklassen untersucht und in einer Wirtschaftlichkeitsberechnung zusammengefasst. Um die Gesamtkosten der Fahrzeuge optimal abbilden zu können, werden die Gesamtlebenskosten für die Berechnung herangezogen. Diese können in fixe und variable Kosten unterteilt werden. Fixkosten fallen unabhängig von der Nutzung an. Die Höhe der variablen Kosten hingegen ist abhängig von der Fahrleistung. Im Modell des Forschungsprojekts wird die Nutzungsdauer eines Lkws mit acht Jahren angesetzt. Die Gesamtkosten werden für jedes Jahr errechnet und auf die durchschnittlich gefahrenen Jahreskilometer verteilt. Durch Diskontierung aller Kostenblöcke sowie der Jahreslaufleistung wird ein reeller Barwert ermittelt. Im Rahmen dieser Arbeit wird für den Diskontierungszeitraum von acht Jahren ein Zinssatz von 4 % verwendet. Die Fixkosten des Modells sind die Anschaffungskosten für das Fahrzeug, sowie die Kfz-Steuer und die Versicherung für die entsprechende Gewichtsklasse des Fahrzeugs. Die variablen Kosten, welche unter anderem von der Laufleistung abhängig sind, stellen Kosten für Treibstoff, Instandhaltung und Wartung sowie Schmiermittelkosten dar. Im IT-Tool ist eine Datenbank für die Eingangsparameter der Berechnung hinterlegt, der durchschnittliche Standardwerte für die Bundesrepublik Deutschland zu Grunde liegen. Eine detaillierte Übersicht der Annahmen zu den Kostenblöcken findet sich in Kapitel 4.3. Der Nutzer muss mindestens die Jahreslaufleistung in Kilometern angeben und sich zwischen einer der Gewichtsklassen 3,5 t, 12 t oder 18 t entscheiden um eine Wirtschaftlichkeitsberechnung mit dem Tool durchzuführen (s. Abbildung 6-6).

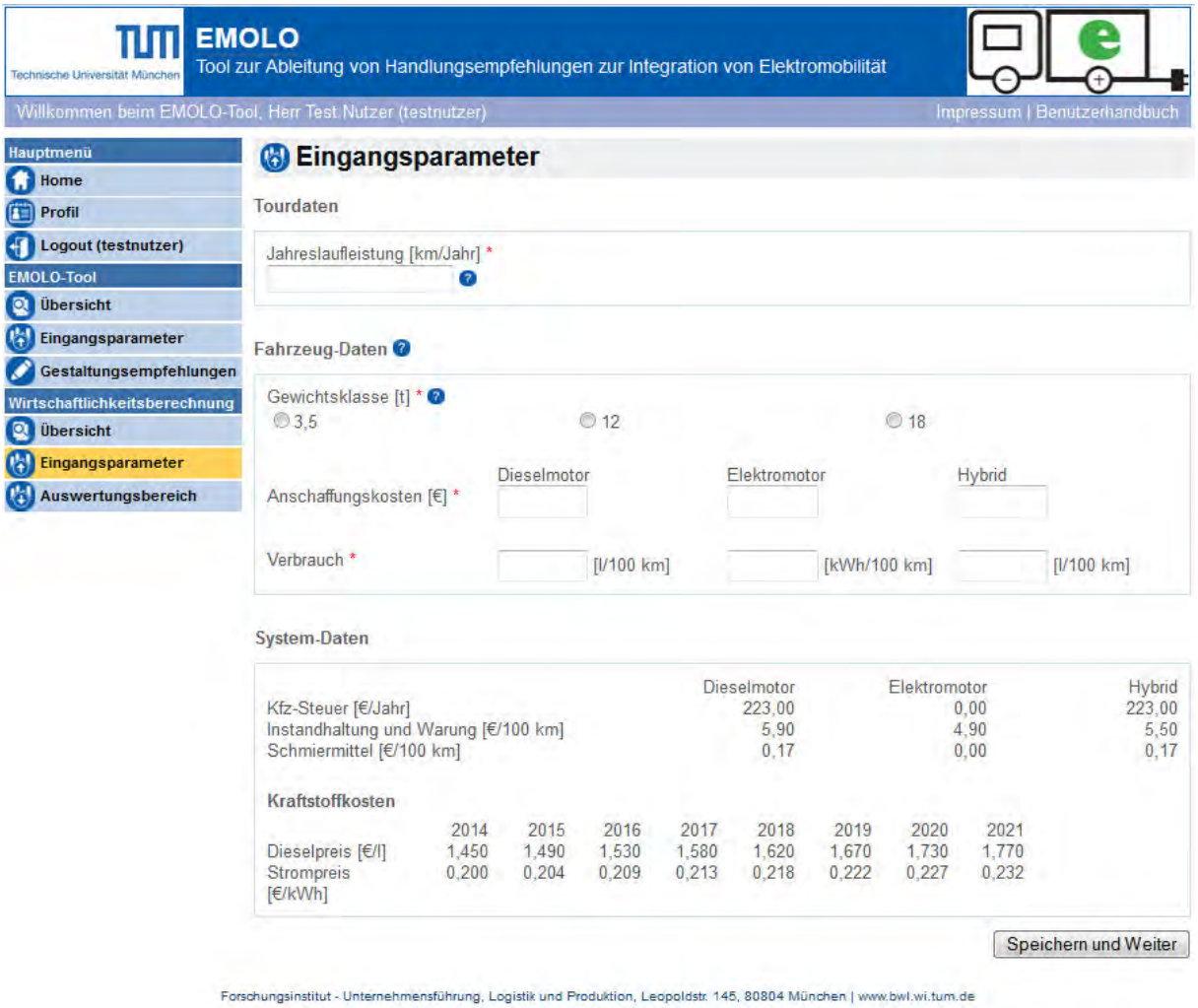


Abbildung 6-6: Eingangsparameter für die Wirtschaftlichkeitsberechnung

Dem Benutzer steht frei, Änderungen bei den Anschaffungskosten und dem durchschnittlichen Verbrauch für die drei Antriebsarten Diesel-, Elektro- und Hybridmotor anzugeben. Für die Berechnung der Levelized Costs of Mobility werden die Kosten einer Periode aufsummiert und auf den heutigen Zeitpunkt abdiskontiert. Das Vorgehen wird für jede Periode wiederholt und die Ergebnisse wiederum aufsummiert. Die gefahrenen Jahreskilometer werden mit dem Faktor r diskontiert und das Ergebnis der einzelnen Perioden aufsummiert. Danach dividiert man die Kosten und die Kilometer. Dieses Verfahren

basiert auf der Kapitalwertmethode, welche alle während der Laufzeit anfallenden Ein- und Auszahlungen auf einen Zeitpunkt umrechnet.

$$LCOM\ [{}^{EUR}/_{km}] = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{I_t + T_t + K_t + S_t + W_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{J_t}{(1+r)^t}}$$

LCOM	**Levelized Costs of Mobility**
I_t	Anschaffungskosten in Periode t
T_t	Kfz Steuern in Periode t
K_t	Kraftstoff-/Stromkosten in Periode t
S_t	Schmiermittelkosten in Periode t
W_t	Instandhaltung und Wartungskosten in Periode t
J_t	Jahreslaufleistung in Periode t
r	Zinssatz
t	Periode

Die LCOM werden in EUR/km angegeben und stellen die abdiskontierten Gesamtkosten im Verhältnis zu den abdiskontierten Fahrleistungen der gesamten Nutzungsdauer dar. Die Berechnungsergebnisse des werden im Auswertungsbereich angegeben (vgl. Abbildung 6-7). Hierbei werden zum einen, in übersichtlicher Form anhand einer Tabelle, die Kosten für Anschaffung, Kfz-Steuer, Kraftstoff, Schmierstoff, Instandhaltung und Wartung über die gesamte Lebensdauer der drei Fahrzeugtypen mit Diesel-, Elektro- und Hybridmotor angegeben. Zum anderen werden die besagten Kosten auch in einem Balkendiagramm grafisch dargestellt.

	Dieselmotor	Elektromotor	Hybrid
LCOM [€/km]	0,3402	0,6147	0,3737
Anschaffungskosten	38.000	117.600	50.700
Kfz-Steuer	1.561	0	1.561
Kraftstoffkosten	28.934	21.046	25.415
Schmierstoffkosten	417	0	417
Instandhaltung und Wartung	14.459	12.009	13.479
Gesamtkosten	83.372	150.654	91.572

Diagramm

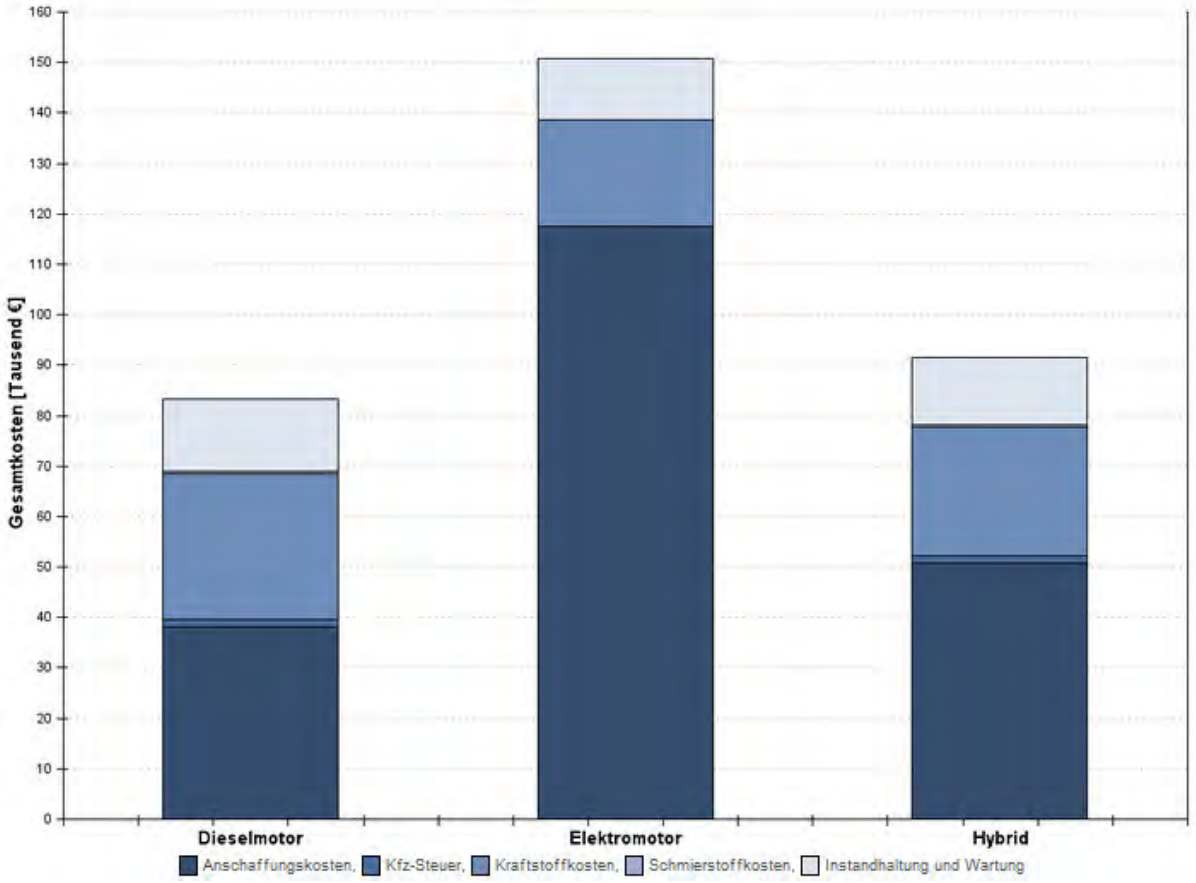


Abbildung 6-7: Auswertungsbereich der Berechnungsergebnisse

Die Gesamtkosten über die Lebensdauer des Fahrzeugs sind das eine Ergebnis. Das andere Ergebnis der Berechnung sind die Levelized Costs of Mobility. Diese werden ebenfalls in der Ergebnistabelle dargestellt und anhand einer Grafik illustriert. Zur vergleichbaren Darstellung erfolgt die Angabe der Levelized Costs of Mobility bei der

grafischen Betrachtung über ein Jahreslaufleistungs-Intervall von 25.000 bis 150.000 km (vgl. Abbildung 6-8). Alle Ergebnisse können in einem PDF exportiert werden.

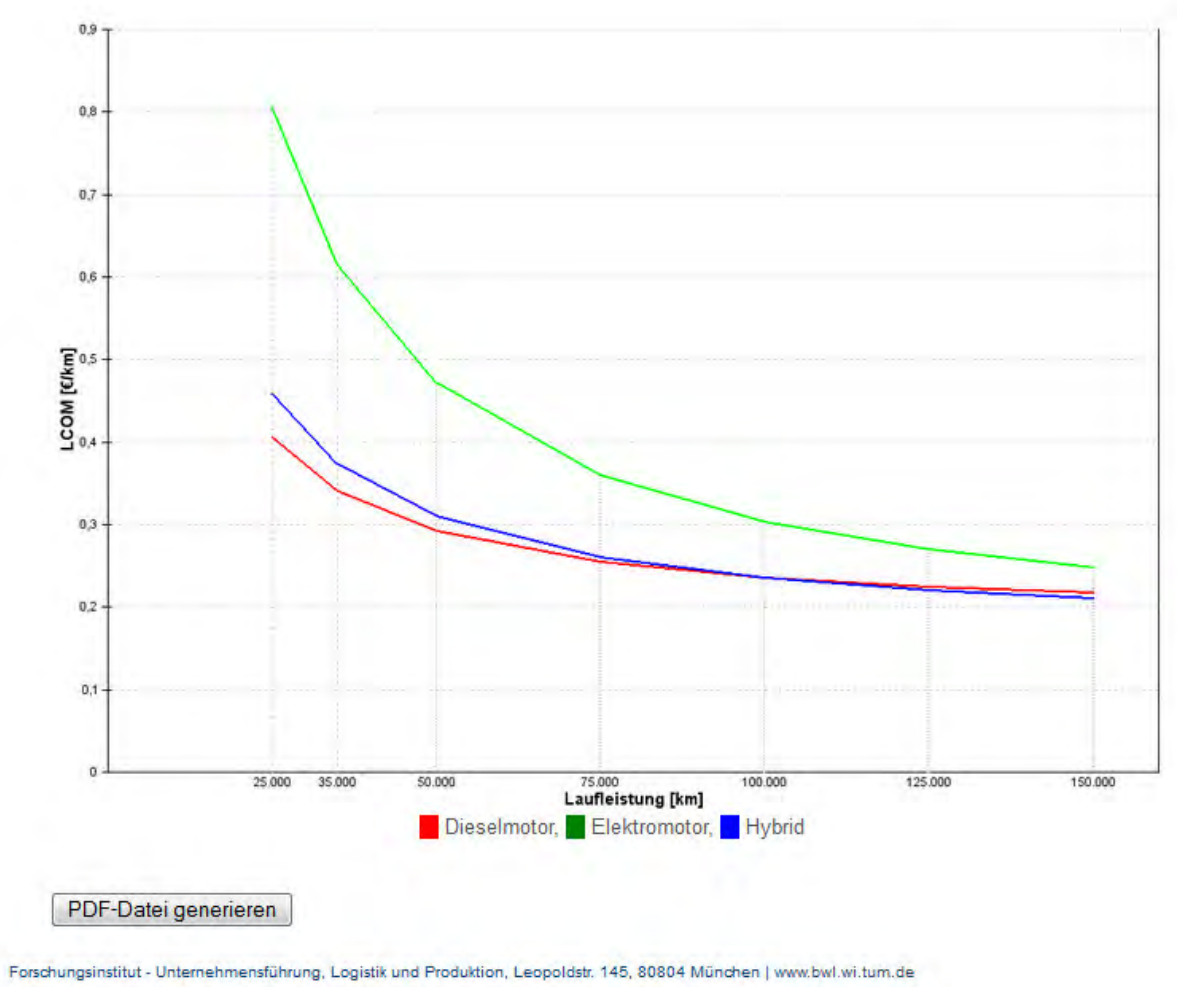


Abbildung 6-8: Grafische Auswertung der Levelized Costs of Mobility

7 Abschließende Würdigung

7.1 Nutzen des Forschungsprojekts

Durch die fortschreitende Globalisierung und Urbanisierung nimmt das Handelsvolumen und damit auch das Transportaufkommen weiter zu. Gleichzeitig steigt das öffentliche Interesse in den Bereichen Nachhaltigkeit und Umweltverträglichkeit, weshalb die Nachfrage nach umweltorientierten Logistikleistungen steigt. Hierbei stellen alternative Antriebe bei Nutzfahrzeugen einen besonders vielversprechenden Ansatz dar, um auf die zunehmenden Umweltanforderungen zu reagieren. Damit elektrische Fahrzeuge künftig in der Logistikbranche zum Einsatz kommen, müssen sie wirtschaftliche Vorteile aufweisen. Diese Fragestellung wurde im vorliegenden Forschungsprojekt untersucht. Das Forschungsvorhaben erarbeitete praxistaugliche Lösungsansätze zu spezifischen Handlungsempfehlungen zur erfolgreichen Integration von Elektrofahrzeugen in den Fuhrpark bei Logistikdienstleistern. Diese Handlungsempfehlungen wurden durch einen detaillierten Wirtschaftlichkeitsvergleich der drei wesentlichen Antriebsarten von Nutzfahrzeugen (Diesel, Elektro und Hybrid) bewertet. Damit ist sichergestellt, dass die Potenziale der E-Mobility für kleine und mittelständische Logistikdienstleister nutzbar gemacht werden können. Dies wird auch durch die Entwicklung eines IT-Tools unterstützt, welches interessierten Unternehmen kostenlos zur Verfügung steht. Die Nutzung der Forschungsergebnisse ist dabei in der Form gewährleistet, dass die Unternehmen das IT-Tool zur Bewertung

der eigenen Ausgangssituation heranziehen und damit Strategien und Handlungsoptionen zur wirtschaftlichen Elektrifizierung ihres Fuhrparks erhalten.

Wissenschaftlich-technischer Nutzen: Wie lässt sich die Elektrifizierung des Fuhrparks bei Logistikdienstleistern in einem webbasierten Tool abbilden, um die Effizienz und Effektivität in KMU zu steigern? Durch die Zusammenführung theoretischer und empirischer Untersuchungen zu den Potenzialen und Hemmnissen der Elektromobilität sowie zur Erweiterung des Fuhrparks bei Logistikdienstleistern wurde zur Entwicklung der onlinebasierten Plattform zunächst ein ganzheitliches Stufenmodell entwickelt. Dieses beinhaltet die Phasen „Analyse der Rahmenparameter“, „Prozessgestaltung“, „Infrastruktur- und Technikgestaltung“, „Preispolitik“ und „Bewertung der Wirtschaftlichkeit“. Das IT-Tool verdichtet dabei die Erkenntnisse, bereitet sie nutzerfreundlich auf und stellt sie interessierten Unternehmen kostenlos zur Verfügung. Dies ermöglicht es den Nutzern, eigenständig und aufwandsarm Handlungsempfehlungen zu erhalten, um ihren Fuhrpark hinsichtlich des Einsatzes von Elektrofahrzeugen zu optimieren. Daher wurden aus wissenschaftlich-technischer Perspektive ein Konzept und eine Plattform entwickelt, welche zur Nutzung der Potenziale von E-Mobility-Konzepten bei Logistikdienstleistern beitragen.

Wirtschaftlicher Nutzen: Der wirtschaftliche Einsatz des Fuhrparks ist für die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von Logistikdienstleistern elementar. E-Mobility-Konzepte können hierzu einen Beitrag

leisten, weshalb das Forschungsprojekt zum Erfolg von Logistikunternehmen beiträgt. Durch die Verwendung der Forschungsergebnisse und des praxistauglichen, webbasierten Tools lassen sich die Potenziale der E-Mobility heben und somit weitere wirtschaftliche Vorteile generieren. Durch die zusätzlichen positiven Effekte der Elektromobilität im ökologischen Bereich können neue Kunden gewonnen werden, weshalb sich die wirtschaftliche Situation der Logistikdienstleister weiter verbessert. Diese Fragestellungen werden explizit im Stufenmodell und in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung adressiert.

Innovativer Beitrag für KMU: E-Nutzfahrzeuge werden in KMU der Logistikbranche derzeit nur vereinzelt eingesetzt. Die Elektromobilität findet hingegen vorwiegend im PKW-Bereich Anwendung und wird dabei nur in geringem Maße in gewerblichen Flotten genutzt. Um die Potenziale der E-Mobility auch im Logistikbereich einzusetzen, entwickelt das vorliegende Forschungsprojekt ein detailliertes Stufenmodell mit Normstrategien und typspezifischen Handlungsempfehlungen sowie eine Wirtschaftlichkeitsanalyse für die Erweiterung des Fuhrparks mit E-Nutzfahrzeugen. Durch diese Integration der E-Mobility-Konzepte bei Logistikdienstleistern lassen sich neben wirtschaftlichen Vorteilen auch positive Wirkungen auf Umweltaspekte attestieren. Daher sind das entwickelte Stufenmodell und das online-basierte Tool innovativ, da sie die Elektrifizierung des Fuhrparks bei Logistikdienstleistern unterstützen und die Hebung der Potenziale der E-Mobility-Konzepte ermöglichen.

Industrielle Anwendungsmöglichkeit: Das Stufenmodell mit Normstrategien und typspezifischen Handlungsempfehlungen und die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sowie das IT-Tool werden bei Unternehmen der Logistikbranche eingesetzt. Hierbei ist auch eine Verwendung in Großunternehmen der Logistikbranche möglich. Auch andere Industriezweige können von den Forschungsergebnissen profitieren, sofern die Unternehmen logistische Leistungen durchführen beziehungsweise ein Fuhrpark vorhanden ist. Somit ist eine breite industrielle Anwendung der Forschungsergebnisse und des daraus abgeleiteten IT-Tools gewährleistet.

7.2 Zielsetzungen und Ergebnisse

Das Forschungsprojekt erreichte sämtliche Zielsetzungen aus dem Forschungsantrag, siehe Abbildung 7-1.

Zielsetzung	Ergebnisse
Erstellung einer Marktstudie zu Konzepten der Elektrifizierung der Fuhrparks bei Logistikdienstleistern	Ermittlung der Bedürfnisse von KMU in der Logistikbranche; Erstellung einer Übersicht der verfügbaren technischen Lösungen im Bereich Elektromobilität und Bewertung der Eignung für den Einsatz bei Logistikdienstleistern
Identifikation und Bewertung von Potenzialen und Hemmnissen von E-Mobility Konzepten	Kategorisierung von Logistikdienstleistungen und deren Eignung für den Einsatz von E-Mobility-Konzepten; Durchführung einer Potenzial- und Hemmnisanalyse zur Bewertung der E-Mobility-Konzepte; Durchführung einer onlinebasierten Expertenbefragung zur Validierung der Analyseergebnisse
Entwicklung eines Stufenmodells zur Fuhrparkelektrifizierung	Konzeption des Modellaufbaus zur Ableitung von typspezifischen Stufenmodellen zum wirtschaftlichen Einsatz von E-Mobility; Bestimmung der KMU-, Logistikdienstleister- und stufenspezifischen Eingangsparameter des Modells; Definition von Gestaltungsfeldern zur Implementierung von E-Mobility in straßengebundene Logistikdienstleistungen

Entwicklung von Normstrategien und typspezifischen Handlungsempfehlungen zur Fuhrparkelektrifizierung	Empirische Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen Gestaltungsparametern und Effekten bzgl. des Einsatzes von E-Mobility; Ableitung von KMU-spezifischen Erfolgsfaktoren; Erarbeitung und Zusammenstellung von Normstrategien und Handlungsempfehlungen zur Implementierung von E-Mobility-Konzepten bei KMU; Praxiserprobung, Validierung und Verbesserung der Normstrategien und Handlungsempfehlungen
Bewertung der Wirtschaftlichkeit von E-Mobility-Konzepten für Logistikdienstleister	Erstellung eines detaillierten Wirtschaftlichkeitsvergleichs der drei wesentlichen Antriebsarten von Nutzfahrzeugen (Diesel, Elektro und Hybrid) für verschiedene Gewichtsklassen von Nutzfahrzeugen; Erstellung von Sensitivitätsanalysen für relevante Parameter im Rahmen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung;

Abbildung 7-1: Gegenüberstellung der Zielsetzungen mit den Ergebnissen

7.3 Realisierbarkeit des Transferkonzepts

Das gewählte Transferkonzept konnte vollständig realisiert werden. Abbildung 7-2 zeigt hierzu die Transfermaßnahmen und deren Status.

Maßnahme	Ziel	Umsetzung und Status der Realisierung
Maßnahme A: Transfer in die Wirtschaft durch die Durchführung von Expertengesprächen, und Workshops mit Vertretern von KMU	Diskussion und Erarbeitung der Forschungsergebnisse und Vermittlung von Methodenkompetenz an Experten von Unternehmen aus dem PA sowie mit Unternehmen, die nicht Teil des PA sind.	**A1:** Expertengespräche mit Fachexperten von großen und mittelständischen Unternehmen (Unternehmen: Balth. Papp Lebensmittellogistik, BATA Logistics, CargoLine, City Express Logistik, Dekra Consulting, eCraft Mobility, e-mocom, e-projekt, Geokraftwerke, Gerotax, Ingo Balster Transporte, Klaeser Internationale Fachspedition und Fahrzeugbau, Landesverband Bayerischer Transport- und Logistikunternehmen, Obermann Unternehmensgruppe Logistik und Spedition, Walcher Logistik, Wilhelm Weber Transporte) Status: **Realisiert** **A2:** Erste PA-Sitzung: Vorstellung der Zielsetzungen und Vorgehensweise des Forschungsprojekts mit Vertretern des PA wei-

		teren Unternehmen am 13.12.2014 Status: **Realisiert** **A3:** Zweite PA-Sitzung: Vorstellung der erzielten Zwischenergebnisse und Diskussion des weiteren Vorgehens mit Vertretern des PA sowie weiteren Unternehmen am 12.11.2013 Status: **Realisiert** **A4:** Dritte PA-Sitzung Vorstellung der erzielten Zwischenergebnisse und Diskussion des weiteren Vorgehens mit Vertretern des PA sowie weiteren Unternehmen am 10.07.2015 Status: **Realisiert** **A5:** Vierte PA-Sitzung: Vorstellung und Diskussion der erzielten Ergebnisse mit Unternehmen des PA sowie weiteren Unternehmen am 13.11.2015 Staus: **Realisiert**
Maßnahme B: Transfer in die Industrie auf Kolloquien, durch Vorträge und Seminare	Transfer der Forschungsergebnisse in die Wirtschaft durch Ansprache und Information von Unternehmen auf Kolloquien und Fachkongressen mit Bezug zur Thematik	**B1:** Vorstellung des Forschungsprojekts sowie der Ergebnisse auf den Münchner Management Kolloquien 2014 und 2015 (Aushang eines Plakats, Kurzbeschreibung des Projekts, der Ansprechpartner und der Ergebnisse auf Flyer) Status: **Realisiert** **B2:** Vorstellung des Forschungsprojekts sowie der Ergebnisse auf den Münchner Management Kolloquien ab 2016 (Aushang eines Plakats, Kurzbeschreibung des Projekts, der Ansprechpartner und der Ergebnisse auf Flyer) Status: **Realisierung geplant** **B3:** Vorträge in Vorlesungen in den Bereichen Logistik, Produktion, Unternehmensführung und BWL für Ingenieure an der TU München Status: **Realisiert**

Maßnahme C: Transfer in die Industrie durch Veröffentlichungen und das IT-Tool	Umfassender und schneller Ergebnistransfer in die Wirtschaft, durch Veröffentlichung der Ergebnisse im Abschlussbericht sowie Veröffentlichung von Newslettern	**C1:** Veröffentlichung der Zwischenergebnisse in elektronischen Online-Newslettern im Internet (frei zugänglich und erreichbar über die Lehrstuhl-Homepage www.bwl.wi.tum.de sowie Versand der Newsletter an interessierte Industrieunternehmen. Status: **Realisiert** **C2:** Veröffentlichung der Endergebnisse in Abschlussbericht, der interessierten Unternehmen zur Verfügung gestellt wird (zusätzlich Versand des Berichts an die am Projekt beteiligten Unternehmen) Status: **Realisiert** **C3:** Veröffentlichung von Beiträgen mit den Ergebnissen des Forschungsprojekts in den Fachzeitschriften Logistik Heute, DVZ, Verkehrs Rundschau Status: **Realisierung geplant** **C4:** Erstellung und Veröffentlichung eines IT-Tools zur Unterstützung der Unternehmen bei der Umsetzung der Ergebnisse des Projekts. Status: **Realisiert**
Maßnahme D: Information und Weiterbildung von KMU	Ergebnistransfer und Informationsverbreitung durch Weiterbildung von Mitarbeitern kleiner und mittelständischer Unternehmen	**D1:** Information von interessierten Unternehmensvertretern über die im Forschungsprojekt erzielten Ergebnisse Status: **Realisiert/In weiterer Realisierung** **D2:** Schulung von interessierten Unternehmensvertretern bzgl. der Anwendungsmöglichkeiten und der Vorgehensweise bei der Elektrisierung des Fuhrparks Status: **Realisiert**

Maßnahme E: Transfer in die Wissenschaft durch Veröffentlichungen	Ergebnistransfer und Informationsverbreitung durch Veröffentlichungen, Vorträge und das Abhalten einer Konferenz zum Thema	**E1:** Veröffentlichung des Inhalts, der Ziele und Teilerkenntnisse des Forschungsprojekts mit Schwerpunkt auf das Thema „Elektrifizierung des Fuhrparks bei einem Logistikdienstleister“ in einer Informationsmail an Unternehmen der Datenbank des Forschungsinstituts am **24.03.2014** Status: **Realisiert** **E2:** Veröffentlichung des Inhalts, der Ziele und Teilerkenntnisse des Forschungsprojekts mit Schwerpunkt auf das Thema „Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der E-Mobility bei Logistikdienstleistern“ in einer Informationsmail an Unternehmen der Datenbank des Forschungsinstituts Status: **Realisierung geplant**

Abbildung 7-2: Realisierung des Transferkonzepts

Insgesamt wurde durch das Transferkonzept eine breite Basis an Unternehmen angesprochen. Die Umsetzung der Ergebnisse in einigen Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses bestätigt die gewählten Maßnahmen. Neben den im Rahmen des Forschungsprojekts durchgeführten und abgeschlossenen Transfermaßnahmen werden auch über das Projektende hinaus zahlreiche Maßnahmen zur weiteren Verbreitung der Forschungsergebnisse durchgeführt. Diese umfassen die Bereitstellung des Tools, die Kommunikation der Ergebnisse, die Aufnahme der Erkenntnisse in Lehre und Publikationen sowie die Betreuung von interessierten Unternehmen.

7.4 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeiten

Die geleistete Arbeit entspricht dem begutachteten und bewilligten Antrag und war daher für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Arbeitspaket 1 – Potenziale und Hemmnisse: Die Identifikation und Bewertung von Potenzialen und Hemmnissen von E-Mobility Konzepten waren zu Beginn notwendig, um die Logistikdienstleistungen zu kategorisieren und hinsichtlich des Einsatzes von E-Mobility-Konzepten zu analysieren. Hierzu wurden Vorarbeiten über E-Mobility, Nachhaltigkeit, Green Logistics sowie CO2-Footprint gesichtet und relevante Erkenntnisse gewonnen. Dies diente einerseits dazu, die Potenziale von E-Fahrzeugen in der Logistik zu analysieren. Andererseits wurden die Umstellungshemmnisse identifiziert und bewertet. Eine empirische Validierung der Erkenntnisse durch einen Fragebogen erfolgte ebenfalls. Damit wurde zur Bearbeitung des Arbeitspaketes der notwendige und angemessene Aufwand eingebracht. Der aufgewendete Personaleinsatz entspricht dem beantragten und begutachteten Umfang.

Arbeitspaket 2 – Konzept zur Implementierung: Die Entwicklung eines Stufenmodells zur Fuhrparkelektrifizierung war die zentrale Aufgabe innerhalb des Forschungsvorhabens und somit war das Arbeitspaket für die Erreichung des Forschungsziels notwendig. Es erfolgte eine Verdichtung und Operationalisierung der Eingangsparame-

ter des Modells sowie die Erarbeitung einer Systematik zur Erfassung und Bewertung von typspezifischen Handlungsbedarfen. Für die Konzeptionierung des Stufenmodells wurde exakt der Personalaufwand eingesetzt, welcher im Forschungsantrag beantragt wurde. Somit wurde für die Bearbeitung des zweiten Arbeitspaketes ein notwendiger und angemessener Aufwand von der Forschungsstelle eingebracht.

Arbeitspaket 3 – Handlungsoptionen: Die Handlungsoptionen wurden auf Basis einer empirischen Analyse der Wirkungszusammenhänge zwischen den Einflussgrößen und Gestaltungsfeldern sowie deren Effekte auf den wirtschaftlichen Einsatz von E-Mobility-Konzepten erarbeitet. Zudem wurden Normstrategien und typspezifischen Handlungsempfehlungen für Logistikdienstleister erarbeitet und ebenfalls in der Praxis erprobt und validiert. Zudem wurde ein detaillierter Wirtschaftlichkeitsvergleich der drei wesentlichen Antriebsarten von Nutzfahrzeugen (Diesel, Elektro und Hybrid) für verschiedene Gewichtsklassen von Nutzfahrzeugen erstellt. Die geleistete Arbeit im dritten Arbeitspaket entspricht dem begutachteten und bewilligten Antrag und war für die Durchführung des Vorhabens notwendig und angemessen.

Arbeitspaket 4 – IT-gestützter Leitfaden: Das entwickelte Stufenmodell zur Integration von E-Mobility bei Logistikdienstleistern sowie die Wirtschaftlichkeitsbewertung wurden in ein internetbasiertes Tool für die Anwendung von KMU der Logistikbranche überführt. Des Weiteren erfolgten eine Erprobung des elektronischen Leitfadens in der Praxis sowie dessen iterative Verbesserung. Damit wurde zur

Bearbeitung des vierten Arbeitspaketes der notwendige und angemessene Aufwand eingebracht. Der aufgewendete Personaleinsatz entspricht dem beantragten und begutachteten Umfang.

Arbeitspaket 5 – Transfer der Ergebnisse: Die Ergebnisse des Forschungsprojekts wurden in Wissenschaft und Praxis transferiert. Verschiedene Veröffentlichungen sowie Vorträge und Seminare sicherten dabei den Transfer. Weiterhin erfolgte eine Diskussion der Ergebnisse im Rahmen von Expertengesprächen und in Workshops mit Projektteilnehmern. Der Transfer der Forschungsergebnisse erfolgte entsprechend des begutachteten und bewilligten Antrags. Die Durchführung der Tätigkeiten im vierten Arbeitspaket war folglich notwendig und angemessen.

Arbeitspaket 6 – Dokumentation der Ergebnisse: Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgte parallel zu den anderen Arbeitspaketen. Durch die sukzessive Dokumentation der Forschungs-ergebnisse entspricht der Aufwand dem begutachteten und bewilligten Antrag. Die Durchführung des fünften Arbeitspaketes war notwendig und vom zeitlichen und personellen Umfang angemessen.

Darstellung der Verwendung der Zuwendung unter besonderer Berücksichtigung der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises: Das Personal wurde gemäß den im Antrag vorgesehenen Arbeitsschritten eingesetzt. Der Personaleinsatz war angemessen und notwendig. Die wissenschaftlichen Mitarbeiter der Forschungsstelle waren in alle Arbeitspakete eingebunden und führten daher gemeinsam die Analyse der Potenziale und Hemmnisse inklusive der Praxis-

befragung durch. Zudem konzeptionierten sie das Stufenmodell zur Fuhrparkelektrifizierung und entwickelten Normstrategien und typspezifische Handlungsempfehlungen für Logistikdienstleister. Im Anschluss erstellten sie die Wirtschaftlichkeitsbewertung der E-Nutzfahrzeuge und sorgten für einen Transfer der Ergebnisse in Wissenschaft und Praxis. Der Einsatz der wissenschaftlichen Mitarbeiter an der Forschungsstelle war folglich im Rahmen des Forschungsvorhabens für den Projekterfolg notwendig und der Aufwand angemessen.

Die Beauftragung eines externen IT-Experten folgte der Notwendigkeit die Konzeptionierung und Implementierung des IT-Tools/Demonstrators für das Forschungsvorhaben professionell und in diesem Umfang durchzuführen. Der Experte sammelte relevante Informationen und Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben und bildete diese in dem geforderten IT-Tool/Demonstrator ab. Angesetzt waren zudem gemäß Bewilligung des Einzelfinanzierungsplanes ebenfalls Kosten für ein IT-Tool/Demonstrator. Dieser wurde im Rahmen des Projektbudgets und Zeitraums programmiert und implementiert und für die Bewertung des Konzepts durch die Praxispartner eingesetzt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1-1: Elektrifizierung des Antriebstrangs 8
Abbildung 1-2: Anforderungsorientierte Elektrifizierung des Antriebstrangs 9
Abbildung 1-3: Vorgehensweise des Forschungsprojekts 20
Abbildung 2-1: Megatrends in der Logistik als Treiber zum Wandel 26
Abbildung 2-2: Vergleich von Kraftstoffbedarf und verfügbaren Ressourcen.. 28
Abbildung 2-3: Konjunkturrisiken bei Logistikdienstleistern (vgl. Kooths 2013) 30
Abbildung 2-4: Outsourcing von Logistikleistungen 31
Abbildung 2-5: Wandel zur kundenorientierten Logistik 32
Abbildung 2-6: Herausforderung logistischer Leistungsfähigkeit 33
Abbildung 2-7: Wachstum der Rohstoffnachfrage (vgl. Rohn 2010) 35
Abbildung 2-8: Definitionen des Logistikbegriffes 38
Abbildung 2-9: Entwicklungsphasen der Logistikkonzeption 39
Abbildung 2-10: Entwicklung des deutschen Logistikmarkts 44
Abbildung 2-11: Jährliches Transportaufkommen nach Verkehrsträger in Mio. Tonnen in Deutschland 45
Abbildung 2-12: Eigenschaften und Merkmale von Logistikdienstleistern (vgl. Gudehus 2010a) 65
Abbildung 2-13: 3PL und 4PL-Systemdienstleister (vgl. Wildemann 2008).... 69
Abbildung 2-14: 4th-Party-Logistics-Dienstleister (vgl. Wildemann 2008) 70
Abbildung 2-15: Bestand der Nutzfahrzeuge in Deutschland, Stand 1.1.2014 (vgl. Kraftfahrt-Bundesamt 2014b) 74
Abbildung 2-16: Energiebedarf eines 40 Tonnen Sattelzugs (vgl. Intra 2014).. 82
Abbildung 2-17: Einsparungen durch reduzierten c_w-Wert (vgl. Intra 2014) 83
Abbildung 3-1: Potenziale der E-Mobility nach Einsatzgebiet (vgl. Wildemann 2012a) 87
Abbildung 3-2: Übersicht über die verschiedenen Antriebskonzepte 89
Abbildung 3-3: Alternative Antriebsarten 95
Abbildung 3-4: Energie- und Leistungsdichte von Batterietechnologien 97
Abbildung 3-5: Leistungsdaten des Mercedes-Benz Vito E-Cell (vgl. Deutsche Post DHL 2013b) 105

Abbildung 3-6: Leistungsdaten des E-Force-One (vgl. E-Force 2014) 106
Abbildung 3-7: Potenziale und Hemmnisse von E-Mobility bei Logistikdienstleistern 108
Abbildung 3-8: Total Cost of Ownership 117
Abbildung 3-9: Geschwindigkeitsbegrenzungen nach Gewichtsklassen 124
Abbildung 4-1: Übersicht der Partner (1/2) 135
Abbildung 4-2: Übersicht der Partner (2/2) 136
Abbildung 4-3: Übersicht über die Fallstudien 143
Abbildung 4-4: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Beschaffungslogistik“ 146
Abbildung 4-5: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Beschaffungslogistik“ 147
Abbildung 4-6: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Produktionslogistik“ 151
Abbildung 4-7: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Produktionslogistik“ 152
Abbildung 4-8: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Distributionslogistik“ 155
Abbildung 4-9: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Distributionslogistik“ 156
Abbildung 4-10: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Entsorgungslogistik“ 160
Abbildung 4-11: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Entsorgungslogistik“ 161
Abbildung 4-12: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Handelslogistik“ 163
Abbildung 4-13: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Handelslogistik“ 164
Abbildung 4-14: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Ersatzteilelogistik“ 167
Abbildung 4-15: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Ersatzteilelogistik“ 169
Abbildung 4-16: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „Logistik der letzten Meile“ 171
Abbildung 4-17: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „Logistik der letzten Meile“ 173

Abbildung 4-18: Übersicht der Einflussfaktoren für die Fallstudie „City-Logistik“ 175
Abbildung 4-19: Grafische Darstellung des Substitutionspotentials für die Fallstudie „City-Logistik“ 177
Abbildung 4-20: Grafische Darstellung der gesamten Ergebnisse 179
Abbildung 4-21: Kategorisierung der Kostenblöcke 181
Abbildung 4-22: Anschaffungskosten unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen für das Jahr 2014 185
Abbildung 4-23: Anschaffungskosten unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen für das Jahr 2020 186
Abbildung 4-24: Jährliche Kfz Steuer ab 2014 unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen 187
Abbildung 4-25: Jährliche Kfz Steuer ab 2025 unterteilt nach Gewichtsklassen und Antriebstypen 188
Abbildung 4-26: Kosten für Instandhaltung und Wartung nach Gewichtsklassen und Antriebstypen 189
Abbildung 4-27: Zusammensetzung des Dieselpreises zum 31. Dezember 2013 190
Abbildung 4-28: Annahmen zu der Diesel- und Strompreisentwicklung (Teil 1) 191
Abbildung 4-29: Annahmen zu der Diesel- und Strompreisentwicklung (Teil 2) 191
Abbildung 4-30: Schmierstoffkosten für Diesel- und Hybridfahrzeuge 192
Abbildung 4-31: Prognose zur Entwicklung der Batteriekosten bis 2020..... 193
Abbildung 4-32: Batteriekosten der Elektro-Referenzfahrzeuge für das Jahr 2014..... 195
Abbildung 4-33: Batteriekosten der Elektro-Referenzfahrzeuge für das Jahr 2020..... 195
Abbildung 4-34: Fahrzeugcharakteristika Fiat Ducato L5H2 (vgl. Autokatalog 2011; Fiat Professional 2014) 197
Abbildung 4-35: Fahrzeugcharakteristika Mercedes-Benz Atego 1223 L (vgl. DaimlerChrysler AG 2005; Verbrauchsrechner.de; Mercedes-Benz 2014a) 198
Abbildung 4-36: Fahrzeugcharakteristika Iveco Stralis (vgl. Iveco 2014b)..... 198
Abbildung 4-37: Kraftstoffverbrauch der Dieselfahrzeuge 199

Abbildung 4-38: Fahrzeugcharakteristika Fiat Ducato E L5H2 (vgl. Hoese 2011; Fiat Professional 2014; Karabag Elektrofahrzeuge 2011)..... 200

Abbildung 4-39: Fahrzeugcharakteristika Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid 1222L (vgl. Willms 2013; o.V. 2011; Treusch 2013) 201

Abbildung 4-40: Fahrzeugcharakteristika Smith Newton (vgl. Smith Electric Vehicle 2011)..... 202

Abbildung 4-41: Fahrzeugcharakteristika E-Force One (vgl. Ecomento 2013)203

Abbildung 4-42: Kraftstoff-/Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge 204

Abbildung 4-43: Total Cost of Ownership der Antriebstechnologien in den drei betrachteten Fahrzeugklassen für unterschiedliche Jahreslaufleistungen für Anschaffungszeitpunkt 2014..... 207

Abbildung 4-44: Bewertung der Antriebstechnologien anhand der Kostenblöcke 208

Abbildung 4-45: LCOM der 3,5-Tonnen-Nutzfahrzeuge über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2014 209

Abbildung 4-46: LCOM der 12-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2014 210

Abbildung 4-47: LCOM der 18-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2014 212

Abbildung 4-48: LCOM der 3,5-Tonnen-Nutzfahrzeuge über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2020 215

Abbildung 4-49: LCOM der 12-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2020 217

Abbildung 4-50: LCOM der 18-Tonnen-Lkw über die Jahreslaufleistung, Anschaffungszeitpunkt 2020 218

Abbildung 4-51: Einfluss variierender Batteriekosten auf die LCOM von Elektro- und Hybridfahrzeugen in der Fahrzeugklasse 3,5 t .. 221

Abbildung 4-52: Einfluss variierender Batteriekosten auf die LCOM von Elektro- und Hybridfahrzeugen in der Fahrzeugklasse 12 t ... 222

Abbildung 4-53: Einfluss variierender Batteriekosten auf die LCOM von Elektro- und Hybridfahrzeugen in der Fahrzeugklasse 18 t ... 223

Abbildung 4-54: Einfluss variierender Dieselpreise auf die LCOM der Antriebstechnologien in der Fahrzeugklasse 3,5 t 225

Abbildung 4-55: Einfluss variierender Dieselpreise auf die LCOM der Antriebstechnologien in der Fahrzeugklasse 12 t 226

Abbildung 4-56: Einfluss variierender Dieselpreise auf die LCOM der Antriebstechnologien in der Fahrzeugklasse 18 t 228
Abbildung 4-57: Fragebogenaufbau und Ziele der Befragung 230
Abbildung 4-58: Mitarbeiterzahl der befragten Logistikdienstleister 231
Abbildung 4-59: Jahresumsatz der befragten Logistikdienstleister 231
Abbildung 4-60: Aufgabenfelder der befragten Logistikdienstleister 232
Abbildung 4-61: Routen der befragten Logistikdienstleister 232
Abbildung 4-62: Güterart der befragten Logistikdienstleister 233
Abbildung 4-63: Standzeiten der befragten Logistikdienstleister 234
Abbildung 4-64: Definierte Ziele bei der Einführung von E-Mobility 235
Abbildung 4-65: Bedeutung der Ziele bei der Einführung von E-Mobility 236
Abbildung 4-66 Gestaltungsansätze bei der Einführung von E-Mobility 239
Abbildung 4-67 Umfrageergebnisse zu Prozess und Leistungsstruktur 240
Abbildung 4-68 Umfrageergebnisse zur Infrastruktur und Technik 241
Abbildung 4-69: Umfrageergebnisse zu Marketing und Politik 242
Abbildung 4-70 Anforderungen an E-Mobility-Konzepte 243
Abbildung 4-71 Anforderungsfelder: Technik und Leistung 244
Abbildung 4-72 Anforderungsfelder: Gesetzgebung und Normen 245
Abbildung 4-73 Anforderungsfelder: Zuverlässigkeit und Wartung 246
Abbildung 4-74 Anforderungsfelder: Wirtschaftlichkeit und Kosten 247
Abbildung 5-1: Prozess zur Elektrifizierung des Fuhrparks 255
Abbildung 5-2: Beispielhafte Darstellung der Einflussgrößen auf den Prozess der Fuhrparkelektrifizierung 257
Abbildung 5-3: Modell zur Elektrifizierung des Fuhrparks bei Logistikdienstleistern 258
Abbildung 5-4: Kategorisierung der Einflussgrößen 260
Abbildung 5-5: Rahmenbedingungen des Unternehmens - Definition der Einflussgrößen 261
Abbildung 5-6: Leistungs- und Warenstruktur - Definition der Einflussgrößen 262
Abbildung 5-7: Externe Rahmenbedingungen - Definition der Einflussgrößen 263
Abbildung 5-8: Zusammenhänge der Einflussgrößen und Gestaltungsfelder .. 264

Abbildung 5-9: Vorgehensweise bei der Einflussgrößenanalyse 265
Abbildung 5-10: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Personalprozessgestaltung 266
Abbildung 5-11: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Leistungsprozessgestaltung 267
Abbildung 5-12: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Infrastrukturgestaltung 268
Abbildung 5-13: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Fuhrparkgestaltung 270
Abbildung 5-14: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Preisgestaltung 271
Abbildung 5-15: Einflussgrößen und Parametrisierung für die Politik 271
Abbildung 5-16: Gestaltungsfelder im Prozess zur Fuhrparkelektrifizierung .. 272
Abbildung 5-17: Inhalte je Phase und Gestaltungsbereich des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung 278
Abbildung 5-18: Aufbau der Flussdiagramme je Gestaltungsbereich 279
Abbildung 5-19: Entscheidungspunkte im Flussdiagramm Personalplanung .. 280
Abbildung 5-20: Zusammenhang zwischen Gestaltungsansätzen und Methodenempfehlung 280
Abbildung 5-21: Ablaufdiagramm des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung 281
Abbildung 5-22: Methoden und Gestaltungsfelder zur Personalprozessgestaltung 283
Abbildung 5-23: Methoden und Gestaltungsfelder zur Leistungsprozessgestaltung 284
Abbildung 5-24: Methoden und Gestaltungsfelder zur Infrastrukturgestaltung 285
Abbildung 5-25: Methoden und Gestaltungsfelder zur Fuhrparkgestaltung 285
Abbildung 5-26: Methoden und Gestaltungsfelder zur Preisgestaltung 286
Abbildung 5-27: Methoden und Gestaltungsfelder zur Politik 286
Abbildung 5-28: Expertengespräche zur Modellüberprüfung 288
Abbildung 5-29: Vorgehensweise bei der Expertenbefragung zur Modellüberprüfung 289
Abbildung 5-30: Zusammenfassung der Modellbildung 290
Abbildung 6-1: Begrüßungsbildschirm des IT-Tools 294

Abbildung 6-2: Modul 1 EMOLO-Tool 296
Abbildung 6-3: Abfrage der Eingangsparameter 297
Abbildung 6-4: Exemplarische Gestaltungsempfehlungen 298
Abbildung 6-5: Modul 2 Wirtschaftlichkeitsberechnung 299
Abbildung 6-6: Eingangsparameter für die Wirtschaftlichkeitsberechnung 301
Abbildung 6-7: Auswertungsbereich der Berechnungsergebnisse 303
Abbildung 6-8: Grafische Auswertung der Levelized Costs of Mobility..... 304
Abbildung 7-1: Gegenüberstellung der Zielsetzungen mit den Ergebnissen ... 309
Abbildung 7-2: Realisierung des Transferkonzepts..... 312

Literaturverzeichnis

Aichinger, W.; Gieß, J.; Klein-Hitpaß, A. et al. (2014): Elektromobilität in der Stadt- und Verkehrsplanung. Praxiserfahrungen aus den Modellregionen und weitere Wissensbedarfe. Unter Mitarbeit von J. Gerlach und V. Langer. Hg. v. Deutsches Institut für Urbanistik. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Berlin. Online verfügbar unter http://www.now-gmbh.de/fileadmin/user_upload/RE_Publikationen_NEU_2013/Publikationen_MR_Uebergeordnet/Elektromobilitaet_in_der_Stadt-_und_Verkehrsplanung.pdf.

Allemeyer, W.; Malina, R.; Preistrup, M. (2010): Leitfaden City-Logistik. Erfahrungen mit Aufbau und Betrieb von Speditionskooperationen. Hg. v. Deutscher Städtetag. Berlin.

Assadi, J.; Dannenberg, M. (2011): Der Mega-Trend "Elektroauto". Kassel: Kassel Univ. Press.

Autokatalog (2011): Fiat Ducato Maxi L5H2. autozeitung.de. Online verfügbar unter http://www.autozeitung.de/auto-katalog/fiat/ducato/fiat-ducato-maxi-l5h2-20170267.

Automobil-Produktion (2012): Deutsche Post will auf Elektroautos umrüsten 2012, 2012. Online verfügbar unter http://www.automobil-produktion.de/2011/09/deutsche-post-will-auf-elektroautos-umruesten/.

Bader, C. (2007): Elektrische Nutzfahrzeuge im Spannungsfeld zwischen Wunschtraum und Wirklichkeit. In: W. J. Bartz und E. Wippler (Hg.): Hybrid-, Batterie- und Brennstoffzellen-Elektrofahrzeuge. Technik, Strukturen und Entwicklungen. 4. Aufl. Renningen: Expert (255), S. 158–169.

Bain & Company (2010): Zum E-Auto gibt es keine Alternative.

Baker, H.; Cornwell, R.; Koehler, E. et al. (2009): Review of Low Carbon Technologies for Heavy Goods Vehicles. Hg. v. Ricardo.

Balderjahn, I. (2004): Nachhaltiges Marketing-Management. Möglichkeiten einer umwelt- und sozialverträglichen Unternehmenspolitik. Stuttgart: Lucius & Lucius.

Barkawi, K.; Baader, A.; Montanus, S. (2006): Erfolgreich im After Sales Service. Berlin: Springer.

Bauer, K. (2013): Straßenverkehrs-Ordnung. [(StVO) ; vom 6. März 2013] ; Textausgabe. 12., neu bearb. Aufl., Stand: 1. April 2013. München: Beck (Beck'sche Textausgaben). Online verfügbar unter http://dejure.org/gesetze/StVO/3.html.

Baumbach, M. (1998): After-Sales-Management im Maschinen- und Anlagenbau. Regensburg: Transfer Verlag.

Baumgarten, H.; Kasiske, F.; Zadeck, H. (2002): Logistikdienstleister - Quo vadis? - Stellenwert der Fourth Party Logistics Provider (4PL). In: Logistik Management 4 (1), S. 27–40.

Beckmann, H. (2003): Supply Chain Management. Strategien und Entwicklungstendenzen in Spitzenunternehmen: Springer.

Beckmann, J.; Suter-Imesch, S.; Pauli, M. J. (2012): Mythbuster Elektroauto. Die bekanntesten zehn Halbwahrheiten zur Elektromobilität auf den Kopf gestellt. 2. Auflage. Hg. v. Mobilitätsakademie. Schweizer Forum Elektromobilität. Bern. Online verfügbar unter http://www.forum-elektromobili-taet.ch/fileadmin/DATA_gemeinsam/Publikationen/MA_Brosch%C3%BCre_Neuauflage_Web.pdf.

Bentenrieder, M.; Kleinhans, C. (2010): Elektromobilität: Powerplay um Gewinnzonen und Kundenzugang. In: Automotivemanager, S. 7–9.

Bergander, C. (2012): LPG im Selbstzünder. Online verfügbar unter http://www.motor-talk.de/news/lpg-im-selbstzuender-t4294708.html.

Bertram, M.; Bongard, S. (2014): Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr. Grundlagen, Einflussfaktoren und Wirtschaftlichkeitsvergleich. Wiesbaden.

Beucker, S. (2005): Ein Verfahren zur Bewertung von Lieferanten auf der Grundlage von Umweltwirkungen unter Berücksichtigung von Prozesskosten. Stuttgart: Jost-Jetter-Verlag.

BMU (2003): Leitfaden Betriebliches Umweltkostenmanagement. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. BMU. Berlin.

BMU (2008): Umweltbewusstsein in Deutschland 2008. Ergebnisse einer repräsentativen Bevölkerungsumfrage. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Berlin.

BMU (2009): Memorandum Product Carbon Footprint. Positionen zur Erfassung und Kommunikation des Product Carbon Footprint für die internationale Standardisierung und Harmonisierung. Hg. v. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. BMU.

BMU (2012): Erprobung nutzfahrzeugspezifischer E-Mobilität. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Online verfügbar unter http://www.pt-elektromobilitaet.de/projekte/foerderprojekte-aus-dem-konjunkturpaket-ii-2009-2011/wirtschaftsverkehr-feldversuche/emil.

BMVBS (2010): Aktionsplan Güterverkehr und Logistik. Logistikinitiative für Deutschland. Berlin.

BMW Group (2014): Der BMWi3. Online verfügbar unter http://www.bmw.de/de/neufahrzeuge/bmw-i/i3/2013/start.html.

Bode, O.; Bode, M. (2013): Untersuchung des Rollwiderstands von Nutzfahrzeugreifen auf echten Fahrbahnen. Hg. v. Forschungsvereinigung Automobiltechnik (255).

Book, M.; Groll, M.; Mosquet, X. et al. (2009): The Comeback of the Elektric Car. How Real, How Soon, and What Must Happen Next. Online verfügbar unter http://www.bcg.de/documents/file15404.pdf.

Bosselmann, M. (2011): Grüne Logistik - alles im grünen Bereich? Bundesverband Internationaler Express- und Kurierdienste e.V. RKW- Arbeitskreis Handelslogistik. Berlin, 16.06.2011. Online verfügbar unter http://www.rkw-kompetenzzentrum.de/uploads/media/2011_Dok_AK-Handel-VT-BIEK.pdf.

Brettnacher, M. (2007): Trucks - das Typenbuch. Fahrzeuge - Daten - Technik. München: GeraMond.

Bretzke, W.-R.; Barkawi, K. (2010): Nachhaltige Logistik. Antworten auf eine globale Herausforderung: Springer.

Bretzke, W.-R.; Barkawi, K. (2012a): Nachhaltige Logistik. Antworten auf eine globale Herausforderung. 2., Aufl. 2012. Berlin: Springer Berlin.

Bretzke, W.-R.; Barkawi, K. (2012b): Nachhaltige Logistik. Antworten auf eine globale Herausforderung. 2., Aufl. 2012. Berlin: Springer Berlin.

Bruckner, A.; Stark, M.; Sanmann, J. et al. (2003): Entwicklung eines Supply Chain Management-Konzeptes für die Unterstützung des globalen Ersatzteilgeschäfts kleiner und mittlerer Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Aachen.

Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2014): Öffentliche Ladeinfrastruktur für Städte, Kommunen und Versorger. Kompendium für den interoperablen und bedarfsgerechten Aufbau von Infrastruktur für Elektrofahrzeuge. Berlin.

Bundesregierung (2009a): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. Hg. v. Bundesregierung. Bundesministerium für Bildung und Forschung. Online verfügbar unter

http://www.bmbf.de/pubRD/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf.

Bundesregierung (2009b): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung. Online verfügbar unter http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/nationaler-entwicklungsplan-elektromobilitaet-der-bundesregie-rung,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf.

Bundesregierung (2011): Energiewende – Die einzelnen Maßnahmen im Überblick. Online verfügbar unter http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2011/06/2011-06-06-energiewende-kabinett-weitere-informationen.html.

Burghardt, F. (2013): Gestaltung anpassungsfähiger Logistiksysteme. Handlungsempfehlungen zur Ausgestaltung der strategischen Erfolgsfaktoren ; Flexibilität und Wandlungsfähigkeit in der Unternehmenslogistik ; eine theoretische und empirische Analyse der produzierenden Industrie. 1. Aufl. München: TCW, Transfer-Centrum (73).

Burkert, A. (2013): Elektro-Lkw aus der Schweiz: 18-Tonner E-Force One schafft 300 Kilometer. Online verfügbar unter http://www.springerprofessional.de/elektro-lkw-aus-der-schweiz-18-tonner-e-force-one-schafft-300-kilome-ter/4560894.html;jsessionid=929433A6BA6DFD5BFDF9D00D0DDB0341.sprprofltc0101.

Canadian Courier & Logistics Association (2009): A Proposal to the Ontario Ministry of Environment to accelerate the adoption of Hybrid and Electric Vehicles in Ontario’s commercial fleets. Ontario.

Capgemini (2009): Electric Vehicles – A Force for the Future. Capgemini Automotive.

Conver, T. (2009): Electrification Roadmap. Revolutionizing Transportation And Achieving Energy Security. Hg. v. Electrification Coalition. Washington DC.

Cuomo, A. M.; Kauffman, R. L.; Rhodes, J. B. (2014): NYSEV-VIF "All-Electric" Vehicle Eligibility List. Online verfügbar unter https://truck-vip.ny.gov/NYSEV-VIF-vehicle-list.php.

Daimler (2007): „Shaping Future Transportation“: Daimler startet weltweite Initiative für umweltfreundlichere Nutzfahrzeuge. Online verfügbar unter http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-657323-49-991414-1-0-0-0-0-0-0-1549054-0-1-0-0-0-0-0.html.

DaimlerChrysler AG (2005): ATEGO. Stuttgart. Online verfügbar unter http://www.mb-truck.ru/files/atego.pdf.

Deutsche Energie-Agentur (Hg.) (2011): Erdgas und Biomethan im zukünftigen Kraftstoffmix. Handlungsbedarf und Lösungen für eine beschleunigte Etablierung im Verkehr. Unter Mitarbeit von D. Peters, C. Rumpke und D. Kalinowska. Berlin.

Deutsche Post DHL (2012): Delivering Tomorrow. Logistik 2050. Unter Mitarbeit von D. Müller und K. Bonine. Hg. v. DHL.

Deutsche Post DHL (2013a): Factsheets alternative Fahrzeuge. Hg. v. Deutsche Post DHL. Online verfügbar unter http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2013/co2_freie_zustellung_bonn.html.

Deutsche Post DHL (2013b): Factsheets alternative Fahrzeuge. Hg. v. Deutsche Post DHL. Online verfügbar unter http://www.dpdhl.com/de/presse/pressemitteilungen/2013/co2_freie_zustellung_bonn.html.

Deutsche Telekom AG (2014): LKW Versicherung für private und geschäftliche Nutzung. t-online. Online verfügbar unter http://www.t-online.de/ratgeber/finanzen/versicherung/id_67900974/lkw-versicherung-rundumschutz-fuer-den-professionellen-bedarf.html.

Diez, W. (2010): Otto-, Diesel-, Elektromotor – wer macht das Rennen? Stuttgart.

Domroese, K. (2013): Die Preise für Lithium-Ionen Akkuzellen fallen bis zu Jahr 2020 auf 134 Euro pro kWh. Hg. v. Mein Elektroauto. Online verfügbar unter http://www.mein-elektroauto.com/2013/11/die-preise-fuer-lithium-ionen-akkuzellen-fallen-bis-zum-jahr-2020-auf-134-euro-pro-kwh/11660/.

Döring, T. (2012): Hat die Elektromobilität eine Zukunft? In: Wirtschaftsdienst 92/2012 (8), S. 563–571. DOI: 10.1007/s10273-012-1420-1.

Ecomento (2013): Elektro-LKW E-Force bald in Zürich unterwegs. ecomento.tv. Online verfügbar unter http://ecomento.tv/2013/07/15/elektro-lkw-e-force-bald-in-zuerich-unterwegs/.

E-Force (2014): E-Force-One. Hg. v. E-Force-One AG. Fehraltorf. Online verfügbar unter www.eforce.ch.

Ehmer, P.; Heng, S.; Heymann, E. (2008): Logistik in Deutschland - Wachstumsbranche in turbulenten Zeiten. Hg. v. Deutsche Bank Research. Frankfurt (Aktuelle Themen, 432).

Europäisches Parlament, Rat (2007): Richtlinie 2007/46/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 5. September 2007 zur Schaffung eines Rahmens für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge (Rahmenrichtlinie) (Text von Bedeutung für den EWR). 2007/46/EG.

Eurostat (2009): Panorama of Transport. 1990-2006. Unter Mitarbeit von D. Huggins. Hg. v. Europäische Kommission. Office for Official Publications of the European Communities. Luxemburg.

Fiat Professional (2014): Preisliste Ducato LKW Version. Online verfügbar unter

http://www.fiatprofessional.de/de/CMSDE/Pdf/2014Preisliste/Preisliste_Ducato_LKW_Version_UPDATE.PDF.

Frank, T. (2014): Aerodynamik von schweren Nutzfahrzeugen. Stand des Wissens. Hg. v. Verband der Automobilindustrie und Forschungsvereinigung Automobiltechnik. Berlin.

Fraunhofer ISI (2012): Roadmap zur Kundenakzeptanz. 1. Aufl. Unter Mitarbeit von E. Dütschke, U. Schneider, A. Sauer, M. Wietschel, J. Hoffman, Domke und Sabine. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Berlin (Schriftreihe des Fraunhofer ISI). Online verfügbar unter http://www.isi.fraunhofer.de/isi-media/docs/v/de/publikationen/ISI-Kundenakzeptanz-E-Mobilitaet-2012.pdf.

Frenzel, I. (2013): NaNu: Nachtbelieferung mit elektrischen Nutzfahrzeugen. Hg. v. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Castellan AG,DLR - Institut für Verkehrsforschung,Fraunhofer - Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik (IPK),Hüffermann Transportsysteme,Logistic Network Consultance (LNC),Meyer & Meyer,TU Berlin, DAI-Labor. Berlin. Online verfügbar unter http://www.dlr.de/vf/desktopdefault.aspx/tabid-2974/1445_read-37758/.

Globisch, J.; Dütschke, E. (2013): Anwendersicht auf Elektromobilität in gewerblichen Flotten. Ergebnisse aus den Projekten mit gewerblichen Nutzern von Elektrofahrzeugen im Rahmen des BMVBS-Vorhabens " Modellregionen für Elektromobilität 2009-2011". NOW GmbH. Berlin.

Göbl, M.; Froschmayer, A. (2011): Logistik als Erfolgspotenzial – Von der Strategie zum logistischen Businessplan: Springer.

Göpfert, I. (2000): Logistik der Zukunft. Logistics for the future. Wiesbaden: Gabler.

Göpfert, I. (2012): Logistik der Zukunft. Logistics of the Future. 6. Aufl. Wiesbaden: Gabler Verlag.

GreenGear (2014): Mercedes-Benz Vito E-CELL: Elektro-Transporter ab Werk. Online verfügbar unter http://www.greengear.de/mercedes-benz-vito-e-cell-technische-daten/.

Gries, S.; Klumpp, M.; Witte, C. et al. (2013): Investitions- und Änderungsbereiche in Logistikprozessen beim Einsatz von Elektronutzfahrzeugen. 5. Wissenschaftsforum Mobilität. Universität Duisburg. Duisburg, 2013. Online verfügbar unter http://www.fom.de/download/1883-ild_Wissenschaftsforum_Duisburg_Witte_Klumpp_Gries_Zelewski_Vortrag_18_06_2013.pdf.

Grün, O.; Jammernegg, W.; Kummer, S. (2006): Grundzüge der Beschaffung, Produktion und Logistik. 1. Aufl. München: Pearson-Studium (Wirtschaft).

Grünig, G. (2013): Fahrbericht: Smith Newton Elektro Zwölftonner. Online verfügbar unter http://www.trucker.de/fahrbericht-smith-newton-elektro-zwoelftonner-1230643.html.

Grunwald, A.; Kopfmüller, J. (2012): Nachhaltigkeit. Eine Einführung. 2. Aufl. Frankfurt am Main: Campus-Verl.

Gudehus, T. (2010a): Logistik. Grundlagen - Strategien - Anwendungen. 4., aktualisierte Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.

Gudehus, T. (2010b): Logistik. Grundlagen - Strategien - Anwendungen. 4., aktualisierte Aufl. Berlin [u.a.]: Springer.

Günthner, W. A. (2009): Change to green. Handlungsfelder und Perspektiven für nachhaltige Logistik und Geschäftsprozesse - eine Studie des Lehrstuhls für Fördertechnik Materialfluss Logistik der TU München, Markt und Wirtschaft. In: Logistik Heute.

Handelsblatt (2012): Fünf Szenarien für die Zukunft der Logistik, 2012. Online verfügbar unter

http://www.handelsblatt.com/unternehmen/logistik-spezial2012/branchenstudie-fuenf-szenarien-fuer-die-zukunft-der-logistik/6265734.html.

Hannig, F.; Smolinka, T.; Bretschneider, P. et al. (2009): Stand und Entwicklungspotenzial der Speichertechniken für Elektroenergie - Ableitung von Anforderungen an und Auswirkungen auf die Investitionsgüterindustrie. Hg. v. Fraunhofer ISE.

Heckert, M. (2014): DHL plant Elektroauto-Testzentrum auf Avantis. In: Aachener Nachrichten, 05.06.2014. Online verfügbar unter http://www.aachener-nachrichten.de/lokales/aachen/dhl-plant-elektroauto-testzentrum-auf-avantis-1.842234.

Heidenblut, V.; Hompel, M. ten (2008): Taschenlexikon Logistik. 2. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer. Online verfügbar unter http://opac.ub.tum.de/InfoGuideClient.tumsis/start.do?Login=wotum&Query=540="978-3-540-75661-3".

Helms, H.; Jöhrens, J.; Hanusch, J. et al. (2011): UMBReLA Umweltbilanzen Elektromobilität. Wissenschaftlicher Grundlagenbericht. Unter Mitarbeit von L. Henes, B. Gugel und A. Schacht. ifeu. Heidelberg.

Herrmann, C. (2010): Ganzheitliches Life Cycle Management. Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. Heidelberg: Springer.

Hoberg, P.; Leimeister, S.; Jehle, H. et al. (2010): Elektromobilität. Grundlagenstudie zu Voraussetzungen der Entwicklung von Elektromobilität in der Modellregion München. Technische Universität München, München.

Hoese, F. (2011): Karabag Ducato E Kasten (2011). AUTOmativ.de. Online verfügbar unter http://www.automativ.de/karabag-ducato-e-kasten-2011-id-30204.html.

Hoppe, M. (2007): Letzte Meile-Problematik – Standortplanung von innerstädtischen Paketshops, Fakultät für Verkehrswissenschaften.

Professur für BWL, insbesondere Verkehrsbetriebslehre und Logistik. TU, Dresden.

Intra, C. (2014): Effektivität und Effizienz in Prozessen und Produkten, 06.05.2014.

ITD (2010): Konzipierung und Gestaltung elektromobiler Dienstleistungen im innerstädtischen Raum. Hg. v. HBK Braunschweig und Institut für Transportation Design. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU).

Iveco (2014): Stralis - HI-PROFITABILITY. Online verfügbar unter http://www.iveco.com/germany/neufahrzeuge/pages/stralis-hi-way-hi-profitability.aspx.

Jauernig, C. (2005): Überlebensstrategien: Für mittelständische Transport- und Logistikdienstleister: Verlag Heinrich Vogel.

Johansen, L. (2012): IT-gestütztes Öko-Controlling in der Logistik: Diplomica Verlag.

Jordan, M. (2012): Vorbildlich: der Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid. Online verfügbar unter http://blog.mercedes-benz-passion.com/2012/08/vorbildlich-der-mercedes-benz-atego-bluetec-hybrid/.

Kairies, B. (2013): Marketing für Elektroautos: Akzeptanz als notwendige Bedingung für die Marktdurchdringung. 1., Aufl. Hamburg: Diplomica Verlag.

Karabag Elektrofahrzeuge (2011): Elektroprospekt. Online verfügbar unter http://elektroauto.karabag.de/(S(ejmfpcremx31uhnrcgbgwwen))/pdf/2011_Elektroprospekt.pdf.

Kersten, W.; Blecker, T.; Flämig, H. (2008): Global Logistics Management: Sustainability, Quality, Risks. Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Kersten, W.; Blecker, T.; Ringle, C. (Hg.) (2013): Sustainability and Collaboration in Supply Chain Management. Hamburg: EUL (Supply Chain, Logistics and Operations Management, 16).

Keuschen, T.; Klumpp, M.; Witte, C. et al. (2013): AHP-Analyse der Prozessanpassungen in der Logistik beim Einsatz von Elektronutzfahrzeugen. Keuschen, Thomas; Klumpp, Matthias; Witte, Christian Zelewski, Stephan. 18. Magdeburger Logistiktage. Fraunhofer IFF. Magdeburg, 2013. Online verfügbar unter http://www.fom.de/download/1904-Full_Paper_Magdeburg_Witte_Klumpp_Keuschen_Zelewski.pdf.

Klaus, P.; Hartmann, E.; Kille, C. (2010): Die Top 100 der Logistik. Marktgrößen, Marktsegmente und Marktführer in der Logistikdienstleistungswirtschaft. Ausg. 2010. Hamburg: DVV Media Group.

Klearding, C.; Große, J. (2012): Produktion und Logistik in Deutschland 2025. Trends, Tendenzen, Schlussfolgerungen. Hg. v. VDI - Gesellschaft für Produktion und Logistik. Düsseldorf.

Klumpp, M. (Hg.) (2011): Elektroauto - Milliardengrab oder Erfolgsstory? Entstehungsgeschichte, Marktanalyse 2010 und Zukunfspotenziale der Elektromobilität. Unter Mitarbeit von O. Backhaus, H. Döther und T. Heupel. Essen, zuletzt geprüft am 18.12.2014.

Klumpp, M.; Thomas Keuschen; Torsten Marner et al. (2013): Elektromobilität in der Logistik. FOM Hochschule. Online verfügbar unter http://www.fom.de/fileadmin/fom/downloads/Tagungsbaende/TB_FOM_Forum_Logistik_ONLINE.

Koller, P.; Schulz, S.; Summa, H. et al. (2013): Die deutsche Internetwirtschaft 2012-2016. Zahlen, Trends und Thesen. Hg. v. eco - Verband der deutschen Internetwirtschaft e. V. und Arthur D. Little GmbH. Online verfügbar unter http://www.eco.de/wp-content/blogs.dir/eco_adl_report2013_web1.pdf.

Kooths, S. (2013): Logistik-Indikator. Ergebnisse 2006-Q4 bis 2013-Q1. Hg. v. BVL.

Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2014a): Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen nach Umwelt-Merkmalen (FZ 13).

Kraftfahrt-Bundesamt (Hg.) (2014b): Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Nutzfahrzeugen, Kraftfahrzeugen insgesamt und Kfz-Anhängern nach technischen Daten (Größenklassen, Motorisierung, Fahrzeugklassen und Aufbauarten) (FZ 25).

Kranke, A. (2008): Effizienz statt Leistung. In: Logistik Inside 12, S. 28–29.

Kranke, A.; Schmied, M.; Schön, A. D. (2011): CO2-Berechnung in der Logistik. Datenquellen, Formeln, Standards. München: Vogel.

Lamp, P. (2013): Anforderungen an Batterien für die Elektromobilität. In: R. Korthauer (Hg.): Handbuch Lithium-Ionen-Batterien. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, S. 393–415.

Lasch, R.; Günther, E. (2004): ETIENNE – Effiziente Transportketten in Entsorgungsnetzwerken modular und umweltgerecht gestaltet. Schlussbericht zum Forschungsbericht. TU, Dresden.

Lehmann, J. (2011): Bedeutung der neuen EU Reifen Grenzwerte und deren Einfluss auf Produkte. Hg. v. VDI.

Lenz, B.; Lischke, A.; Knitschky, G. et al. (2010): Shell LKW-Studie – Fakten, Trends und Perspektiven im Straßengüterverkehr bis 2030. Unter Mitarbeit von J. Stöver, L. Leschus und M. Bräuninger. Shell Deutschland Oil GmbH. Hamburg/Berlin.

Lienkamp, M. (2012): Elektromobilität. Hype oder Revolution? Berlin: Springer (SpringerLink : Bücher).

Lierow, M. (2012): B2City. Zur Zukunft des städtischen Güterverkehrs. Hg. v. Oliver Wyman. Online verfügbar unter http://www.oliverwyman.de/media/Oliver_Wyman_B2City_Zur_Zukunft_des_staedtischen_Gueterverkehrs.pdf.

Lohre, D.; Bernecker, T. (2011): Grüne Logistik. Ein Gewinn für Verlader und Logistikdienstleister. Hg. v. Industrie- und Handelskammer der Region Stuttgart. Stuttgart.

Loukmidis, G.; Luczak, H. (2007): Lebenszyklusorientierte Planungsstrategien für den Ersatzteilbedarf. Erfolgreich im After Sales Service. Berlin: Springer.

Mahnel, M. (2008): Global Spare Parts Management 2010. Hg. v. IMPULS Management Consulting GmbH.

McKinsey (2011): 110.000 Jobs bis 2030: Elektroautos schaffen Wachstum und Beschäftigung in EURpa. Online verfügbar unter http://www.mckinsey.de/html/presse/2011/20110105_pm_elektro_2030.asp.

Meadows, D. L.; Meadows, D. H.; Zahn, E. et al. (1972): Die Grenzen des Wachstums. Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.

Mercedes-Benz (2014a): CharterWay Mietfuhrpark - Koffer- und Pritschenfahrzeuge. Online verfügbar unter http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/trucks_/home/services_accessories/charterway/charterway_vehicle_fleet/boxtrucks.html.

Mercedes-Benz (2014b): Vito E-Cell. Online verfügbar unter http://www.mercedes-benz.de/content/germany/mpc/mpc_germany_website/de/home_mpc/van/home/vans_world/blueefficiency/technologies/e-cell.0002.html.

Michaelis, J.; Plötz, P.; Gnann, T. et al. (2012): Vergleich alternativer Antriebstechnologien Batterie-, Plug-in Hybrid- und Brennstoffzellenhfahrzeug. In: Jochem, Patrick, W.-R. Poganietz, A. Grunwald und W. Fichtner (Hg.): Alternative Antriebskonzepte bei sich wandelnden Mobilitätsstilen. Tagungsbandbeiträge vom 08. und 09. März 2012 am KIT, Karlsruhe, S. 51–79.

Mineralölwirtschaftsverband e.V. (2014): Statistiken-Preise. Zusammensetzung des Verbraucherpreises für Dieselkraftstoff. Online verfügbar unter http://mwv.de/index.php/daten/statistikenpreise/?loc=2&jahr=2013.

Müller, J.; Bansal, D.; Glauner, C. et al. (2010): Delivering Tomorrow. Zukunftstrend Nachhaltige Logistik. Hg. v. Deutsche Post AG. Berlin.

Nielsen, A. (2013): MAN Truck & Bus AG. Cost Engineering. Nielsen, Anders. TU München. TU München. München, 2013.

Nolte, A.; Oppel, J. (2008): Klimawandel: Eine Herausforderung für die Wirtschaft: Handlungsoptionen für Industrieunternehmen in Deutschland: Diplomica Verlag.

NPE (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität. Hg. v. Nationale Plattform Elektromobilität. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO). Berlin.

NPE (2012): Fortschrittsbericht der nationalen Plattform Elektromobilität (Dritter Bericht). Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO). Berlin.

NPE Arbeitsgruppe 2 "Batterietechnologie" (2010): Bericht der AG-2 Batterietechnologie für den Zwischenbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität. Hg. v. Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung.

o. V. (2013a): Reiner Biodiesel als Konkurrenz zu fossilem Diesel abgeschafft. Online verfügbar unter http://www.agrarheute.com/biodiesel-abgeschafft.

o.V. (2011): Ritter Logistik setzt erste Hybrid-LKW ein. Hg. v. Verkehrtsrundschau. Online verfügbar unter http://www.verkehrsrundschau.de/ritter-logistik-setzt-erste-hybrid-lkw-ein-1047512.html.

o.V. (2013b): Elektro-LKW E-Force bald in Zürich unterwegs. ecomento.tv. Online verfügbar unter http://ecomento.tv/2013/07/15/elektro-lkw-e-force-bald-in-zuerich-unterwegs/.

o.V. (2013c): Französischer Großspediteur Dentressangle setzt auf Mercedes-Benz Atego BlueTec Hybrid. Daimler. Online verfügbar unter http://media.daimler.com/dcmedia/0-921-614343-49-1580163-1-0-1-0-0-0-0-1549054-0-1-0-0-0-0-0.html.

Östling, L. (2014): Modularisation as a success factor in the commercial vehicle industry. Advanced Topics in Finance und Accounting: Modularisierung. Technische Universität München, 08.01.2014.

Pander, J. (2012): Spritspartechnik für LKW: Wir sparn, sparn, sparn auf der Autobahn. Unter Mitarbeit von M. Bruhn und C. Frahm. Spiegel online. Online verfügbar unter http://www.spiegel.de/auto/aktuell/technische-innovationen-sollen-lkw-sparsamer-und-sauberer-machen-a-856491.html.

Peters, A.; Doll, K.; Kley, F. et al. (2012): Konzepte der Elektromobilität und deren Bedeutung für Wirtschaft, Gesellschaft und Umwelt.

Pfahl, S. (2012): Alternative Antriebskonzepte: Stand der Technik und Perspektiven. Die Sicht der Automobilindustrie. In: Jochem, Patrick, W.-R. Poganietz, A. Grunwald und W. Fichtner (Hg.): Alternative Antriebskonzepte bei sich wandelnden Mobilitätsstilen. Tagungsbandbeiträge vom 08. und 09. März 2012 am KIT, Karlsruhe, S. 81–108.

Pfohl, H.-C. (2010a): Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 8., neu bearb. u. aktual. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.

Pfohl, H.-C. (2010b): Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 8., neu bearb. u. aktual. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer.

Pieringer, M. (2013): Wirtschaftsbereich Logistik: Geschäft wächst 2012 und drei Prozent. Rund 225 Mrd. Euro Umsatz erzielt. Online verfügbar unter http://www.logistik-heute.de/Logistik-News-Logistik-

Nachrichten/Markt-News/10404/Rund-225-Mrd-Euro-Umsatz-erzielt-Wirtschaftsbereich-Logistik-Geschaeft-waech.

Piontek, J. (2013): Bausteine des Logistikmanagements. Supply Chain Management. E-Logistics. Logistikcontrolling. 4. Aufl. Herne: NWB Verlag (NWB Studium Betriebswirtschaft).

Plötz, P.; Gnann, T.; Kühn, A. et al. (2013a): Markthochlaufszenarien für Elektrofahrzeuge. Studie im Auftrag der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Arbeitsgruppe 7 der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe.

Plötz, P.; Gnann, T.; Kühn, A. et al. (2013b): Markthochlaufszenarien für Elektrofahrzeuge. Studie im Auftrag der acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und der Arbeitsgruppe 7 der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE). Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI. Karlsruhe.

Pohlgeers, M. (2014): Logistik: Elektrofahrzeuge für die "letzte Meile". Hg. v. Onlinehändler News. Online verfügbar unter http://www.onlinehaendler-news.de/handel/allgemein/4982-logistik-elektrofahrzeuge-letzte-meile.html.

Porter, M. E. (1998): Competitive strategy. Techniques for analyzing industries and competitors ; with a new introduction. New York, NY: Free Press.

Proff, H.; Proff, H.; Fojcik, T. et al. (2013): Aufbruch in die Elektromobilität. Märkte-Geschäftsmodelle-Qualifikationen-Bewertung. Duisburg, Düsseldorf und Hamburg.

Pucher, E.; Müller, J. (2005): Sauberer Güterverteilverkehr in Wien. Wien.

Pudenz, K. (2014): Elektro-Lkw E-Force One überzeugt im Praxistest. Online verfügbar unter http://www.springerprofessional.de/elektro-lkw-e-force-one-ueberzeugt-im-praxistest/4933552.html#.

Reeker, M. (2004): Kostenentwicklung erneuerbarer Energien: Cuvillier-Verlag.

Richter, C.; Adler, F. et al. (2012): Elektromobilität: Der intelligente Wechselbehälter. Lehrstuhl Materialflusstechnik der Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg. Online verfügbar unter http://www.ilm.ovgu.de/inilm_media/forschung/Der+intelligente+Wechselbeh%C3%A4lter.pdf, zuletzt geprüft am 24.04.2014.

Richter, J.; Lindenberger, D. (2010): Potenziale der Elektromobilität bis 2050. Eine szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit, Umweltauswirkungen und Systemintegration. Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln. Köln.

Rinza, T. (2010): Erfolgsfaktor integrierte Produktion & Logistik. Standortvorteil Deutschland. Neu Isenburg.

Rogall, H. (2008): Ökologische Ökonomie – Eine Einführung. Wiesbaden.

Rohn, H. (2010): Ressourceneffizienzpotenziale von ausgewählten Technologien, Produkten und Strategien. Wuppertal Institut.

Roland Berger Strategy Consultants (2011): Automotive Landscape 2025: Opportunities and Challenges Ahead. München.

Rudolph, T. (2009): Strategien von Logistikdienstleistern im Kontraktlogisikmarkt. Eine fallstudienbasierte Analyse der Strategien ausgewählter internationaler Unternehmen der Kontraktlogistik vor dem Hintergrund aktueller Empfehlungen der strategischen Managementliteratur. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Salehi, F.; Ryssel, L.; Klötzke, F. (2012): Von B2C zu B2B durch alternative Zustelloptionen. Aktuelle Herausforderungen für Paketdienstleister im B2C- Segment. Hg. v. A.T. Kearny GmbH. A.T. Kearny GmbH. Online verfügbar unter http://www.atkearney.de/documents/856314/1214708/BIP_Von_B2C_zu_B2B_durch_alternative_Zustelloptionen.pdf/892541a9-63aa-434d-b2b3-2f146094409f.

Sanders, F.; Twellmann, H. (2005): Bedeutung der Ersatzteillogistik wird endlich erkannt - jedoch sind nicht alle Unternehmen vorbereitet. In: Service Today 19 (6), S. 25–27.

Scheer, A.-W. (1999): Informations- und Kommunikationssysteme in der Logistik. In: J. Weber und H. Baumgarten (Hg.): Handbuch Logistik. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, S. 495–508.

Schlick, T.; Hertel, G.; Hagemann, B. et al. (2011): Zukunftsfeld Elektromobilität - Chancen und Herausforderungen für den deutschen Maschinen- und Anlagenbau. Hg. v. VDMA und Roland Berger Strategy Consultants.

Schoblick, R. (2013): Antriebe von Elektroautos in der Praxis. Motoren, Batterietechnik, Leistungstechnik. Haar, Kr München: Franzis (Elektronik).

Schuerz, M. (2010): Elektromobilität als nachhaltige und lukrative Zukunftsperspektive in Österreich. Diplomarbeit. FH Linz, Linz. Services an General Intersts. Online verfügbar unter http://webopac.fh-linz.at/dokumente/Diplomarbeit_Schuerz.pdf, zuletzt geprüft am 08.03.2014.

Schuh, G.; Stich, V.; Wienholdt, H. (2013): Ersatzteillogistik. In: G. Schuh und V. Stich (Hg.): Logistikmanagement. Handbuch Produktion und Management 6. 2. Aufl. Berlin: Springer, S. 165–208.

Shell Deutschland Oil GmbH (2009): Shell Pkw-Szenarien bis 2030. Fakten, Trends und Handlungsoptionen für nachhaltige Auto-Mobilität. Online verfügbar unter http://www-static.shell.com/static/deu/downloads/aboutshell/.

Smith Electric Vehicle (2011): Smith Newton. Der weltweit meistverkauft vollständig elektrische LKW. Online verfügbar unter http://www.smithelectric.com/wp-content/themes/barebones/pdfs/Newton_Brochure_2011_German.pdf.

Specht, D.; Braunisch, D. (2010): Vorhersagemöglichkeiten für den Rücklauf von Rückständen. In: Productivity Management (4), S. 26–29.

Spitz, B. (Hg.) (2012): Nachhaltigkeit in der Logistik unter besonderer Betrachtung der Emissionsreduzierung im Güterverkehr. Bremen: EHV (67).

Stahlecker, T.; Lay, G.; Zanker, C. (2011): Elektromobilität: Zulieferer für den Strukturwandel gerüstet? Online verfügbar unter http://www.stuttgart.ihk24.de/linkableblob/1392898/data/Elektromobilitaet_Zulieferer_F&Er_den_Strukturwandel_geruestet-data.pdf.

Staniškis, J. K.; Arbačiauskas, V. (2009): Sustainability Performance Indicators for Industrial Enterprise Management. In: Journal of Environmental Research, Engineering and Management 48 (1), S. 42–50.

Statista (Hg.) (2014): Umsatzentwicklung der Logistikbranche in Deutschland von 2009 bis 2013 (in Milliarden Euro). Online verfügbar unter http://de.statista.com/statistik/daten/studie/166970/umfrage/umsatz-der-logistikbranche-in-deutschland/.

Statistisches Bundesamt (2009): Diverse Statistiken zur Ressourceneffizienz.

Statistisches Bundesamt (Hg.) (2012): Fahrzeugbestand. Kraftfahrzeuge und Schienenbestand. Online verfügbar unter https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/Wirtschaftsbereiche/TransportVerkehr/.

Stölzle, W.; Lieb, T. C. (Hg.) (2012): Business Innovation in der Logistik - Chancen und Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer.

Stölzle, W.; Weber, J.; Hofmann, E.; Wallenburg, C. M. (Hg.) (2007): Handbuch Kontraktlogistik: Management komplexer Logistikdienstleistungen. Weinheim: Wiley-VCH.

Straube, F.; Pfohl, H. C.; Günthner, W. A. et al. (2005): Trends und Strategien in der Logistik - Ein Blick auf die Agenda des Logistikmanagements 2010. Hg. v. Bundesvereinigung Logistik.

Straube, F.; Pfohl, H.-C. (2008): Trends und Strategien in der Logistik – Globale Netzwerke im Wandel. Bremen: Deutscher Verkehrs Verlag.

The Boston Consulting Group (BCG) (2008): The Comeback of the Electric Car? How Real, How Soon, and What Must Happen Next. BCG.

The Boston Consulting Group (BCG) (2011): Powering Autos to 2020. The Era of the Electric Car. BCG.

Tietz, B. (1993): Der Handelsbetrieb Grundlagen der Unternehmenspolitik. 2., neubearbeitete Aufl. München: Franz Vahlen.

Treusch, S. C. (2013): Hybrid at Daimler Trucks – Technology for the world. Current status and working direction. Karlsruhe. Online verfügbar unter http://www.fast.kit.edu/download/DownloadsMobima/Veroeffentlichung_Hybridtagung_Daimler_Treusch_22022013.pdf.

TrucksOnline.org: LKW (Lastkraftwagen). Online verfügbar unter http://www.trucksonline.org/lkw/.

Vahrenkamp, R.; Kotzab, H. (2012a): Logistik - Management und Strategien. München: Oldenbourg.

Vahrenkamp, R.; Kotzab, H. (2012b): Logistik. Management und Strategien. Unter Mitarbeit von C. Siepermann. 7., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Oldenbourg Verlag.

Vastag, A.; Schaumann, H. (2012): Einsatzszenarien der Elektromobilität. In: H. Wolf-Kluthausen (Hg.): Jahrbuch Logistik 2012. Korschenbroich: free beratung, S. 34–37.

Verbrauchsrechner.de: Mercedes-Benz Atego. Online verfügbar unter http://www.verbrauchsrechner.de/index.fpl/f-vehicledetails/vehicle-16476/.

VerkehrsRundschau (2011): Ritter Logistik setzt erste Hybrid-LKW ein. Hg. v. Verkehrtsrundschau. Online verfügbar unter http://www.verkehrsrundschau.de/ritter-logistik-setzt-erste-hybrid-lkw-ein-1047512.html.

Verkehrsrundschau.de (2013): Elektromobil der Deutschen Post DHL erhält Straßenzulassung. Online verfügbar unter http://www.verkehrsrundschau.de/elektromobil-der-deutschen-post-dhl-erhaelt-strassenzulassung-1278408.html.

Vidačković, K.; Weiner, N. (2013): Anwenderstudie Elektrofahrzeuge im Geschäftsumfeld. Potenziale der gemeinsamen Nutzung. Stuttgart: Fraunhofer-Verl. Online verfügbar unter http://www.leichteelektrischefahrzeuge.de/fileadmin/download/2013_Anwenderstu-die_Elektrofahrzeuge_im_Geschaeftsumfeld_fhG_IAO_et_al.pdf.

Viere, T. (2011): Softwareeinsatz zur Erstellung eines Product Carbon Footprint. ifu. Hamburg.

Volkswagen (Hg.) (2011): 1-Liter-Auto.

Voss, H. (2006): Logistik-Outsourcing in der Automobilindustrie. Eine Untersuchung zur Flexibilität. Unter Mitarbeit von C. Reuter. Hg. v. ForLog – Bayerischer Forschungsverbund. Supra-adaptive Logistiksysteme. Nürnberg. Online verfügbar unter http://www.forlog.de/pdf/Outsourcing_Bericht_Internet.pdf.

Wallentowitz, H.; Freialdenhoven, A. (2011): Strategien zur Elektrifizierung des Antriebsstranges - Technologie, Märkte und Implikationen. 2. Aufl. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

Wallentowitz., H.; Freialdenhoven., A.; Olschewski., I. (2009): Strategien in der Automobilindustrie. Technologietrends und Marktentwicklungen. Wiesbaden: Vieweg + Teubner.

Weber, J.; Georg, J.; Janke, R. et al. (2012): Nachhaltigkeit und Controlling. Weinheim: Wiley-VCH.

Weidmann, U.; Stölzle, W.; Bopp, W. et al. (2012): Nachhaltige Güterfeinverteilung - Ein systematischer Ansatz. In: Internationales Verkehrswesen 64, S. 28–34.

Wermuth, M. (2012): Kraftfahrzeugverkehr in Deutschland 2010. Hg. v. Bundesministerium für Bau, Verkehr und Stadtentwicklung.

Weyerstrass, K.; Jaenicke, J.; Schönpflug, K.: Künftige Entwicklung der Energiepreise. Online verfügbar unter http://www.uni-erfurt.de/fileadmin/user-docs/Juniorprofessur_Oekonometrie/Energiepreise.pdf.

Wildemann, H. (2003a): Bewertung logistischer Leistungen - Abschlussbericht des Forschungsprojektes BiLog. TCW-Verlag. München.

Wildemann, H. (2003b): Wie viel ist Logistik wert? – Quantitatives Bewerten logistischer Leistung ist schwierig. In: Logistik Heute (10).

Wildemann, H. (2004): Bewertung logistischer Kosten und Leistungen in der Supply Chain // Bewertung logistischer Leistungen und Kosten in der Supply Chain. Forschungsbericht ; BiLog: [Bilanzfähige Logistik] ; [Projektlaufzeit: 01.09.2000 - 30.09.2003]. München: TCW Transfer-Centrum.

Wildemann, H. (2007): Entsorgungslogistik. In: G. Hösel (Hg.): Müllhandbuch. Sammlung und Transport, Behandlung und Ablagerung sowie Vermeidung und Verwertung von Abfällen, Bd. 1580. 2. Aufl. Berlin: Schmidt, S. 1–16.

Wildemann, H. (2008): Fremdbezug von Logistikleistungen. Leitfaden zum effizienten Fremdbezug von Logistikleistungen und zur Integration von Logistikdienstleistern. 5. Aufl. München.

Wildemann, H. (2009): Logistik Prozeßmanagement. [Organisation und Methoden]. 4., bearb. Aufl. München: TCW, Transfer-Centrum-Verl (TCW, 19).

Wildemann, H. (2010a): Logistik Prozeßmanagement. [Organisation und Methoden]. 5. Aufl. München: TCW, Transfer-Centrum-Verl.

Wildemann, H. (2010b): Logistik Prozeßmanagement. [Organisation und Methoden]. 5. Aufl. München: TCW, Transfer-Centrum-Verl.

Wildemann, H. (2011): Nachhaltigkeit in der Supply Chain. Leitfaden für nachhaltigkeitsorientiertes Wertschöpfungsmanagement. 1. Aufl. München: TCW (109).

Wildemann, H. (2012a): Elektromobilität - Anforderungen an Reifen, Fahrwerk, Antrieb und Marktpotenziale. TCW. München.

Wildemann, H. (2012b): Green Mobility. Maßnahmen zur Verringerung von CO2-Emissionen im Vergleich. München: TCW Transfer-Centrum.

Wildemann, H. (2012c): Nutzfahrzeugreifen. Ökologische und ökonomische Wrikungen von Reifenverordnungen in Europa und Südamerika. München.

Wildemann, H. (2013a): Logistik Prozeßmanagement. [Organisation und Methoden]. 6., bearb. Aufl. München: TCW, Transfer-Centrum-Verl (TCW, 19).

Wildemann, H. (2013b): Nachhaltigkeit in der Supply Chain. Leitfaden für nachhaltigkeitsorientiertes Wertschöpfungsmanagement. München: TCW Verlag.

Wildemann, H. (2013c): Supply-chain-Management. München: TCW.

Wildemann, H. (Hg.) (2012d): Wachstum durch Ressourceneffizienz. Kunden, Mitarbeiter, Lieferanten ; Tagungsband Münchner Management Kolloquium, 20. und 21. März 2012. Münchner Management Kolloquium. München, 20. und 21. März. München: TCW, Transfer-Zentrum.

Willms, O. (2013): Vorgänger-Atego: Schafft der Hybrid den Testsieg? Online verfügbar unter http://www.eurotransport.de/test/vorgaenger-atego-schafft-der-hybrid-den-testsieg-6490224.html.

Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (2010): Strukturstudie BWe mobil - Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität. Stuttgart.

Witte, C.; Klumpp, M. (2013a): Betriebliche Änderungsanforderungen für den Einsatz von Elektronutzfahrzeugen - eine AHP-Expertenbefragung. Hg. v. M. Klumpp, T. Marner und G. Sandhaus.

Witte, C.; Klumpp, M. (2013b): Betriebliche Änderungsanforderungen für den Einsatz von Elektronutzfahrzeugen - eine AHP-Expertenbefragung. In: ild Schriftreihe Logistikforschung Band 37 2013. Online verfügbar unter http://www.fom.de/download/1928.

Witte, C.; Klumpp, M.; Keuschen, T. et al. (2013): AHP-Analyse der Prozessanpassungen in der Logistik beim Einsatz von Elektronutzfahrzeugen.

Wohlfahrt, M.; Vogt, S. (2010): Green SCM. Von der lokalen Einzelmaßnahme bis zur global ökologisch optimierten Lieferkette. Roadmap zur Vereinigung ökonomischer und ökologischer Effizient. Hg. v. Bearing Point. Frankfurt.

Wolpert, S. (2013): "City-Logistik". Bestandsaufnahme relevanter Projekte des nachhaltigen Wirtschaftsverkehrs in Zentraleuropa. Stuttgart: Fraunhofer-Verl.

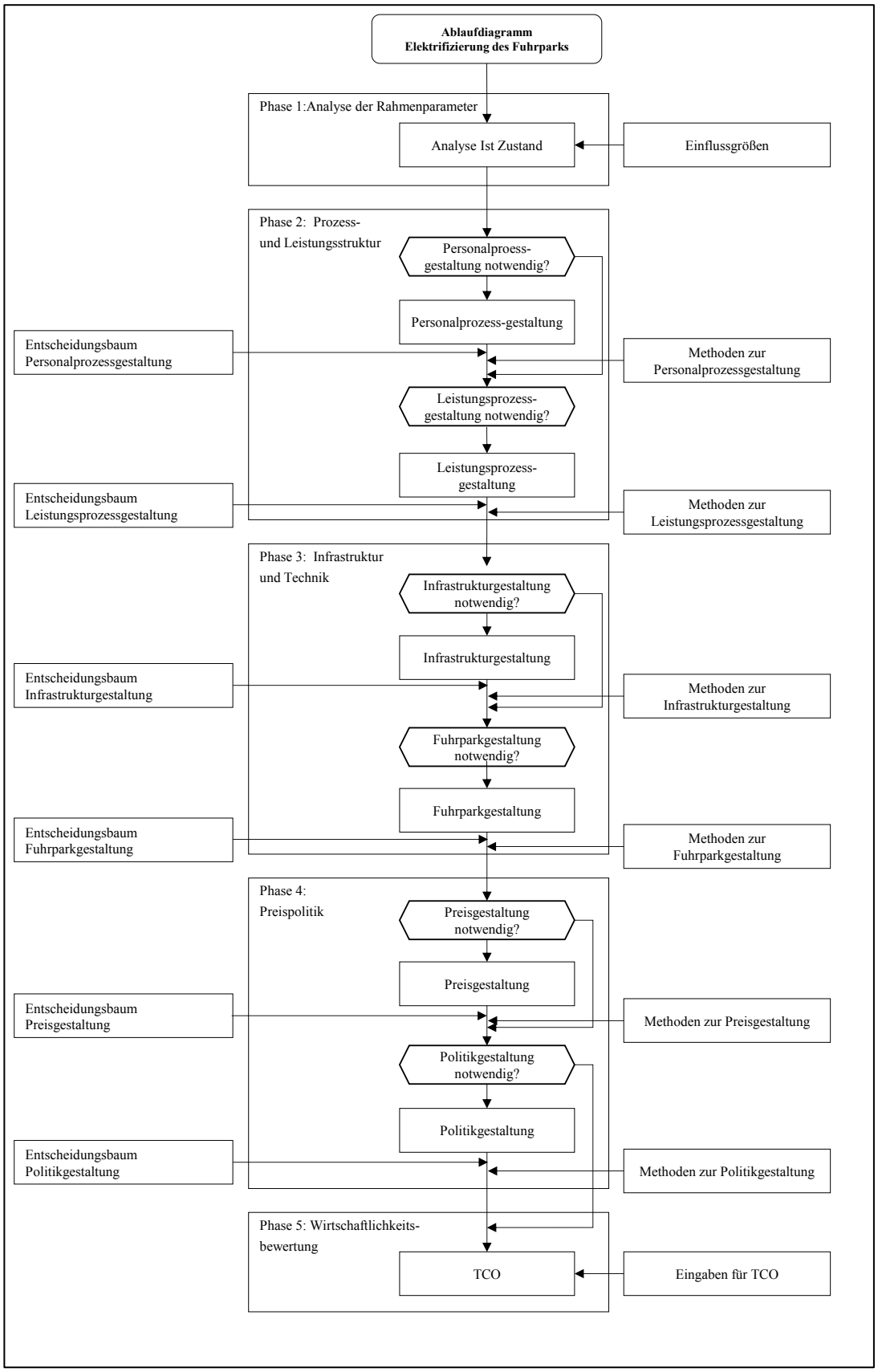
Yay, M. (2012): Elektromobilitaet. Theoretische Grundlagen, Herausforderungen Sowie Chancen Und Risiken Der Elektromobilitaet, Diskutiert an Den Umsetzungsmoeglichkeiten in Die Praxis. Frankfurt: Lang, Peter, Internationaler Verlag der Wissenschaften.

ZLV (2009): Nachhaltige Mobilität –Strategische Positionierung der Logistik. Zentrum für Logistik & Verkehr. Essen.

Zoll (2014): Kraftfahrzeugsteuer - Steuerhöhe. Online verfügbar unter http://www.zoll.de/DE/Fachthemen/Steuern/Verkehrsteuern/Kraftfahrzeugsteu-er/Grundsaetze_Besteuerung/Steuerhoehe/steuerhoehe_node.html.

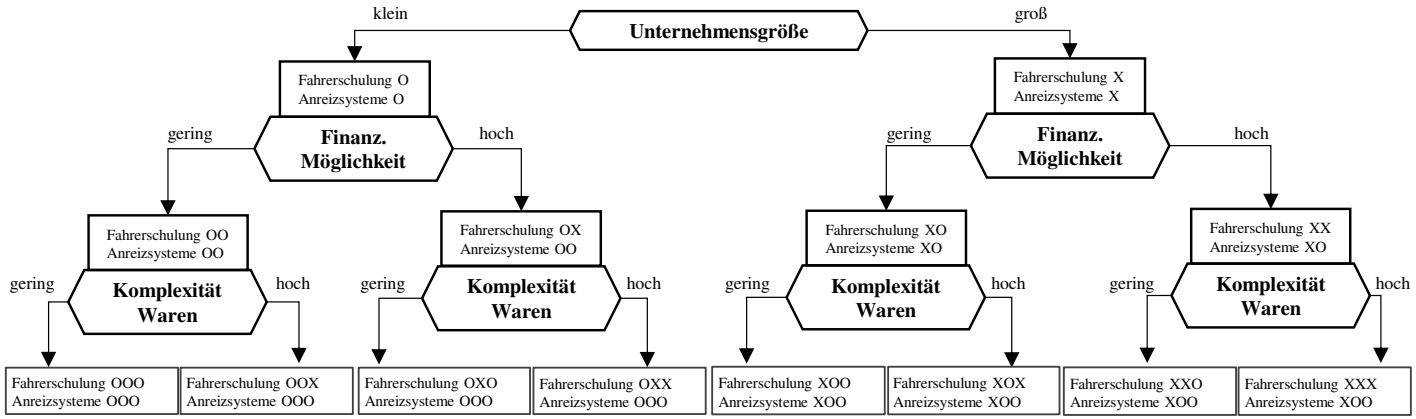
Anhang

Ablaufdiagramm des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung



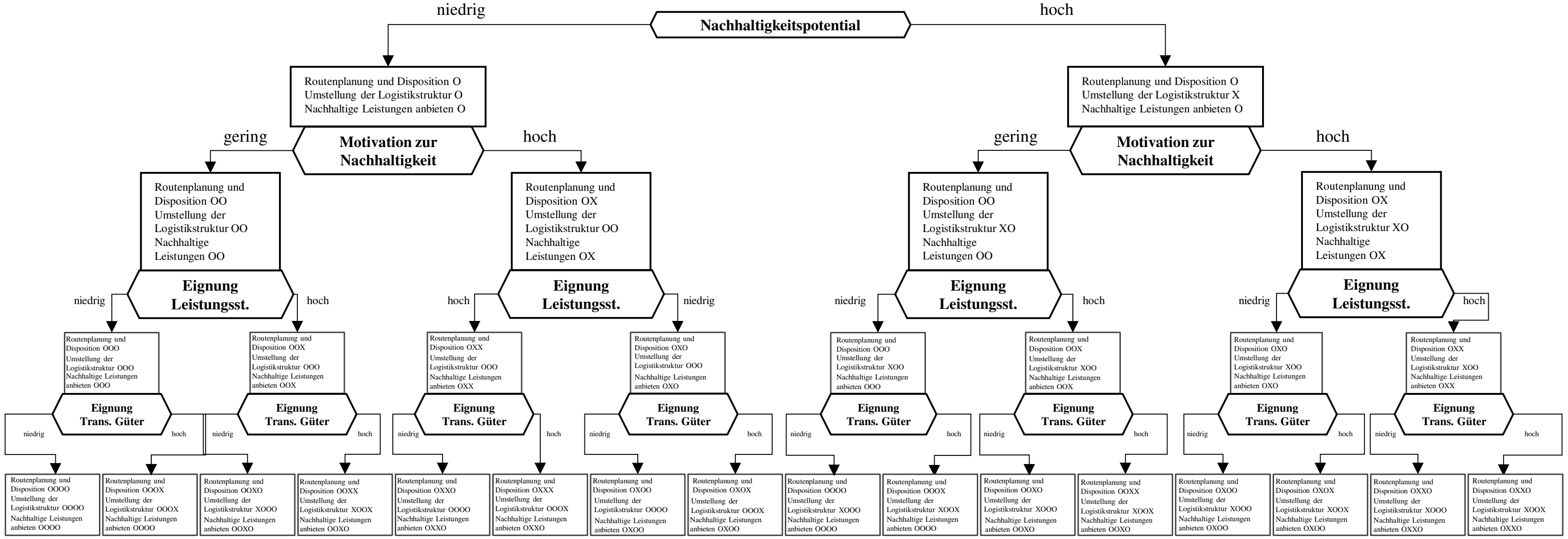
Entscheidungsbäume des Prozesses zur Fuhrparkelektrifizierung

Personalprozessgestaltung

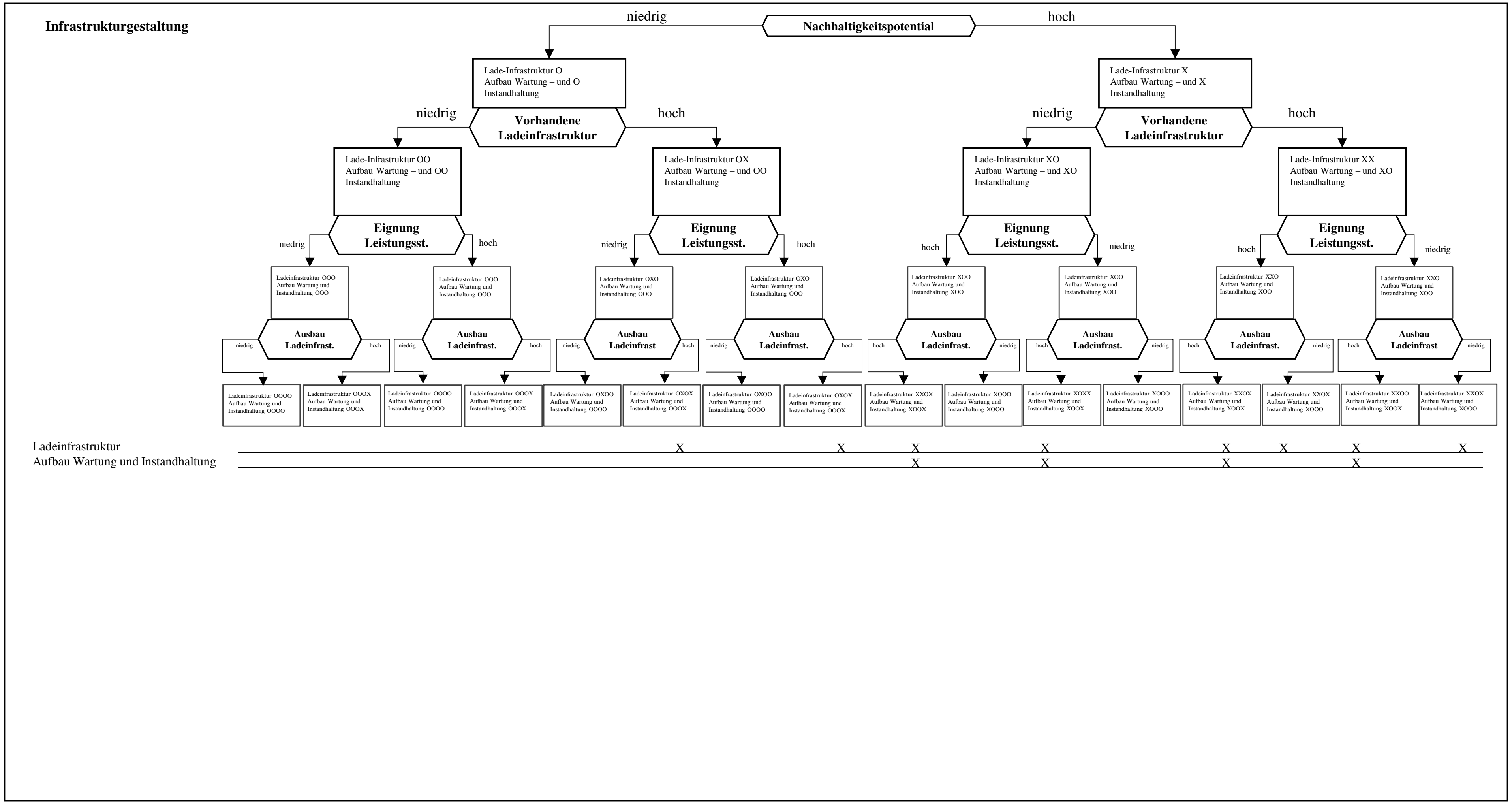


Fahrerschulung durchführen:		X	X	X	X	X	X	X
Anreizsysteme durchführen:					X	X	X	X

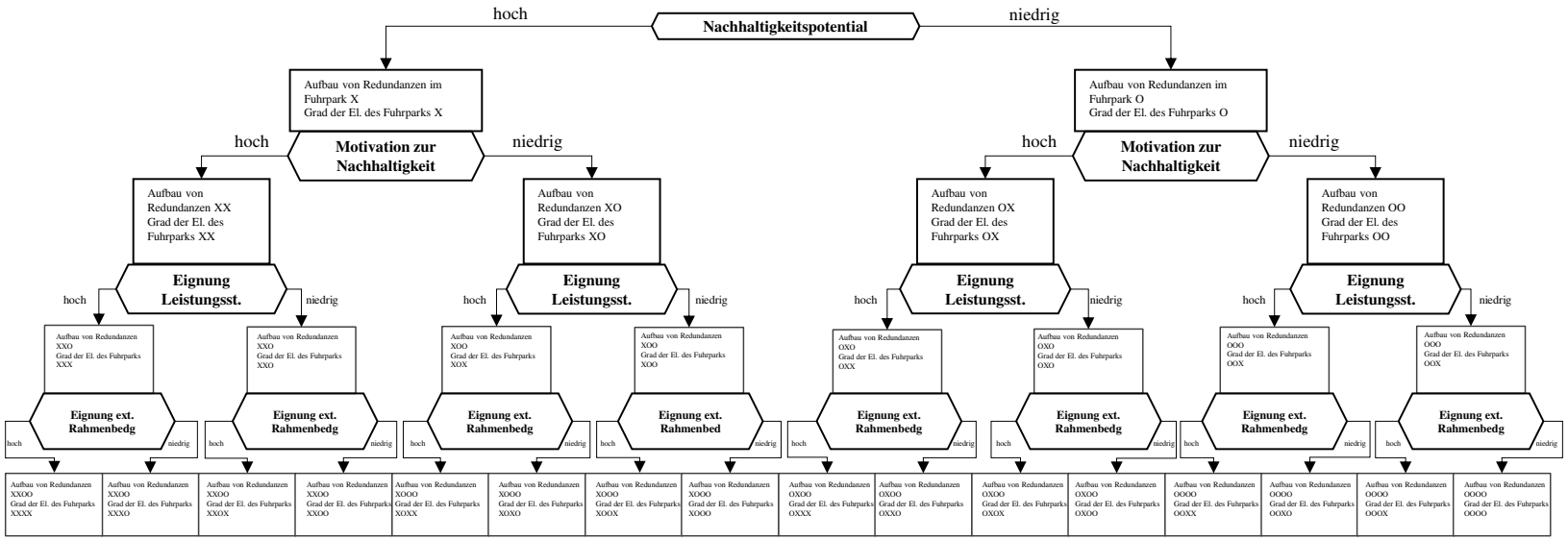
Leistungsprozessgestaltung



Routenplanung und Disposition				X	X	X		X				X			X	X
Umstellung der Logistikstruktur				X						X		X		X		X
Nachhaltige Leistungen anbieten					X	X									X	X

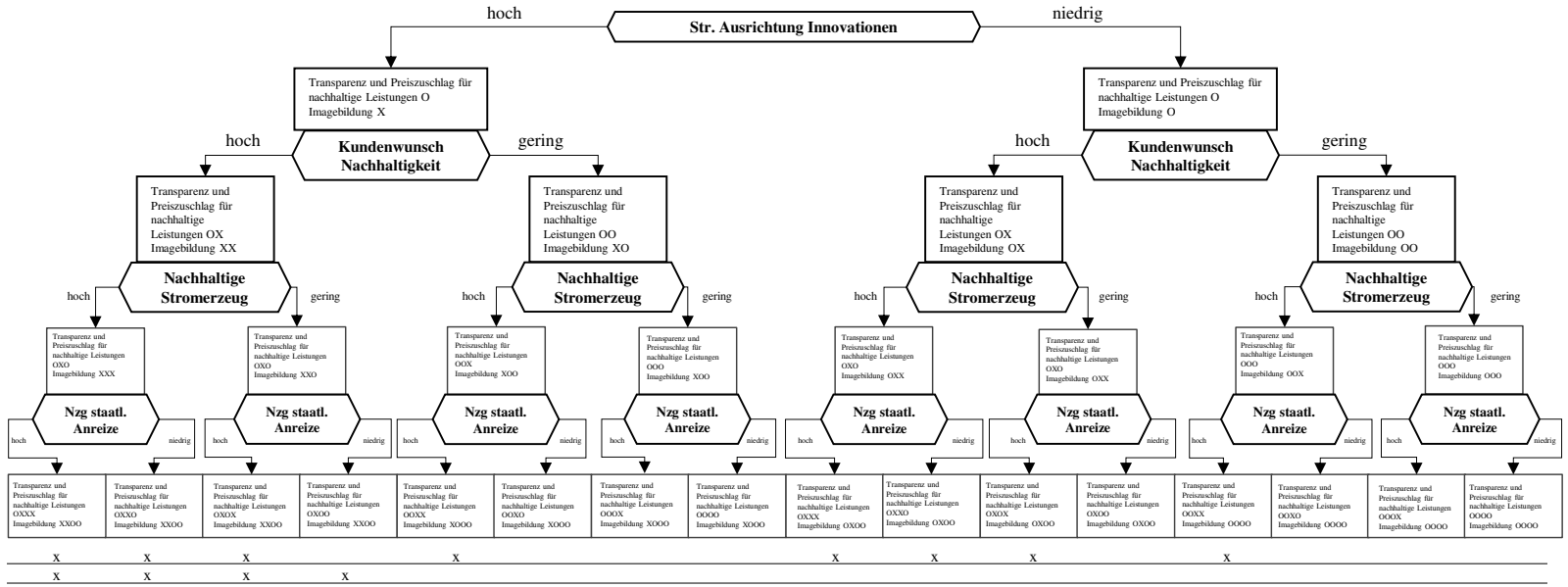

Infrastrukturgestaltung
Nachhaltigkeitspotential
niedrig
hoch
Lade-Infrastruktur O
Aufbau Wartung – und O
Instandhaltung
Lade-Infrastruktur X
Aufbau Wartung – und X
Instandhaltung
Vorhandene Ladeinfrastruktur
Lade-Infrastruktur OO
Aufbau Wartung – und OO
Instandhaltung
Lade-Infrastruktur OX
Aufbau Wartung – und OO
Instandhaltung
Lade-Infrastruktur XO
Aufbau Wartung – und XO
Instandhaltung
Lade-Infrastruktur XX
Aufbau Wartung – und XO
Instandhaltung
Eignung Leistungsst.
Ausbau Ladeinfrast.
Ladeinfrastruktur
Aufbau Wartung und Instandhaltung

Fuhrparkgestaltung



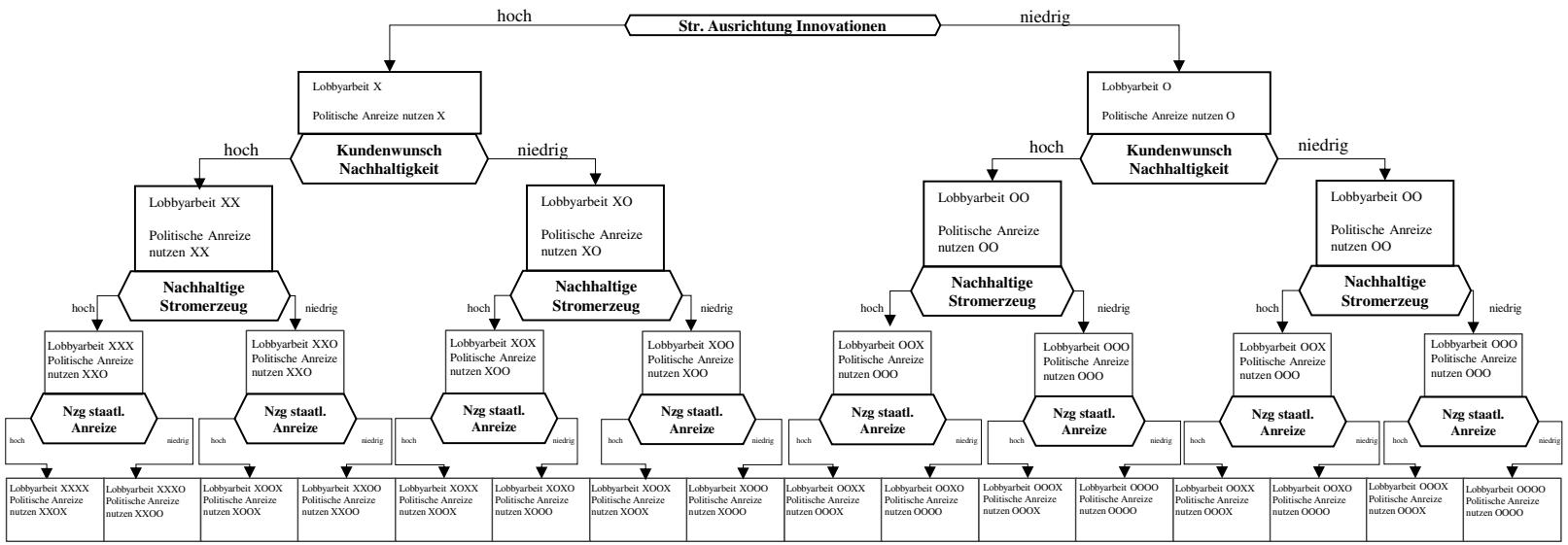
Aufbau von Redundanzen	x	x	x	x									x			
Grad der El. des Fuhrparks	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x					

Preisgestaltung



Transparenz und Preiszuschlag für nachhaltige Leistungen Imagebildung

Politikgestaltung



Lobbyarbeit	x	x	x	x	x	x	x		x				x			
Politische Anreize nutzen	x	x	x	x	x		x									

Methodensteckbriefe

Behältersysteme

Beschreibung

Behälterkreislaufsysteme bilden ein integriertes Produktions-, Transport-, Lager- und Verpackungssystem mit Leergutrückführung. Die Art und Form der verwendeten Behälter sind dabei das Ergebnis einer typenspezifischen Behälterentwicklung. Wichtige Merkmale von Behälterkreisläufen sind dabei:

- Einsatz standardisierter und logistikgerechter Behälter,
- EDV-gestützte Steuerung des Kreislaufs,
- Leerbehälterdisposition sowie
- Kooperation aller Partner in der Transportkette.

Um einen transparenten und effizienten Materialfluss zu erreichen, sind die Behälter in ein Kreislaufsystem zu integrieren:

Vorgehensweise

1. Empfindlichkeitsprofil des Packguts und Anforderungsprofil der Logistikkette ermitteln
2. Behälter gestalten und Prototypen für Prüfungsprozess erstellen
3. Prüfungen durchführen und Behälter gegebenenfalls anpassen
4. Behältersystem einführen

Ergebnis

- Hohe Volumennutzungsdichte bei Transport und Lagerung durch hohen Füllgrad der Behälter und Transportmittel
- Höhere Auslastung der Fahrzeuge durch Behältersysteme ermöglicht Reduzierung von CO2-Emissionen

Betriebliches Vorschlagswesen

Beschreibung

Das betriebliche Vorschlagswesen ist ein System der organisatorischen Behandlung und Belohnung von technischen und nichttechnischen (z. B. kaufmännischen) Verbesserungen aus dem Kreis der Arbeitnehmer mit dem Ziel, die Leistungen des Betriebs ständig zu verbessern. Das betriebliche Vorschlagswesen dient der Entfaltung der Persönlichkeit des Arbeitnehmers, indem dieser zum Mitdenken und damit zur Teilnahme an der Gestaltung der Arbeit und der Entwicklung des Betriebes motiviert wird. Für den Arbeitgeber ist das betriebliche Vorschlagswesen ein wirkungsvolles Führungsinstrument, durch das betriebliche Arbeitsvorgänge und Produkte verbessert, Kosten eingespart und die Arbeitssicherheit erhöht werden. Ein klassisches Beispiel ist der Ideenbriefkasten, in den Mitarbeiter jederzeit Verbesserungsvorschläge einwerfen können.

Vorgehensweise

1. Festlegung des Kreises der Vorschlagsberechtigten
2. Definition der Verbesserungsvorschläge, die prämiiert werden sollen
3. Vereinbarungen über Art der Prämien
4. Grundsätze der Prämienbemessung im Rahmen der vom Arbeitgeber zur Verfügung gestellten Mittel.

Ergebnis

- Zusammenhalt im Unternehmen wird gefördert
- Bindung und Treue ans Unternehmen wird gestärkt, denn durch betriebliches Vorschlagswesen bekommen Angestellte das Gefühl, direkt zum Erfolg des Unternehmens beizutragen

Break-Even-Analyse

Beschreibung

Die Break-Even-Analyse (BEA) deckt Stärken und Schwächen von Produkten in einer übersichtlichen Form auf, folgt dabei dem Ansatz der Rentabilitätsverbesserung und stellt damit ebenfalls eine zu erwähnende Methode im Prozess der Logistikumstellung dar. Besondere Relevanz im Kontext dieser Arbeit erhält die Break-Even-Analyse im Bereich der Anschaffungskosten. Sie kann dem Unternehmen einen ersten Hinweis darauf geben, wann und unter welchen Voraussetzungen die Anschaffung von elektrischen Fahrzeugen rentabel ist.

Die Break-Even-Analyse ist für ein Unternehmen wesentlich, um zu bestimmen, bei welchem Umsatzvolumen gerade eine Vollkostendeckung eintritt. Diese Vollkostendeckung wird auch Break-Even-Point (kurz BEP), Gewinnschwelle oder Mindestabsatz genannt.

Vorgehensweise

1. Gliederung der Kosten in fixe und variable Anteile
2. Ermittlung des Deckungsbeitrags
3. Berechnung des Break-Even-Points
4. Gegebenenfalls zusätzlich: Ermittlung der Amortisationsdauer

Ergebnis

- Unterstützung von Planungsaufgaben und Investitionsentscheidungen
- Bestimmung des Einflusses von Änderungen in der Kostenstruktur
- Kenntnis über Anforderungen an Absatzmenge

Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment

Beschreibung

Fehler in der Planung führen gegebenenfalls zu Terminabweichungen, aus denen sich Lieferengpässe entlang der Wertschöpfungskette ergeben können. Um einen Produktionsstopp zu verhindern, werden Sonderfahrten notwendig.

Um daher die Planungsgenauigkeit zu erhöhen, kann beispielsweise Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR) verwendet werden. Dies ermöglicht eine gemeinsame Planung über die Unternehmensgrenzen hinweg, wobei zum Datenaustausch EDI-Systeme und internetbasierte Lösungen eingesetzt werden. CPFR aggregiert Bedarfszahlen aus verschiedenen Absatzkanälen, auf welche die Partner einer Lieferkette zugreifen. Somit können die Nutzer mögliche Änderungen in den Abrufen in Echtzeit ermitteln und entsprechend in der Planung von Produktion und Logistik berücksichtigen.

Vorgehensweise

1. Grundsätzliche Rahmenvereinbarung schließen und gemeinsame Geschäftspläne entwickeln
2. Elektronischen Datenaustausch (EDI) zwischen den Partnern implementieren
3. Gemeinsame Datenbasis und Bestellprognosen erstellen
4. Abweichungen erkennen und bei Planung in Produktion und Logistik berücksichtigen

Ergebnis

- Höhere Planungsgenauigkeit durch bessere Planungsbasis ermöglicht Reduzierung der Sonderfahrten
- Weniger Sonderfahrten verbessern CO2-Footprint

Quelle: vgl. Werner (2011)

Conjoint-Analyse

Beschreibung

Die Adaptive Conjoint Analyse (ACA) ist eine Methode zur Messung der Bewertung eines Produktes, indem die Nutzenwerte für bestimmte Ausstattungsmerkmale bestimmt werden. Sie wird rechnergestützt durchgeführt.

Ziel der Conjoint Analyse ist es, die Bedürfnisse spezifischer Zielgruppen zu ermitteln. Es soll untersucht werden, welche Produktmerkmale dem Kunden wichtig sind und welche Potenziale existieren, um den Kundenmehrwert zu steigern. Ebenso können Vergleiche zu Konkurrenzprodukten angestellt werden.

Die Ergebnisse lassen sich in den Produktentwicklungsprozess integrieren, um z.B. Overengineering zu vermeiden.

Vorgehensweise

1. Merkmale des zu untersuchenden Produktes, zu bewertenden Merkmalsausprägungen mit Hilfe von Befragungen bestimmen
2. Kompositioneller Teil: Probanden wählen in Fragebogen zunächst die für sie wichtigen Ausprägungen aus
3. Dekompositioneller Teil: Probanden vergleichen Teilprofile paarweise, die Auswahl dieser nimmt ein Computer jeweils anhand der zuvor gegebenen Antworten vor

Ergebnis

- Erhöhung der Kundenorientierung und des Kundennutzens
- Senkung der Erstellungskosten
- Senkung nachträglicher Änderungen
- Vermeidung von Overengineering

Quelle: vgl. Wildemann (2015)

CO2-Footprint-Messung

Beschreibung

Das Erfassen des CO2-Footprints kann auf zwei Arten erfolgen. Entweder wird eine direkte Messung des CO2-Ausstoßes im untersuchten Betrachtungsbereich durchgeführt und damit der CO2-Footprint ermittelt. Oder es werden Berechnungen durchgeführt, die auf gegebenen Emissionsfaktoren und standardisierten Modellen beruhen. Die Wahl der Methode ist abhängig vom Untersuchungsobjekt, der Glaubwürdigkeit der Daten, der Realisierbarkeit und von Kosten- und Kapazitätsbeschränkungen.

Vorgehensweise

1. Aufteilung der Transportdienstleistung in Teilstrecken ohne Verkehrsmittelwechsel
2. Berechnung des Energieverbrauchs und der Emissionen je Teilstrecke
3. Bestimmung des gesamten Energieverbrauchs und der Emissionen aller Teilstrecken der Transportdienstleistung

Ergebnis

- Transparenz über CO2-Footprint
- Erweiterung des Leistungsangebots des Unternehmens auf Basis der gewonnenen Daten
- Erhöhung des Kundennutzens

Quellen: vgl. Pandey (2011)

CO2-Kompensation

Beschreibung

Die CO2-Kompensation dient dem Ausgleich von CO2-Emissionen, die nicht zu vermeiden sind. Eine Möglichkeit dieses CO2-Ausgleichs für Unternehmen stellt die Unterstützung in Klimaschutzprojekten dar. Durch die aktive Teilnahme in solchen Klimaschutzprojekten erhalten Unternehmen Emissionszertifikate. Diese berechtigen dazu, eine bestimmte CO2-Menge zu emittieren. Der Handel mit Emissionszertifikaten, und damit die Kompensation, findet dabei im regulierten und im freiwilligen Markt statt. Beim regulierten Markt wird der Handel im Rahmen des Kyoto-Protokolls von einer Behörde der Vereinten Nationen organisiert und überwacht. Der freiwillige Markt findet außerhalb des Kyoto-Systems statt.

Vorgehensweise

1. Erfassung von Emissionsquellen (Aufnahme von An- und Abtransporten, Pendelverkehren, etc.)
2. Berechnung, Zusammenfassung und Abgrenzung der ermittelten Emissionen
3. Auswahl von Maßnahmen zur Kompensation (bspw. Klimaschutzmaßnahmen, inter- und intra-betrieblicher Ausgleich in der Lieferkette)
4. Durchführung der ausgewählten Maßnahmen

Ergebnis

- Verbesserung des CO2-Footprints durch Zertifikatehandel und Kompensation

Quellen: vgl. Sterck/ Bunse (2005); Diefenbacher/ Rodenhäuser (2009); Ulreich (2010); Brohmann et al. (2010); Deutsche Post (2014)

Flexible Arbeitszeitmodelle

Beschreibung

Flexible Arbeitszeitmodelle verfolgen Ziele, die humaner, ökonomischer und organisatorischer Natur sind.

Zu den gängigen flexiblen Arbeitszeitmodellen zählen Gleitzeit, Schichtarbeit, Job sharing, Jahresarbeitsmodelle, gleitender Ruhestand und Telearbeit.

Die einzelnen Arbeitszeitmodelle können nach betriebs-individuellen Anforderungen kombiniert und ausgestaltet werden.

Vorgehensweise

1. Definieren der betriebsindividuellen Anforderungen und Ziele an das Arbeitszeitmodell unter Berücksichtigung von gesetzlichen oder sonstigen Restriktionen
2. Auswählen des passenden Arbeitszeitmodells
3. Erarbeiten einer Einführungs- bzw. Übergangsstrategie für das Arbeitszeitmodell
4. Implementieren des Arbeitszeitmodells
5. Kontrollieren und Überwachen der Wirksamkeit des Modells; ggfs. Anpassung des Modells

Ergebnis

- Bedarfsorientierte Arbeitszeiten: variabler Arbeitsbeginn und ein variables Arbeitsende, Ausdehnung von Ansprech- und Betriebszeiten, Reaktion auf Auftragsschwankungen
- Anreize für Mitarbeiter durch höhere Zeitautonomie

Entgeltsysteme

Beschreibung

Entgeltsysteme sichern eine durchgängige und hierarchieübergreifende Ausrichtung der Unternehmensaktivitäten am Kundennutzen sowie an den Unternehmenszielen. Im Rahmen des Entlohnungskonzepts gilt es zu prüfen, inwieweit unterschiedliche Modelle und Bemessungsgrundlagen in Abhängigkeit von den einzelnen Ebenen sowie Bereichen zu wählen sind. Die Ausgestaltung eines Entgeltsystems für Führungskräfte weicht deutlich von der inhaltlichen Struktur einer Entlohnung nach Zielvereinbarung für Mitarbeiter in direkten sowie indirekten Bereichen ab. Aus Gründen der Transparenz sind die Bemessungsgrundlagen klar zu definieren und müssen ohne großen Aufwand erfassbar sein. Die Bonusermittlung orientiert sich am Zielerreichungsgrad und erfolgt auf Basis von fixierten Bonustabellen.

Vorgehensweise

1. Analyse der Ausgangssituation
2. Identifikation der Unternehmens- und Bereichsziele sowie der aktuellen Systeme
3. Entwicklung des Konzepts: Struktur des Entgeltsystems, Wirtschaftlichkeitsbeurteilung sowie Bonustabellen, Betriebsvereinbarung, Schulungsplan
4. Piloteinführung der Entgeltsysteme mit Umsetzungsbegleitung und Wirkungsanalysen
5. Roll-out auf weitere Bereiche

Ergebnis

- Weitreichende Lohngerechtigkeit
- Beseitigung von Ungleichgewichten
- Schaffung von Leistungsanreizen
- Verbesserung der Qualität der Leistungserbringung

Entstörmanagement

Beschreibung

Engpässe im Logistiksystem führen direkt zu Störungen in den Produktionsprozessen. Das Entstörmanagement beinhaltet organisatorische Regelkreise, um trotz Störeinflüssen die aufgestellten Pläne optimal zu erfüllen. Hierzu werden die Abweichungen richtig gewertet, was die Schäden und Folgeschäden durch Störungen reduziert. Die zwei Basisstrategien zur Entstörung beruhen dabei auf der Verminderung der Störungsfrequenz (Prävention) sowie der Erhöhung der Entstöreffizienz (Reaktion). Strategien zur Vermindung der Störungsfrequenz zielen darauf ab, auf Basis von Erkenntnissen der Ursache-Wirkungszusammenhänge von Störungen diese im Vorfeld der eigentlichen Aufgabendurchführung zu verhindern oder zu reduzieren. Hierzu sind Regelkreise zur Entstörung in den Unternehmen einzuführen.

Vorgehensweise

1. Störungsidentifikation (Soll-Ist-Vergleiche, ereignis-orientierte Störungsmeldung, statistische Prozesskontrolle)
2. Störungslokalisierung (Ort, Umfeld sowie Funktion gestörter Einheit)
3. Störungsbewertung (Art und Ursache, Wirkungsanalyse, Eingriffsnotwendigkeit)
4. Entstörung (Auswahl und Ausführung von Maßnahmen, Entstörüberwachung)

Ergebnis

- Vermeidung von Engpässen ermöglicht Reduzierung der Sonderfahrten
- Weniger Sonderfahrten verbessern CO2-Footprint

ERP-Systemauswahl und Implementierung

Beschreibung

Die ERP-Systemauswahl und Implementierung beinhaltet die Durchführung eines systematischen Auswahlprozesses geeigneter ERP-Systemanbieter sowie die Ausgestaltung eines zweckmäßigen ERP-Einführungsprozesses zur Unterstützung der Geschäftsprozesse des Unternehmens. In diesem Zusammenhang kommt der sorgfältigen Planung des ERP-Einführungsprozesses besondere Bedeutung zu. Die erfolgversprechende Vorgehensweise manifestiert sich in der gleichzeitigen Betrachtung der Prozessreorganisation und –optimierung sowie der Gestaltung des ERP-Auswahl- und Implementierungsprozesses. Das generelle Vorgehen wird anhand von vier Modulen beschrieben.

Vorgehensweise

1. Auditierung der IT- und Prozesslandschaft und Identifikation von Schwachstellen sowie zukünftiger Anforderungen an das System
2. Prozessreorganisation und –optimierung
3. Auswahl des ERP-Systems
4. Entwicklung Implementierungsfahrplan mit konkreten Zielvorgaben und erforderlichen Maßnahmenpaketen

Ergebnis

- Schneller Datenaustausch und gute Planungsbasis ermöglicht Reduzierung von Planungsfehlern, Engpässen und Sonderfahrten
- Weniger Sonderfahrten verbessern CO2-Footprint

Fahrertrainings

Beschreibung

Trainings sind Veranstaltungen, in denen Mitarbeiter Fertigkeiten erwerben oder verfeinern sollen. Diese Methode der Personalentwicklung kann individuell an die betroffenen Mitarbeiter in ihrem Inhalt und ihrer Methodik angepasst werden.

Fahrertrainings helfen dabei, bei konventionellen Antrieben den Kraftstoffverbrauch zu senken. Bei E-Fahrzeugen wird die Reichweite erhöht. Die während der Schulung vermittelten Informationen zu sparsamem Fahren helfen den Fernfahrern, ihre Fahrweise anzupassen. Beispielsweise muss der Fahrzeugführer darauf achten, vorausschauend zu fahren und das Fahrzeug so lange wie möglich rollen zu lassen. Weitere Maßnahmen sind das Einhalten konstanter Geschwindigkeiten, auch unter Nutzung des Tempomats, sowie die Nutzung der Rekuperation bei anspruchsvollen Topographien.

Vorgehensweise

1. Trainingsziele festlegen
2. Kriterien zur Überprüfung des Lernerfolgs ableiten
3. Trainingsmaßnahmen entwickeln
4. Maßnahmen durchführen
5. Lernerfolg überprüfen

Ergebnis

- Steigerung der Energieeffizienz durch Fahrertrainings: Kraftstoffeinsparung bei konventionellen Antrieben von 5 bis 10 % sowie Steigerung der Reichweite bei E-Fahrzeugen um bis zu 10 %

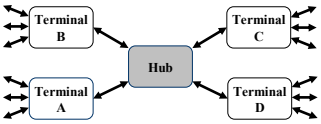
Quellen: vgl. Volvo Trucks (2011); DHL (2012); FedEx (2013)

Hub-and-Spoke-System

Beschreibung

Ein Hub-and-Spoke-System besteht aus einem zentralen Hub und entfernten Lagern. Zwischen den einzelnen Lagern und dem Hub besteht jeweils nur eine Verbindung. Dieser Netzwerk-Typ minimiert die nötige Anzahl von Transportverbindungen. In der Distribution von Paketen werden Hub-and-Spoke-Netzwerke häufig mit Depot-Netzwerken kombiniert. Dabei werden die Sendungen von aufkommensstarken Verbindungen mit Direktverkehren (wie in Depotnetzwerken) gefahren. Bei der Planung eines Hub-and-Spoke-Netzwerkes ist darauf zu achten, dass alle Depots von dem Hub aus in ungefähr der gleichen Fahrzeit erreicht werden können.

Hub-and-Spoke-System



Vorgehensweise

1. Ermittlung der geeigneten Standorte
2. Clusterung der Endpunkte nach Abhol-/Lieferfrequenz, Mengenkonstanz und geographischen Aspekten
3. Bildung von Routen sowie Bewertung der Kosten und CO2-Einsparungen
4. Durchführung von Lieferanten-Workshops und Testläufen

Ergebnis

- Reduzierung der Anzahl zurückgelegter Strecken durch Bündelung und Verringerung der Leerfahrten
- Auslastungssteigerung der Fahrzeuge

Quellen: vgl. O'kelly (1998); Zäpfel und Wasner (2002)

Hybride Leistungsbündel

Beschreibung

Als hybride Leistungsbündel lassen sich Kombinationen aus materiellen und immateriellen Leistungen bezeichnen, die am Markt als integrierte Leistungen angeboten werden. Ein hybrides Leistungsbündel (HLB) ist gekennzeichnet durch eine integrierte und sich gegenseitig determinierende Planung, Entwicklung, Erbringung und Nutzung von Sach- und Dienstleistungsanteilen (hybride Wertschöpfung) einschließlich seiner immanenten Softwarekomponenten. Somit handelt es sich bei einem hybriden Leistungsbündel um ein Absatzobjekt, das zur Lösung eines bestimmten Kundenproblems geeignet ist.

Vorgehensweise

1. Festlegung der Ziele
2. Formulierung der Strategie
3. Strukturierung der Leistungen
4. Konfiguration der Lösungen
5. Umsetzung und Umsetzungscontrolling

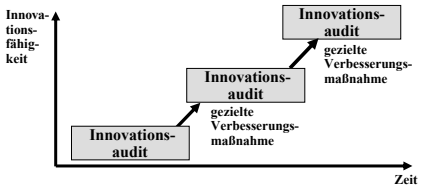
Ergebnis

- Effiziente Kombination von Kompetenzen zur Entwicklung kundenindividueller Problemlösungen mit Kompetenzen zur Generierung standardisierter Leistungsbündel
- Absicherung der Wettbewerbsfähigkeit und des Unternehmenswachstums

Innovationsaudit

Beschreibung

Das Innovationsaudit bietet die Möglichkeit, den Ist-Zustand des unternehmensindividuellen Innovationsmanagements in kurzer Zeit umfassend zu analysieren und Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Die Methode beruht auf einem Modell, das die zentralen Erfolgsgrößen des Innovationsmanagements beinhaltet und dadurch eine leistungsfähige Innovationskultur im Unternehmen verankert. Ziel des Innovationsaudits ist es, die Innovationsfähigkeit, nachhaltiges Wachstum und damit das langfristige Bestehen im globalen Wettbewerb zu sichern.



Vorgehensweise

1. Das Innovationsaudit besteht aus sechs einzelnen Modulen: Innovations-Check, FuE-Zulieferer-Check und Produkt-Check bewerten In- und Output. Den Rahmen bilden der Innovationskultur-Check, der Projektrisiko-Check und das Benchmarking.
2. In der Gesamtauswertung erfolgt die Einordnung in eine Leistungsklasse des Innovationsmanagements
3. Herausarbeitung der Ursachen und Verbesserungsmaßnahmen

Ergebnis

- Senkung der Entwicklungszeiten und Time-to-Market
- Produktivitätssteigerung
- Steigerung der Kundenbindung

Innovationsroadmapping

Beschreibung

Innovative Produkte sichern den mittel- und langfristigen Unternehmenserfolg. Innovationen müssen deshalb systematisch in definierten Suchfeldern erarbeitet werden.

Die Erstellung einer Innovations-Roadmap ermöglicht mittels einer transparenten und nachvollziehbaren Vorgehensweise eine Fokussierung auf die technologisch und kommerziell erfolgsversprechenden Themen der Zukunft.

Ziel des Roadmappings ist es, die begrenzten Ressourcen im Unternehmen strategie- und zukunftsorientiert einzusetzen. Durch eine Steigerung der Marktanteile, Steigerung der Synergieraten und weitere Leistungssteigerungspotenziale soll der Unternehmenserfolg nachhaltig gesichert werden.

Vorgehensweise

1. Analyse der Ausgangssituation
2. Erstellung eines Markt-/Technologieszenarios für eine systematische Zukunftsorientierung des Unternehmens
3. Synthese der Anforderungen des Marktes mit den technologischen Potenzialen
4. Die geplanten Produkte werden in eine F&E-Projektplanung überführt und die erforderlichen Ressourcen zugeordnet.
5. Begleitung der Umsetzung durch Controlling.

Ergebnis

- Senkung der Entwicklungszeiten und Time-to-Market
- Steigerung der Marktanteile
- Steigerung der Synergierate

Internetportale

Beschreibung

Leerfahrten lassen sich durch Internetportale reduzieren. Dies erfolgt mit Frachtbörsen, welche Angebot und Nachfrage nach Transportdienstleistungen zusammenbringen. Auf den Frachtbörsen werden Laderaumkapazitäten oder Transportaufträge angeboten beziehungsweise nachgefragt. Transport- und Logistikunternehmen bieten hierbei ungenutzten Laderaum an, um so eine höhere Auslastung ihrer Fahrzeuge zu erreichen und die Leerfahren zu verringern. Den Verladern bietet sich damit die Möglichkeit, kostengünstig eigene Fracht transportieren zu lassen, sofern deren Start- und Zielort in der Nähe einer Route mit noch freier Kapazität liegt.

Vorgehensweise

1. Identifikation relevanter Logistikplattformen und Prüfung ihrer generellen Eignung
2. Bewertung der Logistikplattform über Interviews und Erstellen einer Vorauswahl
3. Überprüfung der Anpassungsfähigkeit der Frachtbörsen auf die Anforderungen des Unternehmens
4. Auswahl der geeignetsten Frachtbörse
5. Integration der Frachtbörse in Logistikprozesse

Ergebnis

- Bessere Planungsbasis für Dienstleister und Möglichkeit zu Anschlussladungen und Dreiecksverkehre erhöht Auslastung
- Höhere Auslastung und Verringerung der Leerfahrten

Quelle: vgl. Hopmel/Heidenblut (2011)

Just-in-Sequence

Beschreibung

Man spricht von JIS, wenn Teile zu dem Zeitpunkt, zu dem sie verbaut werden sollen, durch einen externen Lieferanten in der richtigen Reihenfolge (sequenzgerecht) angeliefert werden. Zur Steuerung von JIS werden Sequence-Inlining-Systeme eingesetzt. JIS ist eine Weiterentwicklung des Just-in-Time-Gedankens und auch der Direktbelieferung der Linie. Bei der Bereitstellung nach dem JIS-Verfahren sorgt der Zulieferer nicht nur dafür, dass die benötigten Module rechtzeitig in der notwendigen Menge angeliefert werden, sondern auch, dass die Reihenfolge (Sequence) der benötigten Module stimmt.

Vorgehensweise

1. Geeignete Materialien durch kombinierte ABC- / XYZ-Analyse identifizieren
2. Synchronisation der inner- und zwischenbetrieblichen Abläufe bei Abnehmer und Lieferant
3. Überprüfung der Maschinen- und Personalkapazität
4. Zusätzlichen Kommunikationsaufwand mittels EDI-Manager durchführen

Ergebnis

- Prinzipbedingt häufige Lieferung kleiner Mengen
- Sinkende Auslastung der Fahrzeuge und Verschlechterung des CO2-Footprints
- Keine negativen Wirkungen bei Nähe des Lieferanten zum Kunden oder Aufbau eines Just-in-Sequence-Lagers beim Kunden

Just-in-Time

Beschreibung

Bei Just-in-Time (JIT) / der produktionssynchronen Beschaffung wird versucht, die Lagerhaltung zu vermeiden, indem das richtige Material in der richtigen Menge und Qualität unmittelbar zum richtigen Zeitpunkt in der Fertigung angeliefert wird. Die Methode eignet sich besonders für Teile mit hohem Verbrauchswert, die zeitnah produziert und lagerlos versorgt werden.

Ziel der produktionssynchronen Beschaffung ist es, Bestände abzubauen und damit Kosten einzusparen.

Ein Teil der Kosten wird auf den Lieferanten verlagert; im Rahmen einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit kann die Methode aber auch Vorteile für beide Seiten bringen.

Vorgehensweise

1. Geeignete Materialien durch kombinierte ABC- / XYZ-Analyse identifizieren
2. Bewertung und Auswahl der geeigneter Lieferanten - wichtiger Betrachtungsgegenstand: Einführung gemeinsamer Qualitätskonzepte.
3. Inner- und zwischenbetriebliche Abläufe bei Abnehmer und Lieferant synchronisieren
4. Konzept umsetzen und durch ständige Ergebnis-kontrollen begleiten

Ergebnis

- Prinzipbedingt häufige Lieferung kleiner Mengen
- Sinkende Auslastung der Fahrzeuge und Verschlechterung des CO2-Footprints
- Keine negativen Wirkungen bei Nähe des Lieferanten zum Kunden oder Aufbau eines Just-in-Time-Lagers beim Kunden

Kommunikationskonzept

Beschreibung

Wesentliches Erfolgskriterium bei der Durchführung von Projekten ist eine transparente Vorgehensweise und offene Kommunikationspolitik, welche dazu dient, den Vorurteilen und Ängsten der Mitarbeiter gegenüber Projekten entgegenzuwirken und einen größtmöglichen Projekterfolg sicherzustellen.

Das Konzept zur Realisierung einer offenen Kommunikationspolitik setzt dabei auf den gezielten Aufbau eines umfassenden Kommunikationsnetzwerks und hat die frühzeitige Einbindung aller Betroffenen zum Ziel. Es ermöglicht somit einen regelmäßigen Informationstransfer und schafft Transparenz über Ziele, Inhalte, Vorgehensweisen und Konsequenzen eines Projekts.

Vorgehensweise

1. Zieldefinition und Identifikation des Ist-Profils der Kommunikationskultur des Unternehmens sowie der Potenziale und Handlungsfelder
2. Ermittlung von Verbesserungspotenzialen und Erarbeitung von Lösungsansätzen
3. Nach Abstimmung der Veränderungsstrategie werden zur Schließung der Kommunikationskulturlücken die entwickelten Konzepte implementiert und durch ein kontinuierliches Umsetzungscontrolling begleitet.

Ergebnis

- Senkung der Durchführungszeit von Projekten
- Senkung der Anzahl abgebrochener Projekte
- Steigerung der Mitarbeitermotivation
- Steigerung der Akzeptanz von Projekten

Kontinuierlicher Verbesserungsprozess – Plan-Do-Check-Act-Zyklus

Beschreibung

Der PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act) ist eine systematische Methode, um die Einführung und den Erhalt qualitätssichernder Maßnahmen zu erleichtern.

Er setzt sich aus vier Phasen zusammen, die zyklisch durchlaufen werden. Zunächst wird die Verbesserung geplant, anschließend ausgeführt, die Resultate überprüft und das Vorgehen angepasst. Nun beginnt der Zyklus von Neuem.

Ziel des PDCA-Zyklus ist eine ständige Prüfung und Überarbeitung von Prozessen und Produkten und die Erreichung eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses. Die Qualität soll gesteigert sowie die Kosten gesenkt werden. Des Weiteren wird die Mitarbeitermotivation gesteigert.

Vorgehensweise

1. PLAN: Probleme analysieren sowie Ziele und Maßnahmen zur Zielerreichung fixieren
2. DO: Umsetzung der festgelegten Maßnahmen sowie Bestimmung eindeutiger Befugnisse und Verantwortlichkeiten, Schulungen etc.
3. CHECK: Regelmäßige Prüfung, ob durchgeführte Maßnahmen zu den angestrebten Verbesserungen geführt haben
4. ACT: Gegebenenfalls Anpassung der Maßnahmen-Zyklus beginnt von Neuem

Ergebnis

- Verbesserung von Arbeitsabläufen und Prozessen
- Verbesserung der Produkte und Kundenzufriedenheit
- Reduzierung von Verschwendung und Kosten
- Verbesserung der Unternehmenskultur

Kundensegmentierung

Beschreibung

Eine Kundensegmentierung ist das Aufteilen eines Marktes in möglichst homogene Gruppen von Abnehmern, von denen jede einzelne als Zielgruppe/ Zielmarkt angesehen werden kann. Die einem Kundensegment zugeordneten Nachfrager sollen sich hinsichtlich der Segmentierungskriterien möglichst ähnlich sein und sich von den anderen Segmenten deutlich unterscheiden.

Ziel der Kundensegmentierung ist eine differenzierte Marktbearbeitung durch Schaffung zielgruppengerechter Produkte und Dienstleistungen. Somit können Wettbewerbsvorteile durch Differenzierung und Spezialisierung generiert werden.

Vorgehensweise

1. Anhand verschiedener Analysen, z. B. Kundenwert-Analyse werden Kundengruppen nach passendem Kriterium gebildet (Umsatz, etc.).
2. Anschließend werden die relevanten Kundengruppen ausgewählt und Marktbearbeitungsstrategien entwickelt.
3. Das absatzpolitische Instrumentarium wird zielgruppen-orientiert gestaltet.
4. Vertrieb, Entwicklung und Produktion werden gemäß der Kundengruppen ausgerichtet.

Ergebnis

- Steigerung des Umsatzes
- Steigerung der Kundenzufriedenheit
- Senkung der Durchlaufzeit im Vertrieb

Kundenwertanalyse

Beschreibung

Das Kundenwertmodell beinhaltet monetäre und nicht monetäre Potenziale wie zum Beispiel Cross-Buying oder Referenzpotenziale. Eine Kundenwertanalyse basiert auf einer Diskontierung zukünftiger Erlöse und Kosten. Attraktivität des Kunden und Kundenbindung werden mit Hilfe einer Portfolioanalyse gegenübergestellt.

Auf Basis des Kundenwerts werden Marktstrategien abgeleitet, bei denen uninteressante Kundengruppen gezielt eliminiert, attraktive Kundengruppen hingegen angesprochen werden. Durch die gezielte Marktbearbeitung wird die Effizienz des Vertriebes weiter gesteigert.

Vorgehensweise

1. Erstellung qualitativer und quantitativer Einzelkundenforschung
2. Ausarbeitung der Marktpotenziale je Kunden und Ressourcenpotenziale
3. Erlöse und Kosten der Kunden werden unter Zuhilfenahme der Customer Life Time Value-Rechnung diskontiert.
4. Über die Erstellung eines Porftolios werden Kundenbindung und Kundenwert gegenübergestellt und Maßnahmen abgeleitet.

Ergebnis

- Senkung der Kundenbindungskosten bei gleichzeitiger Steigerung der Kundenbindung
- Steigerung des Kundendeckungsbeitrages

Make-or-Buy-Analyse

Beschreibung

Unter Make or Buy (MoB) versteht man die Entscheidung bezüglich Eigenfertigung oder Fremdbezug von Produkten, Verfahren und Dienstleistungen. Da MoB die wettbewerbs-strategische Position eines Unternehmens, die Personalstruktur, die Kapitalbindung im Umlauf- und Anlagevermögen wie auch den Komplexitätsgrad der Ablauforganisation stark beeinflusst, ist eine umfassende Untersuchung der Potenziale und Risiken der Entscheidung unumgänglich.

Ziel von MoB ist es, zu ermitteln, welche Leistungen für welche Produkte vom Unternehmen selbst erbracht, in Partnerschaft erstellt oder fremdbezogen werden müssen, um die Anforderungen des Marktes zu erfüllen und damit die Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten.

Vorgehensweise

1. Analyse des Beitrags von Leistungs-komponenten, Dienstleistungsprozessen und Zentralfunktionen zum Unternehmenserfolg
2. Bestimmung des Umfangs des Kerngeschäfts sowie Untersuchung der Interdependenzen zwischen Produkten, Prozessen und zentralen Funktionen
3. Erstellung des Soll-Konzepts, Durchführung einer Kosten-Nutzen-Analyse
4. Umsetzung des Soll-Konzepts

Ergebnis

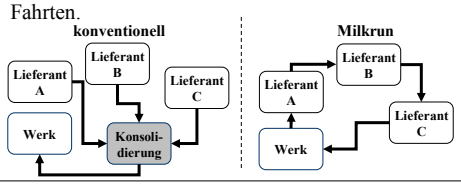
- Steigerung des Absatzvolumens
- Steigerung der Qualität und Produktivität
- Senkung der Logistikkosten
- Steigerung der Lieferbereitschaft

Milkrun-Konzept

Beschreibung

Das Milkrun-Konzept besteht in der Umgehung von Konsolidierungspunkten (z.B. Umschlagsanlagen) zur Reduzierung der Fahrtenanzahl und der Transportkilometer bei optimaler Auslastung der LKW. Das Unternehmen fährt also seine Lieferanten in einer festen Route und zu festen Terminen an, um dort eine feste Menge an benötigten Teilen einzusammeln.

Das Ziel des Milk Run-Konzeptes ist eine Senkung der Logistikkosten und des CO2-Ausstoßes durch die bessere Ausnutzung der Transportkapazitäten und weniger/kürzerer Fahrten.



Vorgehensweise

1. Geeignete Artikel mit XYZ-Analyse bestimmen
2. Clusterung der Lieferanten nach Abholfrequenz, Mengenkonstanz und geographischen Aspekten
3. Bildung von Milkrun-Routen sowie Bewertung der Kosten und CO2-Einsparungen
4. Auswahl der optimalen Route sowie Erstellung des Zeitplans
5. Durchführung von Lieferanten-Workshops und Testläufen

Ergebnis

- Reduzierung der Anzahl zurückgelegter Strecken sowie der gefahrenen Distanzen durch kombinierte Touren
- Deutliche Auslastungssteigerung der Fahrzeuge führen zu Verbesserung des CO2-Footprints

Optimierung der Containerbeladung

Beschreibung

Eine optimale Beladung der Ladungsträger soll eine hohe Beladung der Fahrzeuge und damit eine höhere Auslastung der Fahrzeuge ermöglichen. Hierzu existieren verschiedene Algorithmen, welche den definierten Stauraum mit möglichst vielen Packstücken beladen, so dass wenig Stauraum ungenutzt bleibt. Paletten- und Containerbeladung unterscheiden sich dabei, da für Paletten oft die räumliche Dimension vernachlässigt wird. Bei Containern hingegen ist die vertikale Ausdehnung von Stauraum und Packstücken stets zu berücksichtigen. Die Packstücke sollen weiterhin so angeordnet werden, dass sie sich innerhalb des Containers befinden, nicht überlappen und dabei vollständig auf dem Containerboden oder auf anderen Packstücken ruhen. Ist nun das Volumen der Packstücke im Container maximal, so ist der Stauplan optimal.

Vorgehensweise

Wall-Building Approach:

1. An hinterer Seitenwand Wand aus Packstücken aufbauen
2. Sukzessiv weitere Wände vor der bereits bestehenden Wand errichten

Column-Building Approach:

1. An hinterer Seitenwand Säulen aus Packstücken aufbauen
2. Sukzessive weitere Säulen aus Packstücken auf der Containergrundfläche platzieren.

Ergebnis

- Bessere Beladung der Fahrzeuge ermöglicht den Transport größerer Gütermengen
- Höhere Auslastung der Fahrzeuge ermöglicht Reduzierung von CO2-Emissionen

Quellen: vgl. Wäscher. (2008); Davies/Bischoff (1995)

Personalgespräch

Beschreibung

Personalgespräche als zentrales Führungsinstrument dienen dazu, den Austausch zwischen Mitarbeitern und Führungskräften zu etablieren. Die Aufgabe ist neben der Delegation von Aufgaben die Lösung von Aufgaben und das Anbringen von Kritik. Wichtig hierbei ist besonders der Fokus des gegenseitigen Austausches. Diese Methode der Mitarbeiterführung ist eng verbunden mit der Methode der Zielvereinbarungen, da eine der wichtigsten Ausgestaltungen des Personalgespräches die institutionalisierten Mitarbeitergespräche bilden. Diese Art der vorbereiteten Mitarbeitergespräche läuft nach einem vorab definierten Prozess ab und wird dementsprechend dokumentiert.

Vorgehensweise

1. Darstellung/Vereinbarung der Gesprächsziele
2. Anerkennung und Bestätigung bislang erzielter Ergebnisse
3. Formulierung von Entwicklungspotenzialen
4. Bewerbung um neue Aufgabenstellung, weitere Ziele
5. Nächste Schritte (eventuell Fortsetzungstermin vereinbaren)

Ergebnis

- Förderung der Kommunikation über Aufgaben und Ziele
- Stärkung des Arbeitsklimas und der Mitarbeitermotivation
- Förderung des Leistungsbewusstseins, vor allem in Zielvereinbarungen

Quellen: vgl. Hossiep, R et al. (2008), Winkler, B und Hofbauer, H. (2010)

PR-Management

Beschreibung

Das Management von Public Relations bedeutet die Gestaltung und Pflege von öffentlichen Beziehungen. Die PR-Maßnahmen eines Unternehmens sollten darauf abzielen, die Beziehung zur Öffentlichkeit anhand von strategisch angelegten Kommunikationsmaßnahmen und -prozessen aufzubauen und zu pflegen.

Von der Analyse – dem Aufdecken des Problems – bis hin zur Kontrolle des gewünschten Ergebnisses bzw. der eingetretenen Wirkung: PR versteht sich als Management von Kommunikation und vermittelt zwischen Unternehmen, Institutionen, Organisationen usw. und der Öffentlichkeit.

Vorgehensweise

1. Situationsanalyse als Basis für die Planung und Imageanalyse zur Positionsbestimmung
2. Ermittlung der Ziele und Zielgruppen der Public Relations
3. Konzeption und Definition der PR-Strategien
4. Planung und Festlegung der Maßnahmen
5. Durchführung der PR-Aktivitäten und Erfolgskontrolle

Ergebnis

- Verbesserung der Beziehungen zu Unternehmen, gemeinnützigen Institutionen und Parteien
- Gewinnung von Meinungsführern, Beeinflussung politischer Entscheidungsträger
- Steigerung des Bekanntheitsgrads

Quellen: vgl. Schneider (2010)

Produktprogrammgestaltung

Beschreibung

Unter einem Produktportfolio versteht man das Gesamtprodukt-Programm eines Unternehmens. Produktportfolios mittels Euklidschem Distanzmaß bilden das zentrale Handlungsfeld eines Unternehmens zur Interaktion am Markt. Handlungsbedarf zur Optimierung des Portfolios besteht bei ausuferndem Produktprogramm, steigender Komplexität sowie Veränderungen in der Marktstruktur, so dass Rahmenbedingungen des Portfolios (Segmentierung etc.) sich maßgeblich verändern.

Ziel der Portfolioplanung ist es, portfoliointerne Negativeffekte, z. B. Kannibalisierung, sowie Lücken aufzudecken. Somit können Überschneidungen reduziert werden und neue marktgerechte Produktkonzepte entwickelt werden.

Vorgehensweise

1. Definition relevanter Produkteigenschaften und Sammlung der Produktdaten im relevanten Markt
2. Durchführung einer internen und externen Portfolioanalyse zur Identifikation von Lücken und Schwachstellen
3. Ableitung von Handlungsempfehlungen und innovativen Konzepten basierend auf den Produkteigenschaften

Ergebnis

- Steigerung des Umsatzes
- Senkung von Kannibalisierungseffekten
- Ableitung innovativer Produktkonzepte

Prozessklinik

Beschreibung

Unter der Prozessklinik versteht man eine Analyse von Geschäftsprozessen und die Synthese der Bestlösungen zu neuen Prozessen.

Die Prozessklinik macht durch Methoden zur Leistungsbewertung interner und externer Prozesse die Abläufe messbar und beinhaltet eine Vielzahl von Instrumenten für ein effektives Prozess-Redesign.

Ziel der Prozessklinik ist die Reduktion von Verschwendung und Blindleistung bei gleichzeitiger Konzentration der Aktivitäten auf das Kerngeschäft. Eine kontinuierliche Verbesserung der Geschäftsprozesse wird angestrebt. Ebenso ist die Steigerung des Kundennutzens ein wichtiger Aspekt.

Vorgehensweise

1. Prozessdefinition und -analyse: Identifikation und Beschreibung der Geschäftsprozesse sowie Schwachstellenanalyse
2. Prozess Redesign: Prozesse modellieren mit dem Ziel der Optimierung; Definition der Soll-Abläufe und Anpassung der Geschäftsprozesse an die Organisationsstrukturen
3. Implementierung: Anstoß eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses, Schulung der Mitarbeiter

Ergebnis

- Verbesserung der Prozesse
- Senkung der Kosten
- Verbesserung von Qualität
- Erhöhung der Motivation

Quellen: vgl. Wildemann (2015)

Quick Response

Beschreibung

Fehler in der Planung führen gegebenenfalls zu Terminabweichungen, aus denen sich Lieferengpässe entlang der Wertschöpfungskette ergeben können. Um einen Produktionsstopp zu verhindern, werden Sonderfahrten notwendig.

Um die Planungsgenauigkeit zu erhöhen, welche zur Vermeidung von Sonderfahrten beiträgt, kann beispielsweise Quick Response verwendet werden. Hierbei wird mithilfe von Informations- und Kommunikationstechnologie die Marktnachfrage in Echtzeit direkt beim Kunden erfasst. Hiermit kann der Lieferant aus dem Abgleich der bisherigen Liefermengen und Abverkaufsmengen die Bestände im Lager des Kunden ermitteln und Abweichungen von den prognostizierten Verkaufsmengen erkennen. Die Abweichungen berücksichtigt der Lieferant anschließend in seiner Bedarfsermittlung, um seine Produktionspläne anzupassen

Vorgehensweise

1. Elektronischen Datenaustausch (EDI) zwischen den Partnern implementieren
2. Gemeinsame Datenbasis erstellen und Bedarfe prognostizieren
3. Übermittlung der Verbrauchsdaten von Kunden an Hersteller
4. Abweichungen von prognostizierten Verkaufsmengen ermitteln
5. Produktionspläne beim Hersteller anpassen

Ergebnis

- Höhere Planungsgenauigkeit durch bessere Planungsbasis mit Kundendaten ermöglicht Reduzierung der Sonderfahrten
- Weniger Sonderfahrten verbessern CO2-Footprint

Quellen: vgl. Diruf (1994); Krcmar (2005); Pfohl (2009)

RFID in der Logistik

Beschreibung

Um eine besonders gute und sichere Verknüpfung von Material und Daten zu erreichen, eignet sich die RFID-Technologie. Dabei werden die physischen Objekte, welche die Prozesse durchlaufen, mit Transpondern versehen, welche es erlauben, die Objekte teil- oder vollautomatisch zu identifizieren. Auf Basis des geringen Erfassungsaufwands sowie der verbesserten Informationslage können Ressourcen eingespart werden. Dies liegt insbesondere an der höheren Prozessqualität durch RFID-Systeme, welche eine bessere Liefertreue bei kürzeren Durchlaufzeiten und geringeren Inventurkosten ermöglichen.

Vorgehensweise

1. Identifikation der relevanten Materialflüsse
2. Installation der Infrastruktur (Lese- und Schreibgeräte)
3. Anbindung der Infrastruktur an IT-Systeme
4. Transponder auf relevante Objekte anbringen
5. Objekte teil- oder vollautomatisch erfassen und damit Materialfluss steuern

Ergebnis

- Höhere Planungssicherheit reduziert Sonderfahrten
- Weniger Retouren reduzieren Anzahl zurückgelegter Strecken
- Weniger zurückgelegte Strecken und Sonderfahrten verbessern CO2-Footprint

Quelle: vgl. Gille (2010)

Servicemodularisierung

Beschreibung

Service-Modularisierung ist vor allem die Möglichkeit der Wiederverwendung einmal erstellter Dienstleistungsmodule für neue Dienstleistungen. Dies beinhaltet eine strukturierte Vorgehensweise zur Service-Entwicklung, sodass der Vertrieb Dienstleistungsvarianten verkaufen kann. Anwendungsgebiete sind z.B. Konfiguratoren mit denen Kunden eine für sie individuelle Zusammenstellung an Servicemodulen auswählen und sich direkt über Preise informieren können, noch bevor die Dienstleistung tatsächlich erbracht worden ist. Auf diese Weise lassen sich Kosten-, Qualitäts-, Zeit- und Flexibilitätsvorteile erzielten.

Vorgehensweise

1. Analyse der Service-Leistungen
2. Erarbeitung eines Modulkonzepts; wichtig ist, die Service-Leistungen an den Kundenbedarfen auszurichten und diese modular zu gestalten
3. Zur Realisierung von Kosten-, Zeit- und Qualitätsvorteilen sind für jedes Modul spezifische Eigenschaften zu definieren
4. Erstellung eines Modulkatalogs und Konfigurators zur Auswahl der relevanten Servicemodule

Ergebnis

- Höhere Produktivität
- Höhere Servicequalität
- Geringerer Abstimmungsaufwand und Zeitbedarf

Steuerungscockpit

Beschreibung

Unter einem Steuerungscockpit versteht man die übersichtliche Darstellung geeigneter Kennzahlen für verschiedene Unternehmensbereiche oder -funktionen. Das Cockpit sollte derart aufgebaut sein, dass eine Vergleichbarkeit der Untereinheiten geschaffen wird.

Ziel des Einsatzes von Steuerungscockpits ist es, ein durchgängiges Controlling aller Bereiche innerhalb eines Werkes zu ermöglichen und durch die erhaltene Datentransparenz eine differenzierte Gestaltung der Steuerungsmechanismen zu gestatten. Somit sind frühzeitige Reaktionen zur langfristigen Erfolgssicherung möglich. Des Weiteren dienen die Cockpits zur Visualisierung.

Vorgehensweise

1. Analyse der Produkt- und Prozesslandschaft des Werkes
2. Identifikation geeigneter Kennzahlen und Indikatoren für die einzelnen Bereiche
3. Bewertung der Kennzahlen nach Relevanz und Übertragbarkeit auf andere Bereiche
4. Bestimmung anzuwendender Aufnahme-verfahren
5. Umsetzung des Steuerungscockpits in der IT-Landschaft des Werkes

Ergebnis

- Höhere Produktivität
- Höhere Servicequalität
- Steigerung der Flexibilität

Strukturentscheidungen

Beschreibung

Die Logistikstruktur von Unternehmen lässt sich durch ihre vertikale (Anzahl an Stufen) und horizontale (Anzahl Werke, Lager, Umschlagpunkte auf den Stufen) Struktur charakterisieren.

Mit der Standort-, Lager-, Verkehrsträger/-mittel- und Tourenplanung können geeignete Kombinationen gewählt werden, um Transport- und Lagerkosten sowie CO2-Emissionen zu senken. Mehrstufige Logistikstrukturen weisen hierbei durch die Möglichkeit zur Konsolidierung von Frachten Vorteile auf, da sich auf diese Weise im Hauptlauf die Auslastung der Transportmittel erhöhen lässt und die Anzahl an Fahrten gesenkt werden kann. Die Konsolidierung ist auch in der horizontalen Logistikstruktur von großer Bedeutung. So ermöglicht die Einrichtung eines Zentrallagers die Bündelung großer Mengen von den Produktionsstätten bis zu diesem Lager.

Vorgehensweise

1. Standortplanung: Anzahl und räumliche Anordnung der Standorte von Lagern und Umschlagpunkten
2. Analyse der Belieferungsformen und Transportparameter (Menge, Lieferfrequenz, etc.)
3. Wahl der Verkehrsmittel mit Fokus auf CO2-Effizienz
4. Tourenplanung mit Fokus auf CO2-Einsparung
5. Berechnung CO2-Ersparnis

Ergebnis

- Verbesserte Logistikstruktur ermöglicht Reduzierung der Anzahl zurückgelegter Strecken sowie Verringerung zurückzulegender Distanzen
- Reduzierung der CO2-Emissionen durch kürzere Strecken und geringere Anzahl von Strecken

Quellen: vgl. Wildemann (2001a); Straube (2007); Wildemann (2009); Souren (2012)

SWOT-Analyse

Beschreibung

Mittels der SWOT-Analyse (Strengths-Weaknesses-Opportunities-Threats) werden einzelne Beobachtungsbereiche (z.B. Geschäftsfelder) strategisch analysiert. Dazu werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Risiken ermittelt, um Handlungsempfehlungen ableiten zu können.

Ziel der SWOT-Analyse ist es, Stärken und Chancen auszubauen und die Verluste aus Schwächen und Gefahren zu minimieren.

Besonders die Kombination der vier Untersuchungsfelder ergibt vielverspechende Ansätze zur Leistungssteigerung. So kann z.B. untersucht werden, welchen Gefahren mit welchen Stärken begegnet werden kann.

Vorgehensweise

1. Erstellung der Umweltanalyse (externe Analyse): Chancen und Gefahren von außerhalb
2. Erstellung der Unternehmensanalyse (interne Analyse): Stärken und Schwächen aus der Selbstbeobachtung des Unternehmens
3. Maximierung des Nutzens aus Stärken und Chancen
4. Minimierung der Verluste aus Schwächen und Gefahren

Ergebnis

- Steigerung des Umsatzes
- Senkung der Gesamtkosten
- Steigerung der Qualität
- Stärkung der Wettbewerbsposition

Target Costing

Beschreibung

Target Costing (Zielkostenrechnung) ist eine Methode, die feststellt, was ein Produkt am Markt kosten darf und daraus die maximal erlaubten Kosten zur Erreichung einer festgelegten Gewinnmarge ableitet (Zielkosten). Diese Kosten werden wiederum auf einzelne Produkte, Komponenten, Prozesse und Funktionen heruntergebrochen und werden in der Zielvereinbarung für Bereiche, Mitarbeiter etc. berücksichtigt.

Ziel des Target Costing ist es, frühzeitig im Produktentwicklungsprozess eine Kostenstrukturierung zu realisieren und die Voraussetzung für Kosteneinsparungen zu schaffen. Des Weiteren wird ein ständiges Controlling des Entwicklungsprozesses unterstützt.

Vorgehensweise

1. Zunächst werden die Zielkosten ermittelt. Ihre Höhe hängt dabei von der Marktsituation und der Unternehmensstrategie ab. Zur Ermittlung gibt es verschiedene Ansätze, z.B. Out of Competitor.
2. Nun folgt die Zielkostenspaltung, d.h. die Gesamtkosten werden auf einzelne Kompontenten der Leistung heruntergebrochen.
3. Durch die Umsetzung erfolgt die Zielkostenrealisierung.

Ergebnis

- Senkung der Entwicklungskosten
- Klare und nachvollziehbare Vorgehensweise zur Festlegung des Budgets
- Einhaltung der Kostenvorgaben im Leistungsentwicklungsprozess

Technologiekalender

Beschreibung

Technologiekalender verfolgen das Ziel, den technologischen Fortschritt systematisch zu erfassen und für das jeweilige Unternehmen schneller nutzbar zu machen. Dazu stellt der Technologiekalender die Eigenschaften der zur erstellenden Leistungen den Fähigkeiten der potenziell einsetzbaren Technologien graphisch gegenüber. Hieraus lassen sich Gestaltungsalternativen für Investitionsprogramme erarbeiten. Dabei werden kurzfriste und langfristige Ziele festgelegt, welche mit einer Technologie erreichbar sind.

Vorgehensweise

1. Ermittlung der Anforderungen an die Technologien auf Basis der zu erbringenden Leistungen des Unternehmens
2. Erstellung von Prognosen zur Entwicklung der relevanten Technologien
3. Planung und Koordination der Nutzung der Technologien

Ergebnis

- Sicherstellung und Verbesserung der Zielerreichung
- Reduzierung der Time-to-Market
- Erhöhung der Marktanteile
- Steigerung der Synergierate

Quellen: vgl. Laube (2003); Kappel (2001)

Trans- und Multimodalverkehr

Beschreibung

Der Gütertransport mit mindestens zwei Transportmitteln wird als multimodaler Verkehr bezeichnet. Durch den Einsatz mehrerer Transportmittel können deren jeweilige Kosten- und Umweltvorteile miteinander kombiniert werden, um die Transportkette zu verbessern. So können beispielsweise durch den kombinierten Einsatz von Schienen- und Straßenverkehr die Umweltfreundlichkeit der Bahn mit der Flexibilität der LKW verbunden werden. Hierbei ist jedoch zwischen dem gebrochenen und dem kombiniertem Verkehr zu unterscheiden. So werden beim gebrochenen Verkehr beim Wechsel des Transportmittels auch die Transportbehälter gewechselt, was mit hohem Aufwand verbunden ist. Beim kombinierten Verkehr indessen bleiben die Güter während des gesamten Transportes in denselben Ladungsträgern, also auch beim Umschlag. Der Handlingaufwand ist daher reduziert.

Vorgehensweise

1. Auswahl geeigneter Güter und Strecken für multimodalen Transport
2. Clusterung der Güter nach Möglichkeiten zu gemeinsamem Transport im Hauptlauf
3. Bildung von Containerladungen für kombinierten Verkehr unter Berücksichtigung von Transportzeiten, Anzahl Lieferanten bzw. Empfängern, Gewicht und Volumen der Güter, etc.
4. Durchführung des kombinierten Verkehrs

Ergebnis

- Kosten- und Zeitvorteile des multimodalen Verkehrs ab 350 km Entfernung
- Verbesserung des CO2-Footprints, da Bahn und Schiff geringere CO2-Emissionen je Tonnenkilometer aufweisen als LKW

Quellen: vgl. Bukold (1996); Trost (1999); Gudehus (2010)

Vendor Managed Inventory

Beschreibung

Vendor Managed Inventory (VMI) ist eine Dienstleistung des Lieferanten für seinen Kunden. Hierbei übernimmt er die Disposition seiner Produkte im Unternehmen des Kunden. Der Lieferant sichtet dabei die Verbrauchsdaten in kurzen Intervallen mittels eines VMI-Systems, welches ihm ermöglicht, die Lagerbestände abzurufen. Somit kann er die Auffüllung der Bestände bei Kunden selbstständig übernehmen, denn beim Erreichen eines festgelegten Dispositionsgrenzwerts wird eine Bestellanforderung erzeugt. Für ein funktionierendes VMI müssen die Lieferanten neben den Beständen auch die aktuellen Bedarfszahlen und Absatzprognosen der Kunden kennen, um ihre eigene Produktion und Lieferung möglichst gut daran ausrichten zu können. Dies setzt ein hohes Maß an Vertrauen zwischen den Partnern in der Lieferkette voraus.

Vorgehensweise

1. Grundsätzliche Rahmenvereinbarung schließen
2. Elektronischen Datenaustausch (EDI) zwischen den Partnern implementieren
3. Gemeinsame Datenbasis und Bestellprognosen erstellen
4. Lagerbestände abrufen und Bestellanforderung erzeugen
5. Selbstständiges Auffüllen der Bestände durch Dienstleister oder Lieferanten

Ergebnis

- Ausgleich von Angebots- und Nachfragerhythmen sowie automatisierter Warennachschub ermöglichen bessere Produktionsplanung beim Hersteller
- Weniger Sonderfahrten durch bessere Planung und damit Reduzierung der CO2-Emissionen

Quelle: vgl. Quick et al. (2012)

Verkehrsinformationssysteme

Beschreibung

Verkehrsinformationssysteme ermitteln zunächst den Verkehr sowie Zusatzinformationen wie Baustellen und andere Störungen. Auf Basis dieser Daten berechnet ein Verkehrsmanagementsystem die aktuelle Verkehrssituation. Dies wird über Informationssysteme an die Verkehrsteilnehmer übermittelt, um Staus zu umfahren, wodurch sich die Emissionen reduzieren lassen. Dies erklärt sich aus dem höheren Spritverbrauch während eines Staus. So steigt am Beispiel eines Staus von fünf Kilometern Länge der Verbrauch von etwa 1,7 Litern auf 6,5 Liter je 100 Kilometer an.

Auch die Nutzung alternativer, kürzerer und/oder schnellerer Routen ist auf Basis der Verkehrsinformationssysteme möglich.

Vorgehensweise

1. Identifikation der relevanten Fahrzeuge
2. Installation der Infrastruktur (Telematik)
3. Anbindung der Infrastruktur an Verkehrsmanagementsystem

Ergebnis

- Kürzere Strecken durch bessere Routenplanung
- Stauumfahrung durch Alternativrouten
- Kürzere Strecken und Stauumfahrung ermöglichen Reduzierung der CO2-Emissionen

Quelle: vgl. Baumann (2011)

Wissensmanagement

Beschreibung

Als Wissensmanagement wird das ganzheitliche Management der Ressource „Wissen“ innerhalb eines Unternehmens bezeichnet. Es umfasst die unternehmensweite Identifizierung, Strukturierung und Sicherung des internen Wissens sowie dessen Transformation in nachhaltige Erfolgs- bzw. Nutzenpotenziale.

Ziel des Wissensmanagements ist es, die Wissenspotenziale entlang der Wertschöpfungsprozesse sowohl strategisch als auch operativ zu realisieren, um durch die Anreicherung der Kernkompetenzen einen nachhaltigen Beitrag zum Unternehmenserfolg zu leisten. In den Wissensmanagement-Prozess sind alle Mitarbeiter zu integrieren, um nachhaltige Leistungssteigerungen zu erreichen.

Vorgehensweise

1. Analyse der internen Strukturen und Prozesse des Unternehmens
2. Eine gemeinsame Wissensbasis wird durch die Identifikation erfolgsrelevanter Prozesse und geeigneter Foren realisiert.
3. Eine kontinuierliche Maßnahmenüberprüfung und -verbesserung wird durchgeführt, um neue Wissenspotenziale zu erschließen.

Ergebnis

- Ermöglichen eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses
- Steigerung von Leistungsfähigkeit und Qualität
- Beschleunigung von Projekt- und Prozessdurchlaufzeiten