Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin Band 37

Hrsg.: Frank Straube, Helmut Baumgarten, Raimund Klinkner

Dustin Schöder

Technisch-wirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern

Universitätsverlag der TU Berlin

Technische Universität Berlin

Dustin Schöder

Technisch-wirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern

Die *Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin*
wird herausgegeben von:
Prof. Dr.-Ing. Frank Straube,
Prof. Dr.-Ing. Raimund Klinkner,
Prof. Dr.-Ing. Dr. rer. pol. h.c. Helmut Baumgarten

Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin | 37

Dustin Schöder

Technisch-wirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern

Universitätsverlag der TU Berlin

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.dnb.de abrufbar.

Universitätsverlag der TU Berlin, 2017
http://verlag.tu-berlin.de

Fasanenstr. 88, 10623 Berlin
Tel.: +49 (0)30 314 76131 / Fax: -76133
E-Mail: publikationen@ub.tu-berlin.de

Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 2017
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Frank Straube
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Dietmar Göhlich
Die Arbeit wurde am 12. Mai 2017 an der Fakultät VII unter Vorsitz von Prof. Dr. Rüdiger Zarnekow erfolgreich verteidigt.

Diese Veröffentlichung – ausgenommen Zitate – ist unter der CC-Lizenz CC BY lizenziert.
Lizenzvertrag: Creative Commons Namensnennung 4.0
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Druck: docupoint GmbH
Satz/Layout: Dustin Schöder

ISBN 978-3-7983-2920-1 (print)
ISBN 978-3-7983-2921-8 (online)

ISSN 1865-3170 (print)
ISSN 2197-0564 (online)

Zugleich online veröffentlicht auf dem institutionellen Repositorium der Technischen Universität Berlin:
DOI 10.14279/depositonce-5923
http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-5923

Inhaltsübersicht

Inhaltsübersicht I
Inhaltsverzeichnis II
Abbildungsverzeichnis VI
Tabellenverzeichnis X
Formelverzeichnis XIII
Abkürzungsverzeichnis XIV
1 Einleitung 1
2 Forschungsdesign 2
3 Theoretischer Bezugsrahmen der Arbeit 25
4 Entwicklung des Bewertungsmodells 31
5 Szenarienbildung 74
6 Anwendung des Bewertungsmodells 131
7 Implikationen der Bewertungen 199
8 Zusammenfassung und Ausblick 233
Literaturverzeichnis 244
Anhang 271

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsübersicht I
Inhaltsverzeichnis II
Abbildungsverzeichnis VI
Tabellenverzeichnis X
Formelverzeichnis XIII
Abkürzungsverzeichnis XIV
1 Einleitung 1
2 Forschungsdesign 2
2.1 Forschungsziel 2
2.2 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands 4
2.3 Vorgehensweise 7
2.4 Methoden 10
2.4.1 Literaturanalyse 10
2.4.2 Nutzwertanalyse 13
2.4.3 Kosten-Wirksamkeitsanalyse 19
2.4.4 Szenario-Analyse 20
2.4.5 Expertenbefragung 23
3 Theoretischer Bezugsrahmen der Arbeit 25
3.1 Logistik und Distribution 25
3.2 Systemische Betrachtung der Elektromobilität 29
4 Entwicklung des Bewertungsmodells 31
4.1 Anforderungen an Bewertungsmodelle 32
4.2 Zielsystem und Bewertungskriterien 33
4.3 Gewichtungen 44
4.4 Zielfunktionen 47
4.5 Anwendung eines Kompensationsfaktors 60

4.6 Wertsynthese/Aggregation 66
4.7 Kostenermittlung je Nutzenpunkt 71
4.8 Ergebnisdarstellung 73
5 Szenarienbildung 74
5.1 Festlegung des Szenario-Feldes 74
5.2 Einfluss- und Schlüsselfaktoren 76
5.2.1 Einfluss- und Schlüsselfaktoren der Distribution 76
5.2.2 Einfluss- und Schlüsselfaktoren der Elektromobilität 81
5.2.3 Wirkungszusammenhänge 86
5.3 Prognostik 96
5.4 Konsistenzanalyse 112
5.5 Bündelung der Zukunftsprojektionen 115
5.6 Szenario übergreifende Entwicklungen und Trendbruchereignisse 117
5.7 Beschreibung der Szenarien 121
5.7.1 Szenario 2030 I – „Fortschritt“ 122
5.7.2 Szenario 2030 II – „Stagnation“ 127
6 Anwendung des Bewertungsmodells 131
6.1 Bewertung im Szenario 2015 132
6.1.1 Distribution von Lebensmitteln 134
6.1.1.1 Stationärer Lebensmitteleinzelhandel 135
6.1.1.2 Logistikdienstleister in der Distribution von Lebensmitteln 139
6.1.2 Fashion-Distribution 143
6.1.3 KEP-Distribution 147
6.1.3.1 Kurier- und Expressdienstleister 148
6.1.3.2 B2B-Paketdienstleister 152
6.1.3.3 B2C-Paketdienstleister 157

6.1.4 Ergebnisdarstellung der Bewertung in 2015 161
6.2 Bewertung im Szenario 2030 I – „Fortschritt“ 163
6.2.1 Distribution von Lebensmitteln 164
6.2.1.1 Stationärer Lebensmitteleinzelhandel 164
6.2.1.2 Logistikdienstleister in der Distribution von Lebensmitteln 167
6.2.2 Fashion-Distribution 169
6.2.3 KEP-Distribution 172
6.2.3.1 Kurier- und Expressdienstleister 172
6.2.3.2 B2B-Paketdienstleister 175
6.2.3.3 B2C-Paketdienstleister 178
6.2.4 Ergebnisdarstellung der Bewertung in 2030 I 181
6.3 Bewertung im Szenario 2030 II – „Stagnation“ 183
6.3.1 Distribution von Lebensmitteln 183
6.3.1.1 Stationärer Lebensmitteleinzelhandel 184
6.3.1.2 Logistikdienstleister in der Distribution von Lebensmitteln 186
6.3.2 Fashion-Distribution 189
6.3.3 KEP-Distribution 191
6.3.3.1 Kurier- und Expressdienstleister 191
6.3.3.2 B2B-Paketdienstleister 193
6.3.3.3 B2C-Paketdienstleister 195
6.3.4 Ergebnisdarstellung der Bewertung in 2030 II 197
7 Implikationen der Bewertungen 199
7.1 Sensitivitäten 200
7.2 Indikator für den Einsatz von Elektromobilität in der Distribution 212
7.3 Implikationen auf die Lebensmittel-Distribution 213

7.4 Implikationen auf die Fashion-Distribution 219
7.5 Implikationen auf die KEP-Distribution 222
7.6 Validierung der Bewertung und Implikationen 230
8 Zusammenfassung und Ausblick 233
8.1 Zusammenfassung 233
8.2 Kritische Würdigung/Grenzen der Arbeit 241
8.3 Ausblick/weiterer Forschungsbedarf 242
Literaturverzeichnis 244
Anhang 271
Anhang 1 271
Anhang 2 276
Anhang 3 278
Anhang 4 282

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands innerhalb des Kundenauftragsprozesses nach Baumgarten 6
Abbildung 2: Vorgehensweise (Schema) bei der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution 9
Abbildung 3: Vorgehensweise (Detail) bei der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution 9
Abbildung 4: Literaturanalyse 12
Abbildung 5: Hierarchisches Zielsystem (Zielbaumstruktur) 15
Abbildung 6: Beispiel einer Zielfunktion 16
Abbildung 7: Szenario-Trichter 21
Abbildung 8: Vorgehensweise bei der Szenario-Analyse 22
Abbildung 9: Vorgehensweise bei der Entwicklung valider Szenarien 23
Abbildung 10: Ablaufmodell des problemzentrierten Interviews 25
Abbildung 11: Prozesskettenmodell der Logistik nach Baumgarten 26
Abbildung 12: Kundenauftragsprozess nach Baumgarten 27
Abbildung 13: Systemische Betrachtung der Elektromobilität 30
Abbildung 14: Vorgehensweise bei der Herleitung der Bewertungskriterien für den Untersuchungsgegenstand 34
Abbildung 15: Gestaltungsparameter der Distribution 35
Abbildung 16: Charakteristika der Distribution vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstands dieser Arbeit 36
Abbildung 17: Bestimmende Parameter der Elektromobilität 37
Abbildung 18: Charakteristika der Elektromobilität vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstands dieser Arbeit 38
Abbildung 19: Herleitung der Bewertungskriterien aus den Charakteristika der Distribution und Elektromobilität 38
Abbildung 20: Bewertungssystem bzgl. des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution ... 40
Abbildung 21: AHP-Skala (die Zwischenwerte 2, 4, 6, 8 und die entsprechenden reziproken Werte dienen der Feinabstimmung) 45
Abbildung 22: Verwendete Werteskala 48
Abbildung 23: Zielfunktion des Reichweiten-Kriteriums 48
Abbildung 24: Zielfunktion des Ladedauer-Kriteriums 50
Abbildung 25: Zielfunktion des Nutzlast-Kriteriums 51
Abbildung 26: Zielfunktion des Anschaffungskosten-Kriteriums 53

Abbildung 27: Zielfunktion des Ladeinfrastrukturkosten-Kriteriums 54
Abbildung 28: Zielfunktion des Betriebskosten-Kriteriums 56
Abbildung 29: Zielfunktion des CO_2e-Emissions-Kriteriums 58
Abbildung 30: Wirkung des Kompensationsfaktors p 61
Abbildung 31: Wirkung des Kompensationsfaktors p bei einem Indikatorwert von 0,5 62
Abbildung 32: Sensitivität des Gesamtnutzwerts in Abhängigkeit vom Kompensationsfaktor p 63
Abbildung 33: Tabellarischer Aufbau des Bewertungsmodells 68
Abbildung 34: Legende zur Wertsynthese 69
Abbildung 35: Koordinatensystem der Bewertung 73
Abbildung 36: Umfrageergebnisse der Bewertung der Einflussfaktoren der Distribution aus dem Jahr 2015 80
Abbildung 37: Netzdiagramm Einflussbereiche der Distribution 81
Abbildung 38: Einflussbereiche der Elektromobilität 81
Abbildung 39: Umfrageergebnisse der Bewertung der Einflussfaktoren der Distribution aus dem Jahr 2015 85
Abbildung 40: Netzdiagramm Einflussbereiche der Elektromobilität 86
Abbildung 41: System Grid Einflussfaktoren Distribution (mit Legende) .. 92
Abbildung 42: System Grid Einflussfaktoren Elektromobilität (mit Legende) 95
Abbildung 43: Typische Distributionsstruktur im stationären Lebensmitteleinzelhandel 136
Abbildung 44: Typische Distributionsstruktur von auf Lebensmittel spezialisierten Logistikdienstleistern 140
Abbildung 45: Typische Distributionsstruktur in der Fashion-Logistik 144
Abbildung 46: Zweistufiges Direktverkehrsnetz 149
Abbildung 47: Mehrstufiges Hub-and-Spoke System 153
Abbildung 48: Bewertungsergebnisse für 2015 163
Abbildung 49: Bewertungsergebnisse für Szenario 2030 I 183
Abbildung 50: Bewertungsergebnisse für Szenario 2030 II 198
Abbildung 51: Entwicklung der Bewertungsergebnisse über alle Szenarien 199
Abbildung 52: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der veränderten Gewichtung des Leistungsziels 201
Abbildung 53: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der veränderten Gewichtung des Kostenziels 202

Abbildung 54: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der veränderten Gewichtung des Nachhaltigkeitsziels 203
Abbildung 55: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Reichweite der Elektromobilität 204
Abbildung 56: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Ladezeit der Elektromobilität..... 204
Abbildung 57: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Reichweite und Ladezeit (gemeinsam) der Elektromobilität 205
Abbildung 58: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Anschaffungskosten der Elektromobilität..... 206
Abbildung 59: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Infrastrukturkosten der Elektromobilität. 207
Abbildung 60: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Reichweite und Ladezeit (gemeinsam) der Elektromobilität 207
Abbildung 61: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der Veränderung des Strompreises 208
Abbildung 62: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der Veränderung des Emissions-Ziels 210
Abbildung 63: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der Veränderung der Nachhaltigkeitsnachfrage..... 211
Abbildung 64: Wortwolke Sensitivitäten 211
Abbildung 65: Bewertungsergebnisse stationärer Lebensmitteleinzelhandel 216
Abbildung 66: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel 217
Abbildung 67: Bewertungsergebnisse Lebensmittel-Logistikdienstleister..... 218
Abbildung 68: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution bei Lebensmittel-Logistikdienstleistern..... 219
Abbildung 69: Bewertungsergebnisse Fashion-Logistikdienstleister..... 221
Abbildung 70: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Fashion-Distribution 222
Abbildung 71: Bewertungsergebnisse Kurier- und Expressdienstleister . 223

Abbildung 72: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Kurier- und Expressdienstleistern 224
Abbildung 73: Bewertungsergebnisse B2B-Paketdienstleister 225
Abbildung 74: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von B2B-Paketdienstleitern 226
Abbildung 75: Bewertungsergebnisse B2C-Paketdienstleister 228
Abbildung 76: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von B2C-Paketdienstleitern 229
Abbildung 77: Antriebstechnologien 276
Abbildung 78: systemische Betrachtung der Batterie 278
Abbildung 79: systemische Betrachtung der Ladeinfrastruktur und Netzintegration 280
Abbildung 80: systemische Betrachtung der Fahrzeugtechnik 281

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht Gewichtungsfaktoren 47
Tabelle 2: Übersicht zu den Werten der Reichweiten-Zielfunktion 50
Tabelle 3: Übersicht zu den Werten der Ladedauer-Zielfunktion 51
Tabelle 4: Übersicht zu den Werten der Nutzlast-Zielfunktion 52
Tabelle 5: Übersicht zu den Werten der Anschaffungskosten-Zielfunktion 54
Tabelle 6: Übersicht zu den Werten der Ladeinfrastrukturkosten-Zielfunktion 55
Tabelle 7: Übersicht zu den Werten der Betriebskosten-Zielfunktion 57
Tabelle 8: Übersicht zu den Werten der CO_2e-Emissions-Zielfunktion 59
Tabelle 9: Grundeinstellungen des Kompensationsfaktors für das Bewertungsmodell 63
Tabelle 10: Annahmen für die Kosten-Wirksamkeitsanalyse 72
Tabelle 11: verdichtete Einflussfaktorenliste - Distribution 79
Tabelle 12: Einflussfaktorenliste - Elektromobilität 84
Tabelle 13: Übersicht aller (nicht überschneidungsfreien) Einflussfaktoren 87
Tabelle 14: Interdependenzmatrix Distribution (Einflussfaktoren) 89
Tabelle 15: Ergebnisdarstellung System Grid Distribution 92
Tabelle 16: Interdependenzmatrix Elektromobilität (Einflussfaktoren) 93
Tabelle 17: Ergebnisdarstellung System Grid Elektromobilität 96
Tabelle 18: Projektionen der Schlüsselfaktoren 111
Tabelle 19: Konsistenzmatrix 113
Tabelle 20: Bündelung der Zukunftsprojektionen 116
Tabelle 21: Fahrzeugparameter und weitere Annahmen für die Bewertung in 2030 I 127
Tabelle 22: Fahrzeugparameter und weitere Annahmen für die Bewertung in 2030 II 131
Tabelle 23: Fahrzeugparameter und weitere Annahmen für die Bewertung in 2015 133
Tabelle 24: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel in 2015 138
Tabelle 25: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister in 2015 142
Tabelle 26: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution in 2015 146

Tabelle 27: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister in 2015 151
Tabelle 28: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister in 2015 156
Tabelle 29: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister in 2015 160
Tabelle 30: Ranking der Bewertungsergebnisse Elektromobilität in 2015 161
Tabelle 31: Ranking der Bewertungsergebnisse konventioneller Antriebstechnologie in 2015 162
Tabelle 32: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel in 2030 I 166
Tabelle 33: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister in 2030 I 169
Tabelle 34: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution in 2030 I 171
Tabelle 35: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister in 2030 I 174
Tabelle 36: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister in 2030 I 177
Tabelle 37: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister in 2030 I 180
Tabelle 38: Ranking der Bewertungsergebnisse Elektromobilität in 2030 I 181
Tabelle 39: Ranking der Bewertungsergebnisse konventioneller Antriebstechnologie in 2030 I 182
Tabelle 40: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel in 2030 II 186
Tabelle 41: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister in 2030 II 188
Tabelle 42: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution in 2030 II 190
Tabelle 43: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister in 2030 II 192
Tabelle 44: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister in 2030 II 194
Tabelle 45: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister in 2030 II 196

Tabelle 46: Ranking der Bewertungsergebnisse Elektromobilität in 2030 II 197
Tabelle 47: Ranking der Bewertungsergebnisse konventioneller Antriebstechnologie in 2030 II 198
Tabelle 48: Umsatz der 10 größten Online-Shops in Deutschland in 2014 285
Tabelle 49: Top 10 Unternehmen im KEP-Markt 2013 286

Formelverzeichnis

Formel 1: Vorgabe für die Gewichtungsfaktoren einer funktionellen Gruppe 16
Formel 2: Berechnungsvorschrift Wertsynthese 18
Formel 3: Infrastrukturkosten Diesel-Fahrzeug 55
Formel 4: Jahresfahrleistung 55
Formel 5: Betriebskosten 57
Formel 6: CO_2e Emissionen 59
Formel 7: Berechnung des Indikatorwerts I 61
Formel 8: Vorschrift zur Berechnung des Zielerfüllungsgrades auf Basis eines quantitativ und qualitativ ermittelten Zielerfüllungsgrades 67
Formel 9: Ermittlung des Break-Even Punkts der Betriebskosten der Elektromobilität und der Referenztechnologie 209
Formel 10: Indikator für den technisch-wirtschaftlich sinnvollen Einsatz von Elektromobilität in der Distribution 212

Abkürzungsverzeichnis

°C	- Grad Celsius
µ-HEV	- Micro Hybrid Electric Vehicle
a	- Anno (lat. Jahr)
Ah	- Amperestunden
B2B-PDL	- Business-to-Business Paketdienstleister
B2C-PDL	- Business-to-Customer Paketdienstleister
BEV	- Battery Electric Vehicle
bzgl.	- bezüglich
bspw.	- beispielsweise
bzw.	- beziehungsweise
CO_2	- Kohlendioxid
CO_2e	- Kohlendioxidäquivalent
EU	- Europäische Union
FCEV	- Fuel Cell Electric Vehicle
FHEV	- Full Hybrid Electric Vehicle
F-LDL	- Fashion-Logistikdienstleister
FMCG	- Fast Moving Consumer Goods
FTL	- Full Truck Load
Fzg	- Fahrzeug
HEV	- Hybrid Electric Vehicle
ICEV	- Internal Combustion Engine
KE-DL	- Kurier- und Expressdienstleister
KEP	- Kurier, Express, Paket
KFZ	- Kraftfahrzeug
kW	- Kilowatt
kWh	- Kilowattstunden
LEH	- Lebensmitteleinzelhandel
L-LDL	- Lebensmittel-Logistikdienstleister
LOHAS	- Lifestyle of Health and Sustainability
LTL	- Less than Full Truck Load
MHEV	- Mild Hybrid Electric Vehicle
Mio.	- Millionen
Mrd.	- Milliarden
Nm	- Newtonmeter
NPE	- Nationale Plattform Elektromobilität
PHEV	- Plug-in Hybrid Electric Vehicle

REEV	- Range Extended Electric Vehicle
SMCG	- Slow Moving Consumer Goods
tkm	- Tonnenkilometer
USA	- United States of America
W	- Watt
Wh	- Wattstunden

1 Einleitung

Die Anforderungen an die Konsumgüterdistribution verändern sich mit zunehmender Geschwindigkeit. Anhaltende Globalisierung, kürzere Produktlebenszyklen und Urbanisierung sowie neue Technologien sind Treiber dieser Veränderungen. Hinzu kommen die wachsende Bedeutung des Onlinehandels, steigende Kundenanforderungen hinsichtlich Geschwindigkeit, Flexibilität und Qualität der Belieferung sowie ein steigendes Umweltbewusstseins in der Bevölkerung.[1] Es entsteht ein dynamisches und komplexes Marktumfeld für die in der Distribution von Konsumgütern im Wettbewerb stehenden Unternehmen. Hinzu kommen zunehmende Auflagen in Städten in Bezug auf die Reduktion von Emissionen (Lärm und Abgase) von Fahrzeugen, insbesondere im Wirtschaftsverkehr, um die Lebensqualität in den Ballungszentren zu sichern.

Vor diesem Hintergrund gilt Elektromobilität als eine mögliche Schlüsseltechnologie für eine klimafreundliche Mobilität und ist in Deutschland Bestandteil der angestrebten Energiewende.[2] Das Ziel der Bundesregierung ist es, bis zum Jahr 2020 eine Million Elektrofahrzeuge in Deutschland zugelassen zu haben.[3] Der breite Einsatz von Elektromobilität im Transportsektor wird als Instrument zur Reduktion von verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen gesehen, welche derzeit weltweit einen Anteil von ca. 15 % an den globalen Treibhausgasemissionen haben.[4] Vor dem Hintergrund eines in Deutschland stetig steigenden Güterverkehrsaufkommens, welches bis 2030 mit einem Anstieg von derzeit rund 3,7 Mrd. Tonnen auf 4,4 Mrd. Tonnen prognostiziert wird, zeigt sich die Bedeutung der Reduktion des verkehrsbedingten Treibhausgasausstoßes, um nationale und internationale Klimaschutzziele zu erreichen.[5] Gleichzeitig stellt eine ökologisch nachhaltige Distribution in der kundenanforderungsaffinen Konsumgüterindustrie zunehmend ein Differenzierungskriterium im Wettbewerb dar. Der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution birgt daher für die

[1] Vgl. Vahrenkamp (2007), S. 125–134; vgl. Straube (2004), S. 262–275, 309–323; vgl. Pues (2003); vgl. Lenz (2003); vgl. Roos (2003); vgl. KMPG, EHI Retail Institute (2012); vgl. Fahimnia et. al. (2015)

[2] Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2014)

[3] Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011), S. 5 ff

[4] Vgl. International Energy Agency (2013), S. 11, 71 ff; vgl. International Transport Forum (2010), S. 5, 8; Statista (2014); Georgi, Wimmer (2011), S. 16 f

[5] Vgl. Progtrans (2007), S. 67 ff; vgl. Schubert et. al. (2014), S. 8; vgl. Zimmer, Hacker (2012), S. 3–9; vgl. Georgi, Wimmer (2011), S. 25 f; vgl. DSLV (2013) , S. 8 ff

Unternehmen die Potenziale, diese Marktanforderungen zu erfüllen. Seitens der Unternehmen bestehen aber noch erhebliche Unsicherheiten bezüglich des Einsatzes von Elektromobilität. Besonders die wettbewerbsrelevanten Fragen hinsichtlich der Praxistauglichkeit und Wirtschaftlichkeit des Einsatzes elektromobiler Fahrzeuge im konkreten Distributionsfall sind gegenwärtig nicht vollständig geklärt.

Die vorliegende Arbeit entwickelt einen wissenschaftlichen Ansatz zur Bewertung des Einsatzes der Elektromobilität, welcher den Unternehmen die Möglichkeit bietet die Implikationen des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in ihrer Distribution abzuschätzen. Damit unterstützt dieser Ansatz Unternehmen dabei, ihre Distribution an den veränderten Kundenanforderungen auszurichten und gleichzeitig praxistaugliche und wirtschaftlich tragfähige Distributionslösungen am Markt anzubieten.

2 Forschungsdesign

Im Folgenden wird das Forschungsziel näher ausgeführt (Kapitel 2.1) und der Rahmen der Untersuchung abgegrenzt (Kapitel 2.2). Anschließend werden die angewandten Forschungsmethoden begründet und erläutert (Kapitel 2.3 und 2.4).

2.1 Forschungsziel

Diese Arbeit soll aufzeigen, welche Faktoren der Elektromobilität auf die technisch-wirtschaftlich sinnvolle Anwendbarkeit dieser Technologie in der Distribution von Gütern wirken. Das Forschungsziel dieser Arbeit liegt deshalb in der technisch-wirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern. Auf Basis der Bewertungsergebnisse können die für den Einsatz von Elektromobilität determinierenden Charakteristika der Distribution identifiziert werden. Die Auswertung und Interpretation der Bewertungsergebnisse erlaubt es, die hinsichtlich der Distributionsziele sinnvollsten Anwendungsbereiche von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen zu benennen. Die primäre Forschungsfrage kann demnach wie folgt formuliert werden:

F1: Wie lässt sich der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern technisch-wirtschaftlich bewerten?

Zur Beantwortung dieser Fragestellung wird die Elektromobilität systemisch betrachtet und hinsichtlich ihrer technischen Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit im Vergleich zum dieselbetriebenen Verbrennungskraftmotor und bzgl. der Erfüllung von Logistikanforderungen untersucht. Exemplarisch betrachtet die Arbeit die Distribution von Lebensmitteln, Bekleidung und KEP-Sendungen anhand real existierender Distributionssysteme. Dazu werden in insgesamt neun Unternehmen Expertenbefragungen durchgeführt, welche die Gestaltungsparameter der Distribution und die bestehenden Erfahrungen sowie die zukünftigen Erwartungen hinsichtlich des Einsatzes von Elektromobilität erheben. Auf Basis dieser neun Unternehmen werden anschließend sechs Fallbeispiele in der Distribution von Lebensmitteln, Bekleidung und KEP-Sendungen entwickelt.
Die Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Logistik erfolgt für das Jahr 2015 und das Jahr 2030. Für die Zukunft in 2030 wird auf im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Szenarien zurückgegriffen. Auf diese Weise kann aufgezeigt werden, ob und durch welche

- zukünftigen technologischen (Weiter-)Entwicklungen batterieelektrische Nutzfahrzeuge selbst,
- zukünftigen Änderungen in der Kostenbilanz des e-Fahrzeugeinsatzes in der Distribution,
- zukünftigen Änderungen hinsichtlich der Logistikanforderungen

der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen innerhalb der sechs Fallbeispiele sinnvoll möglich ist. Somit lassen sich folgende sekundäre Forschungsfragen ableiten:

F2a: Wie kann ein Modell zur technisch-wirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern aufgebaut sein?

F2b: Wie lässt sich die technisch-wirtschaftliche Anwendbarkeit von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern anhand von Fallbeispielen in 2015 und im Jahr 2030 bewerten?

F2c: Welche Implikationen auf die Distribution lassen sich durch die Anwendbarkeit batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Konsumgütern identifizieren?

Die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens ermöglichen es die technisch-wirtschaftlichen Anforderungen aktueller Verteilkonzepte an die Technologie der Elektromobilität sowie die zukünftigen Logistikanforderungen an elektromobile Verteilkonzepte zu identifizieren. Darüber hinaus wird das in dieser Arbeit entwickelte Bewertungsmodell potenziellen Anwendern von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen helfen, den Einsatz dieser Technologie im Rahmen ihrer Distributionssysteme technisch-wirtschaftlich abschätzen zu können.
In den nachfolgenden Kapiteln wird der Untersuchungsgegenstand abgegrenzt, die Vorgehensweise zur Beantwortung der Zielstellung erläutert und die angewendeten Forschungsmethoden erklärt.

2.2 Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands

Im Rahmen dieser Arbeit wird der Untersuchungsgegenstand abgegrenzt, um die dargestellten Forschungsfragen zielführend beantworten zu können. Zunächst ist es daher wichtig, den Bezugsrahmen der Untersuchung geografisch einzugrenzen. Diese Arbeit fokussiert sich ausschließlich auf Deutschland und bezieht sich daher auf die dort existierenden siedlungs- und infrastrukturellen Voraussetzungen sowie auf die in Deutschland herrschenden klimatischen Bedingungen.[6] Diese geografische Eingrenzung ist hinsichtlich der konkreten gesellschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen sowie hinsichtlich der Trendentwicklungen bedeutsam. Da die Konsumgüterindustrie durch eine sehr heterogene Güterstruktur charakterisiert ist, müssen an dieser Stelle ebenfalls mehrere Abgrenzungen getroffen werden, um die Forschungsfragen zielführend zu beantworten. Im Rahmen dieser Arbeit findet eine Fokussierung auf konkrete Konsumgüter statt. Bei diesen handelt es sich um Lebensmittel, Fashion-Artikel (Bekleidung) und kartonierte, von KEP-Dienstleistern distribuierte Waren. Letztere können dabei neben Lebensmittel und Fashion-Artikeln auch elektronische Produkte, Bücher und andere Waren umfassen, wichtig ist jedoch, dass es sich dabei um Konsumgüter handelt, welche entweder B2B oder B2C (u. a. E-Commerce) durch Systemdienstleister distribuiert werden. Die

[6] Eine Übertragung der Ergebnisse auf andere Länder bzw. geografische Regionen ist daher nicht ohne weiteres möglich.

Auswahl dieser drei Segmente wird nun anhand von wirtschaftlichen Kennzahlen kurz plausibilisiert.

Im Jahr 2014 betrug der Umsatz mit Lebensmitteln im Handel in Deutschland 186,8 Mrd. Euro, was den Lebensmitteleinzelhandel zum zentralen Absatzkanal der Lebensmittelindustrie in Deutschland macht. Darüber hinaus ist die Wettbewerbskonzentration im deutschen Lebensmitteleinzelhandel hoch, da fünf Großunternehmen rund drei Viertel des Marktes dominieren. Der Anteil der Ausgaben für Nahrungsmittel an den Konsumausgaben privater Haushalte lag 2014 in Deutschland bei rund 11 % , ein im europäischen Vergleich verhältnismäßig geringer Wert, welcher Experten zufolge jedoch zukünftig deutlich steigen wird.[7] Ein weiterer Trend ist die zunehmende Bedeutung des Bio-Segments bei Lebensmitteln, welcher die steigende Bedeutung von Nachhaltigkeit in der Kundennachfrage belegt. 2014 gaben die deutschen Haushalte im Vergleich zum Vorjahr rund 4,8 % mehr für Bio-Lebensmittel aus, der Umsatz in diesem Segment betrug rund 7,9 Mrd. Euro. Deutschland stellt mit ca. 30 % den größten Anteil des europäischen Biomarktes, dessen Wachstum als Indikator für das Nachhaltigkeitsbewusstsein der Bevölkerung interpretiert werden kann.[8]

Die Textil- und Bekleidungsindustrie ist die zweitgrößte Konsumgüterbranche Deutschlands und steht ebenfalls im Fokus dieser Arbeit. Die Konsumausgaben der privaten Haushalte in Deutschland für Bekleidung beliefen sich 2014 auf 64,3 Milliarden Euro. Rund 50 % der Umsätze in 2014 entfielen dabei auf den stationären Fachhandel mit Bekleidung, welcher den dominanten Absatzkanal darstellt. Der Versand- und Onlinehandel von Bekleidung generierte in 2014 ca. 17,7 % aller Umsätze und gehört zu den Wachstumstreibern der Branche.[9] Diese Entwicklung belegt eine grundlegende Änderung im Kundenverhalten, welche große Auswirkungen auf die Distributionsstrukturen der Branche hat. Ein weiterer Trend ist die steigende Bedeutung von nachhaltig erzeugten Bekleidungsartikeln. Der Umsatz der deutschen Naturtextilwirtschaft steigt seit dem Jahr 2000 jährlich um

[7] Vgl. Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (2015)

[8] Vgl. Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. (2015), S. 14, 18; vgl. Institut für organischen Landbau (2013), S. 3

[9] Vgl. Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels e.V. (2015), vgl. Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels e.V. (2016)

durchschnittlich 5 % und spiegelt so den wachsenden Kundenwunsch bzgl. zertifizierter Naturfasern und nachhaltig erzeugter Mode wieder.[10]

Aufgrund des starken Wachstums des E-Commerce spielen KEP-Dienstleister eine zunehmend wichtige Rolle bei der Distribution von Konsumgütern. Der Online-Handel verzeichnete im Jahr 2014 in Deutschland einen Umsatzanstieg von rund 7 % auf 41,9 Mrd. Euro. Die umsatzstärksten Warengruppen sind dabei Bekleidungs- und Fashionartikel, Elektronikartikel und Bücher.[11] Diese Entwicklungen führten 2014 und in der Folge zu einem Anstieg der Sendungsvolumina im deutschen KEP-Markt um 4,5 % auf rund 2,7 Mrd. Sendungen. Der Paketmarkt, der B2B- und B2C-Sendungen umfasst, erzielte mehr als 53 % der Umsätze und macht damit den größten Anteil des KEP-Marktes aus. Auf die Märkte für Kurier- und Expresssendungen entfallen jeweils knapp 23 % der Umsätze.[12]

In Bezug auf die Abgrenzung der Untersuchung wird darüber hinaus ausschließlich die Distribution in den Strukturen des Handels und zum Endkunden betrachtet. Da die im Handel tätigen Unternehmen ihre Distributionsaktivitäten häufig fremdvergeben, sind auch Logistikdienstleistungsunternehmen Bestandteil des Untersuchungsgegenstands. Die Betrachtung und Analyse der Distributionsstrukturen findet im Rahmen dieser Arbeit warenorientiert statt. Der Fokus liegt somit auf dem Fluss der physischen Güter, die zur Distribution gehörenden Informations- und Finanzflüsse werden nur am Rande betrachtet. Gemäß dem Forschungsziel stehen besonders die Distributionsaktivitäten des Transports und der Übergabe (zu welchen auch die Abwicklungen von Retouren gehört) im Zentrum der Betrachtung.

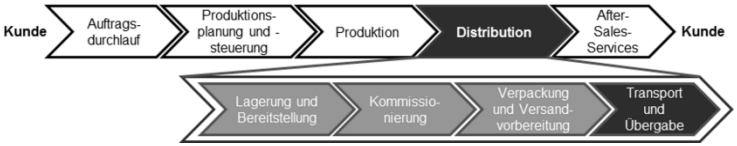


Abbildung 1: Abgrenzung des Untersuchungsgegenstands innerhalb des Kundenauftragsprozesses nach Baumgarten[13]

10 Vgl. Internationaler Verband der Naturtextilwirtschaft e.V. (2015)
11 Vgl. Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (2016)
12 Vgl. BIEK - Bundesverband Paket und Expresslogistik e.V. (2015)
13 Eigene Darstellung.

Im Zuge dieser Eingrenzung soll ebenfalls festgelegt werden, dass ausschließlich die straßengebundene Distribution auf der letzten Meile betrachtet wird. Die Fernverkehre der Hauptläufe werden nur am Rande betrachtet. Bzgl. des in der Zielstellung verankerten Begriffs Elektromobilität ist es wichtig einzugrenzen, dass diese Arbeit sich auf batterieelektrischen Nutzfahrzeuge (BEV) fokussiert und Hybrid- oder Wasserstofffahrzeuge somit nicht Bestandteil des Untersuchungsgegenstands sind. Die im Rahmen dieser Arbeit verwendete Begriffe Elektromobilität und elektromobiles Fahrzeug beziehen sich somit ausschließlich auf batterieelektrische Nutzfahrzeuge.

Bei den in der exemplarischen Anwendung des Bewertungsmodells betrachteten liegenden Fahrzeugen handelt es sich um ein batterieelektrisches Fahrzeug und ein dieselbetriebenes Pendant. Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um Transporter (Kastenwagen) der Größenklasse 3,5 t. Diese Einschränkung wurde im Rahmen der Bewertungen gewählt, da die für das Bewertungsmodell benötigten Parameter dieses Fahrzeugtyps sowohl für die batterieelektrische als auch konventionell betriebene Variante zur Verfügung stehen. Hinzu kommt, dass die Parameter dieses Fahrzeugtyps beim aktuellen Stand der Entwicklung von Elektrofahrzeugen im Jahr 2015 auch für die Zukunft mit ausreichender Genauigkeit prognostiziert werden können. In allen Anwendungsfällen wird die Bewertung daher exemplarisch auf 3,5 t Fahrzeuge angewendet.

2.3 Vorgehensweise

Zur Beantwortung der Forschungsfragen und Erreichung des Forschungsziels erläutert diese Arbeit zunächst den theoretischen Bezugsrahmen, um ein gemeinsames Verständnis der systemischen Betrachtung der Elektromobilität zu gewährleisten und die grundlegenden Zusammenhänge in der Distribution zu erläutern.

Anschließend wird ein Bewertungsmodell entwickelt, um den Einsatz von Elektromobilität in der Distribution in Referenz zur Diesel-Technologie hinsichtlich ihres technisch-wirtschaftlichen Nutzens beurteilen zu können. Das Bewertungsmodell stellt dabei eine Abwandlung und Kombination bestehender Bewertungsverfahren dar und liefert sowohl eine technisch-wirtschaftliche Ergebnisaussage bzgl. des Nutzens des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution, als auch ein graphisch auswertbares Ergebnis.

Anschließend werden mittels Szenario-Analyse zwei schlüssige und konsistente Zukunftsbilder der Distribution im Jahr 2030 aufgezeigt. Diese Zukunftsbilder werden von den Anforderungen an die Distribution ausgehend entwickelt und umfassen auch die technologische Weiterentwicklung der Elektromobilität und der konventionellen Antriebstechnologie. Gleichzeitig werden die heutigen (Jahr 2015) Anforderungen an die Distribution, welche auf Basis von Experteninterviews aufgenommen wurden, und die derzeitige technologische Reife der Elektromobilität und konventionellen Antriebstechnologie beschrieben, und in einem Basis-Szenario 2015 zusammengefasst.
Das entwickelte Bewertungsmodell wird anschließend angewendet und zur Bewertung von sechs Anwendungsfällen in drei Szenarien eingesetzt. Bei den sechs Anwendungsfällen, welche auf den Ergebnissen aus neun Experteninterviews basieren, handelt es sich um:

- die Distribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel,
- die Distribution von Lebensmitteln durch Logistikdienstleistungsunternehmen
- die Distribution von Bekleidung durch spezialisierte Logistikdienstleistungsunternehmen
- die Distribution von Kurier- und Expresssendungen
- die Distribution von B2B-Paketsendungen
- die Distribution von B2C-Paketsendungen

Anschließend werden die Bewertungsergebnisse interpretiert und Implikationen für den Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Distribution abgeleitet. Dabei werden besonders die Sensitivitäten hinsichtlich des Nutzens von batterieelektrischen Fahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern betrachtet, um so zu untersuchen, wodurch Elektromobilität in der Distribution technisch-wirtschaftlich sinnvoll anwendbar wird. Darüber hinaus erlauben die Bewertungsergebnisse die Ableitung von Implikationen des Elektrofahrzeugeinsatzes innerhalb einzelner Anwendungsfälle sowie in der Betrachtung aller untersuchten Anwendungsfälle über alle Szenarien. Die nachfolgende Abbildung schematisiert die Vorgehensweise dieser Arbeit.

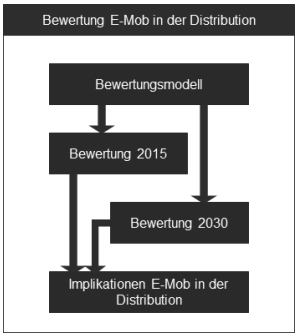


Abbildung 2: Vorgehensweise (Schema) bei der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution[14]

Die detaillierte Vorgehensweise unter Angabe der verwendeten Methoden und der einzelnen Zwischenschritte ist zusätzlich nochmals in der nachfolgenden Abbildung übersichtlich zusammengefasst.

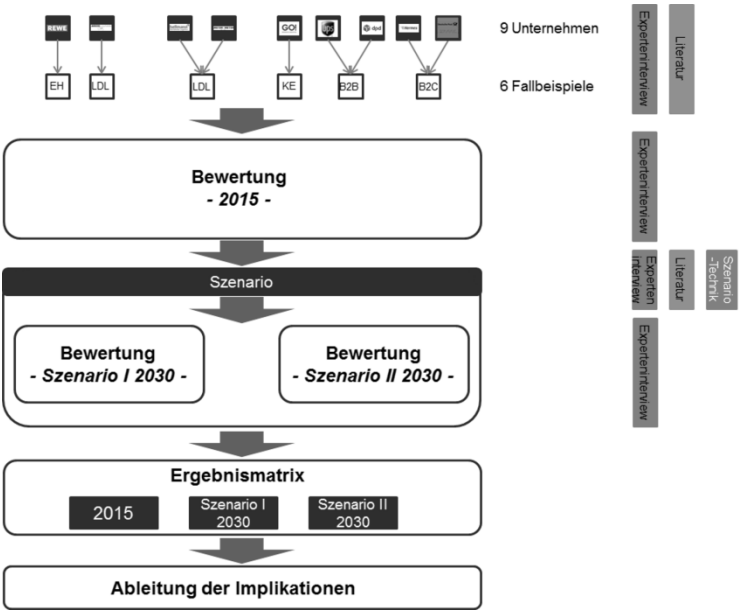


Abbildung 3: Vorgehensweise (Detail) bei der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution[15]

[14] Eigene Darstellung

2.4 Methoden

Zur Erreichung des Forschungsziels werden verschiedene Forschungsmethoden kombiniert angewendet: Zur Optimierung der Informationsbeschaffung (Primär- und Sekundärforschung) wurden unterschiedliche Erkenntnisquellen (Literatur und Empirie) kombiniert.[16] In den nachfolgenden Kapiteln werden diese Methoden der Literaturanalyse, Nutzwertanalyse, Kosten-Wirksamkeitsanalyse, Szenario-Analyse und der Expertenbefragung und ihr Einsatz im Rahmen der Forschungsarbeit näher erläutert und ihre Verwendung begründet.

2.4.1 Literaturanalyse

Die Literaturanalyse schafft das informatorische Fundament dieser Arbeit, indem sie den aktuellen Stand des Wissens und den Stand der Forschung aufbereitet.[17] Dabei wird die relevante Literatur zunächst mithilfe strukturierter Suchstrategien systematisch identifiziert. Anschließend werden die Aussageelemente in vorher festgelegte Kategorien eingeteilt und dokumentiert. Die auf diesem Wege gewonnenen Erkenntnisse werden im Rahmen dieser Arbeit um neue Einsichten erweitert, welche durch empirische Forschung gewonnen werden. Dabei wird zum einen Sekundärforschung betrieben, um bereits erhobene Daten hinsichtlich der eigenen Fragestellung neu aufzubereiten und auszuwerten, zum anderen Primärforschung, im Rahmen derer neue Daten erhoben und ausgewertet werden.

Die Kombination dieser Vorgehensweisen bei der Literaturrecherche erscheint bei dem vorliegenden Forschungsgegenstand sinnvoll, da das Spannungsfeld von Elektromobilität und Distributionslogistik bisher in der wissenschaftlichen Literatur aufgrund seiner Aktualität noch nicht systematisch aufgearbeitet wurde. So gibt es im sich überschneidenden Feld derzeit nur wenige wissenschaftliche Artikel und Abhandlungen, jedoch zahlreiche Studien, Berichte, Präsentationsunterlagen und Sachbücher bezüglich der Einzelthemen Distributionslogistik und Elektromobilität. Die Gefahr, einer festen Denkschule zu folgen ist vergleichsweise gering, da sich feste Denkschulen in diesem relativ jungen Gebiet noch nicht formieren

---

15 Eigene Darstellung

16 Vgl. Kornmeier (2007), S. 107 ff

17 Hier und im Folgenden vgl. Bortz, Döhring (2006), S. 47; vgl. Kornmeier (2007), S. 108 f, S. 117 f, S. 253 ff, S. 158 f; vgl. Lamneck (2005), S. 478 ff, S. 500 f; vgl. Kromrey (2006), S. 320 ff

konnten. Die Literaturrecherche fand in den drei Themengebieten Elektromobilität und Batterietechnologie, Elektromobilität und Distribution sowie Szenarien für das Jahr 2030 statt. Dazu fanden unter den Stichworten „electric mobility“, „electric vehicle“, „battery technology development“, “Elektrofahrzeug Distribution”, “Batterietechnologie”, “Batterie Entwicklung”, “distribution scenario 2030” und “Szenarien Distribution 2030” Suchanfragen im Katalog der Universitätsbibliothek der Technischen Universität Berlin, auf den wissenschaftlichen Datenbanken Sciencedirect und Ebsco-Host und über frei zugängliche Suchmaschinen im Internet statt. Zusätzlich wurde eine Literaturrecherche nach der Methode der konzentrischen Kreise durchgeführt. Ausgehend von wenigen zentralen Quellen werden dabei die Literaturverzeichnisse erschlossen, um auf diesem Wege weitere Literatur zu identifizieren. Aufgrund dieses rückwärts gerichteten Ansatzes bei der Identifikation von Quellen werden der Methode der konzentrischen Kreise häufig Defizite in der Aktualität der Literatur angelastet. Diese Kritik ist jedoch aufgrund der Aktualität des gesamten Themas im vorliegenden Fall nur bedingt zulässig, da der Forschungsgegenstand der Elektromobilität erst seit den Jahren 2009/10 eine intensivere wissenschaftliche Aufarbeitung erfuhr.

Zur Beantwortung der bereits vorgestellten Fragestellungen wurden durch die Literaturanalyse insgesamt 250 Literaturquellen identifiziert. Diese große Zahl der Literaturquellen ist auf die Aktualität des Forschungsthemas und die Dauer der Literaturanalyse zurückzuführen. Um auch aktuellste Untersuchungen und Literatur im Rahmen der Arbeit zu berücksichtigen, wurde die Literaturanalyse über einen langen Zeitraum (September 2013 - Juni 2016) durchgeführt. Die Ausgangspunkte der Methode der konzentrischen Kreise waren dabei die Fortschrittsberichte der Nationalen Plattform Elektromobilität, die logistischen Standardwerke „Verkehrs- und Transportlogistik“ (Prof. Dr. Claussen), „Logistikmanagement“ (Prof. Dr. Schuh) und „Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen“ (Dr. Gudehus) sowie die Fraunhofer-Studie „Markthochlaufszenarien für Elektrofahrzeuge“, das Fachbuch „Elektromobilität - Grundlagen einer Zukunftstechnologie“ und die acatech-Studie „Elektromobilität – Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen“. Darüber hinaus dienten die durch die Deutsche Post AG in Auftrag gegebenen Studien der Reihe „Delivering Tomorrow“ als Ausgangspunkt der Recherche. Die genannten Werke

stammen aus den Jahren 2015 und früher und wurden daher in ausgewählten Themenkreisen um die aktuellste Literatur aus dem Jahr 2016 ergänzt.

Bei der recherchierten Literatur handelt es sich um Veröffentlichungen in deutscher und englischer Sprache. Insgesamt setzt sich die Literatur aus 81 Fachbüchern, 72 Studien und Fachberichten, 35 Online-Quellen, 25 Statistiken, 14 Journalpaper, 14 Pressemitteilungen und -berichte, 7 Gesetzen und Verordnungen sowie 2 Vortrags- und Vorlesungsunterlagen zusammen. Der Großteil der betrachteten Literatur stammt aus den Jahren 2011–2016 und ist somit als aktuell zu bewerten. Die nachfolgenden Darstellungen veranschaulichen die Zusammensetzung und Aktualität der Literatur nochmals grafisch.

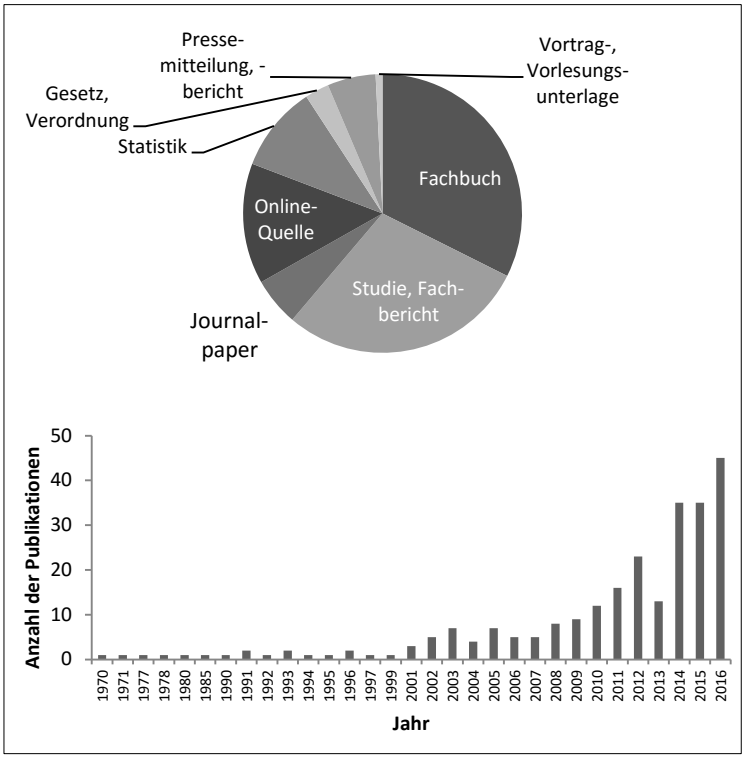


Abbildung 4: Literaturanalyse[18]

[18] Eigene Darstellung

Durch die Erkenntnisse der Literaturanalyse konnten die verschiedenen Distributionssysteme in den betrachteten Bereichen der Konsumgüterindustrie analysiert und Gestaltungsparameter von Distributionssystemen identifiziert werden. Darüber hinaus war es erst auf Basis der Literaturanalyse möglich, die Elektromobilität systemisch zu betrachten und die für die Anwendung in der Distribution relevanten Einflussfaktoren zu identifizieren. Durch im Rahmen der Literaturanalyse stattfindende Aufbereitung zahlreicher Trendstudien und Szenario Betrachtungen wurden außer9idem die zukünftigen Entwicklungen in der Distribution sowie in der Technologieentwicklung der Elektromobilität zusammen getragen. Diese, mit Hilfe der Literaturanalyse gewonnenen Informationen, bilden die Grundlage für die Szenario-Analyse.

2.4.2 Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse ist ein multikriterielles, nicht-monetäres Bewertungsverfahren, welches der systematischen Entscheidungsvorbereitung dient. Sie ist definiert als „Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen.“[19] Sie bewertet Entscheidungsalternativen anhand eines jeweils spezifisch dafür entwickelten Katalogs von Bewertungskriterien. Aufgabe der Nutzwertanalyse ist die Ermittlung der Alternative mit dem maximalen Gesamtnutzen. Der Gesamtnutzwert stellt dabei das jeweilige Ergebnis einer ganzheitlichen Bewertung aller Zielerträge einer Alternative dar. Die Nutzwertanalyse ist im Rahmen dieser Arbeit Bestandteil des zu entwickelnden Modells zur technisch-wirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern. Der typische Ablauf der Nutzwertanalyse nach Zangemeister verläuft in fünf Schritten[20]:

1. Aufstellen der Bewertungskriterien
   Definition und Ordnung von Zielen zu einem Zielsystem. Die Bewertungskriterien lassen sich nur problemspezifisch festlegen und leiten sich aus den übergeordneten Zielen her. Die Bewertungskriterien müssen eindeutig bestimmbar sein.

[19] Zangemeister (1971), S. 45

[20] Vgl. Nieschlag et al. (2002), S. 307 ff; vgl. Hoffmeister (2008), S. 279 ff; vgl. Trommsdorff, Steinhoff (2007), S. 327–330; vgl. Zangemeister (1971), S. 45 ff; vgl. Stuhr (2013), S. 88; Schuh, Klappert (2011), S. 327 ff; vgl. Bundesministerium des Inneren (2016 a)

2. Gewichtung der Ziele
   Den Zielen und Bewertungskriterien werden entsprechend ihrer Bedeutung relative Gewichtungen zugeordnet.

3. Bewertung der Alternativen
   Dabei findet zuerst eine Beschreibung der Zielerträge der Alternativen statt und anschließend eine Bestimmung der Zielwerte, d. h. eine bewertende Einstufung der Alternativen je Bewertungskriterium.

4. Aggregation der Teilnutzenwerte
   Die Ermittlung des Gesamtnutzwertes findet durch eine stufenweise Wertesynthese der Zielwerte im Zielbaum statt.

5. Auswahl der besten Alternative
   Ableitung einer Rangordnung der Alternativen aus den Gesamtnutzwerten der Alternativen.

Zielsystem

Für eine vollständige und entscheidungslogisch rationale Bewertung von Alternativen muss in einem ersten Schritt ein problemadäquates Zielsystem erstellt werden. Ein Zielsystem ist definiert als „geordnete Menge aller handlungsbestimmender Ziele, die bei der Ableitung einer rationalen Entscheidungsempfehlung zu berücksichtigen sind."[21] Die Strukturierung des Zielsystems erfolgt hierarchisch. Das Zielsystem wird dabei so aufgebaut, dass die aggregierten Nutzwerte innerhalb einer funktionellen Gruppe auf einer beliebigen Zielebene jeweils die Bewertung des Kriteriums auf der nächsthöheren Zielebene ergeben.[22] Zur Strukturierung des Zielsystems eignet sich das Zielbaumverfahren, welches formal einem mehrstufigen Definitionsprozess entspricht. Ausgangspunkt dieses Verfahrens ist die Formulierung eines Gesamtziels (Hauptziel), welches schrittweise in mehrere voneinander unabhängige Teilziele zerlegt wird. Diese Auffächerung erfolgt unter Berücksichtigung sacheingrenzender Gesichtspunkte. Die auf den höheren Ebenen des Zielbaums verankerten Teilziele sind häufig in

[21] Zangemeister (1971), S. 89
[22] Vgl. Zangemeister (1971), S. 89 ff, 101 ff; vgl. Hoheneck (1993), S. 103 ff

ihren Zielerträgen nicht direkt quantifizierbar, während die Bewertungskriterien auf der unteren Ebene in ihren Erträgen messbar sind. Die Knoten des Zielbaums stehen für definierte Teilziele, die Verbindungen zwischen ihnen beschreiben Zweck-Mittel-Beziehungen.[23] Auf diese Weise können aus Haupt- und Teilzielen Bewertungskriterien entwickelt werden, welche hinsichtlich ihrer Nutzenabhängigkeit voneinander unabhängig sind. Zusätzlich sollte die Anzahl der zur Bewertung herangezogenen Bewertungskriterien so gering wie möglich gehalten werden. Es gilt die KISS-Forderung: Keep it small an simple.[24] Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht die Struktur eines Zielsystems.

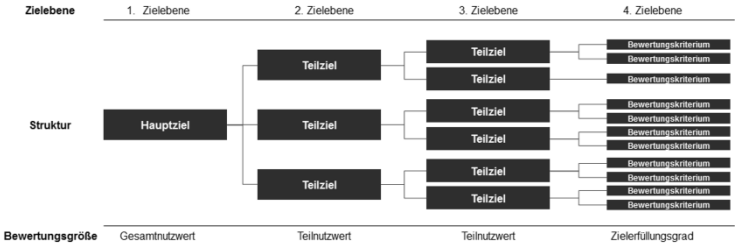


Abbildung 5: Hierarchisches Zielsystem (Zielbaumstruktur)[25]

Gewichtung

Da verschiedene Teilziele oder Bewertungskriterien für die Bestimmung übergeordneter Teilnutzwerte von unterschiedlicher Bedeutung sein können, müssen alle Ziele bzw. Kriterien unterhalb der ersten Zielebene gewichtet werden. Die Gewichtung entspricht dabei der relativen Bedeutung des Kriteriums innerhalb der ihm zugeordneten funktionalen Gruppe.[26] Die Gewichtungen beeinflussen direkt die Objektivität der Bewertung, weshalb sie den Ziel-Präferenzen des Entscheiders entsprechen sollten. In der Praxis werden die relativen Gewichtungen häufig durch die Befragung von Experten ermittelt. Die Gewichtungsfaktoren innerhalb einer funktionellen Gruppe werden normiert, sodass die Summe aller Gewichte innerhalb einer Gruppe stets eins ergibt.

[23] Vgl. Zangemeister (1971), S. 103; vgl. Pflüger (1991); vgl. Dörries (2004), S. 129 f
[24] Vgl. Rickert et al. (1993)
[25] Eigene Darstellung
[26] Vgl. Zangemeister (1971), S. 162 ff, 171 ff; vgl. Hoheneck (1993), S. 115 ff

$$1 = \sum_{j=1}^{n} g_j$$

g = Gewichtungsfaktor
j = Bewertungskriterium
n = Gesamtzahl der zu berücksichtigenden Kriterien j

Formel 1: Vorgabe für die Gewichtungsfaktoren einer funktionellen Gruppe

Zielfunktionen

Zielfunktionen ermöglichen die Transformation der dimensionsbehafteten Zielerträge der Bewertungskriterien in dimensionslose Zielwerte, welche die Erfüllungsgrade angeben.[27] „Ein Zielertrag repräsentiert einen Punkt auf der Skala des zugrunde liegenden [Ziels] […].“[28] Der Zielerfüllungsgrad wird kardinal skaliert und umfasst den Wertebereich von 0 bis 100. Er gibt prozentual an, in welchem Umfang ein gegebener Zielertrag einer Alternative dem durch das Wertesystem gesetzten Bewertungsmaßstab entspricht.[29] Der Festlegung der Zielfunktionen kommt im Rahmen der Transformation von Zielerträgen in Zielerfüllungsgrade eine große Bedeutung zu. Die Objektivität der Bewertung ist nur gegeben, wenn die Wertezuordnungen nachvollziehbar und begründet erfolgen. Um die Zielfunktionen für jedes Bewertungskriterium festlegen zu können, müssen die Spannweiten der jeweiligen Zielerträge bekannt sein. Die nachfolgende Abbildung stellt ein theoretisches Beispiel einer Zielfunktion dar.

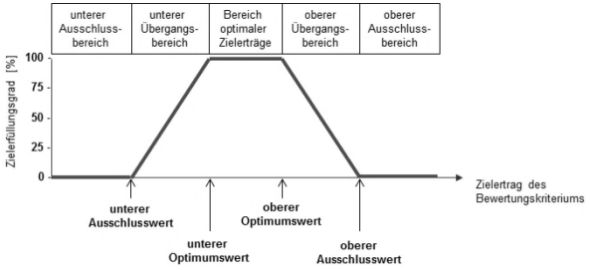


Abbildung 6: Beispiel einer Zielfunktion[30]

[27] Vgl. Zangemeister (1971), S. 43 f
[28] Zangemeister (1971), S. 93
[29] Vgl. Maniak (2001), S. 275; vgl. Hoheneck (1993), S. 109 ff
[30] Eigene Darstellung

Die Abbildung veranschaulicht einen möglichen Verlauf einer Zielfunktion. Grundsätzlich können Zielfunktionen einen wertkonstanten Verlauf, eine exponentielle oder lineare Wertzunahme bzw. -abnahme oder, wie im abgebildeten Beispiel, eine Zu- oder Abnahme bis zur Wertsättigung mit anschließender Ab- oder Zunahme aufweisen. Das Wissen um den funktionellen Zusammenhang zwischen Zielerfüllungsgrad und Zielertrag ist bei der Entwicklung von Zielfunktionen eine wichtige Voraussetzung. Besondere Herausforderungen bei der Entwicklung von Zielfunktionen stellen die Übergangsbereiche zwischen den (unteren bzw. oberen) Ausschlusswerten und dem (unteren bzw. oberen) Optimum dar. Häufig wird daher in diesem Bereich ein linearer Verlauf unterstellt und somit eine zweckmäßige Vereinfachung vorgenommen, da der Aufwand der Untersuchung des detaillierten Verlaufs der Zielfunktion in diesem Bereich in keinem Verhältnis zur Verbesserung der Aussagekraft der Zielfunktion steht.[31]
Aufgrund der genannten Herausforderungen bei der Erstellung der Zielfunktionen werden im Rahmen der Nutzwertanalyse häufig subjektive Werteinschätzungen des Zielerfüllungsgrads verwendet, welche jedoch abhängig vom Bewerter variieren können.[32]

Aggregation/Wertsynthese

Die Unterteilung einer mehrdimensionalen Bewertung in mehrere eindimensionale Teilbewertungen erfordert die Synthese der Ergebnisse der Teilbewertungen zu einer Gesamtbewertung. Die Aggregation der Teilbewertungen (Teilnutzwerte) zu einer Gesamtbewertung (Gesamtnutzwert einer Alternative) erfolgt systematisch und berücksichtigt die unterschiedliche Bedeutung einzelner Bewertungskriterien für den Anwender. Die unterschiedlichen Zielwerte einer Alternative ergeben daher in Kombination mit ihrer Gewichtung den Gesamtnutzen der Alternative.[33] Die Aggregation erfolgt bei der Nutzwertanalyse von der untersten zur obersten Zielebene und lässt sich wie folgt berechnen.

[31] Vgl. Schneck (2006), S. 50 f
[32] Vgl. Zangemeister (1971), S. 43 f
[33] Vgl. Bundesministerium des Inneren (2016 a); vgl. Hoheneck (1993), S. 122 ff

$$N_{i-1} = \sum_{j=1}^{n} g_{ij}\, e_{ij}$$

N = Teil-/Gesamtnutzwert
e = Zielerfüllungsgrad/Teilnutzwert
g = Gewichtungsfaktor
i = betrachtete Zielebene
j = Indikatoren
n = Gesamtzahl der zu berücksichtigenden Kriterien j

Formel 2: Berechnungsvorschrift Wertsynthese

(additive Verknüpfung)

Die Verknüpfung der gewichteten Teilnutzwerte kann sowohl durch Addition als auch
durch Multiplikation erfolgen.[34] Die additive Verknüpfung stellt gemäß Literatur den Regelfall dar und wird besonders bei unterschiedlichen Gewichtungen von einzelnen Kriterien verwendet. Die multiplikative Verknüpfung hingehen kommt besonders bei einem Kriterienkatalog mit sehr ähnlichen Gewichtungen zur Anwendung. Die additive Verknüpfung reagiert weniger stark auf positive oder negative Extrembewertungen als die multiplikative Verknüpfung – die Kompensierbarkeit der Bewertungen ist bei der additiven Verknüpfung höher.

Ausschlusswerte (K.O.-Kriterien)

Bei der Durchführung der Nutzwertanalyse ist es üblich, dass K.O.-Kriterien für die Bewertung einzelner Alternativen definiert werden.[35] Die Definition solcher Ausschlusswerte dient dem Zweck, nur realisierbare Alternativen miteinander zu vergleichen. K.O.-Kriterien ergeben sich zumeist aus technischen Grenzen, gesetzlichen Vorgaben oder Rahmenbedingungen wie bspw. dem Marktumfeld o. Ä. und lassen sich für einzelne Zielerträge festlegen. Bei Eintritt eines K.O.-Kriteriums ist die Bewertung der Alternative abzubrechen. Sie stellt im weiteren Verlauf des Entscheidungsprozesses keine Alternative mehr dar.

[34] Vgl. Zangemeister (1971), S. 252–283; vgl. Trommsdorff, Steinhoff (2007), S. 329
[35] Vgl. Schneck (2006), S. 52

Stärken und Schwächen der Nutzwertanalyse

Die Stärke der Nutzwertanalyse ist, dass sie eine verhältnismäßig sachliche Bewertung verschiedener Alternativen auf Grundlage identischer Kriterien und Maßstäbe ermöglicht.[36] Der Vergleich verschiedener Alternativen liefert eine eindeutige Rangfolge der Präferenz auf Basis dimensionsloser Gesamtnutzwerte. Die Nutzwertanalyse kann sowohl dimensionsbehaftete, absolute Werte, als auch subjektive Werte (in Zahlen ausgedrückt) in die Bewertung mit einbeziehen. Dadurch können alle relevanten Kriterien bei der Entscheidungsfindung bestmöglich objektiviert berücksichtigt werden.

Die Schwächen der Nutzwertanalyse liegen in ihrem zeitlichen Aufwand und der Scheingenauigkeit der Gesamtnutzwerte, da Skalierung und Gewichtung einen hohen Einfluss auf das Ergebnis haben. Darüber hinaus führt die Literatur auf, dass die bei der Bewertung stattfindende Zerlegung in Teilaspekte nicht zwangsläufig zu einem besseren und klareren Resultat führt als eine Gesamteinschätzung.[37] Zusätzlich wird oft kritisiert, dass eine fehlende oder mangelhafte inhaltliche Begründung der Kriterien, Gewichtungen, Wertamalgamationsregel und verwendeten Skalen trotz der formalen Transparenz des Verfahrens keine sinnvollen Ergebnisse liefert. Hinzu kommt, dass die Methode trotz verwendeter Gewichtungsfaktoren in ihrer Agglomeration der möglichen Kompensierbarkeit einzelner Kriterien nicht Rechnung trägt.

2.4.3 Kosten-Wirksamkeitsanalyse

„Die Kosten-Wirksamkeitsanalyse ist ein Verfahren, welches sowohl die quantitativen Kostenaspekte, als auch die qualitativen Nutzenaspekte gemeinsam betrachtet und so eine fundierte Aussage über die Wirtschaftlichkeit verschiedener Maßnahmen oder Lösungsalternativen zulässt.“[38] Die Bewertung der (nicht monetären) Wirksamkeit findet dabei über die Nutzwertanalyse statt, die Bewertung der (monetären) Kosten erfolgt mittels Kapitalwertmethode oder Kostenvergleichsrechnung. Im Ergebnis liefert diese Methode einen Quotienten aus Nutzwerten zu Geldwerten. Diese Methode eignet sich besonders, wenn die Kosten einer Alternative monetär quantifizierbar sind, der Nutzen der Alternative jedoch nur nicht-

[36] Vgl. Bundesministerium des Inneren (2016 a); vgl. Witte, Maue (1980), S. 3 f
[37] Vgl. Bechmann (1978), S. 35; vgl. Witte, Maue (1980), S. 3 f
[38] Bundesministerium des Inneren (2016 b)

monetär erfassbar ist. Die Anwendung der Methode unterteilt sich in drei Schritte:[39]

1. Durchführung einer Nutzwertanalyse für alle nicht monetär bewertbaren Wirkungen.
2. Durchführung der Kapitalwertmethode oder Kostenvergleichsrechnung zur Ermittlung der monetären Kosten.
3. Zusammenführung der Ergebnisse, indem die Kosten jeder Alternative durch ihre Nutzwerte dividiert werden. Dadurch werden die Kosten pro Nutzenpunkt ermittelt.

Die Vorteile der Methode liegen in der Transparenz und Nachvollziehbarkeit durch ein systematisches Vorgehen. Ihre Defizite sind die Verwendung von monetären und nicht-monetären Bewertungen, denn der im Ergebnis ermittelte Quotient trifft keine Aussage zur absoluten Höhe von Nutzwerten und Kosten. Dies kann dazu führen, dass Alternativen mit einem gleichen Kosten-Nutzwert-Quotient unterschiedliche Nutzwerte und Kosten aufweisen können.
Die Kosten-Wirksamkeitsanalyse ist im Rahmen dieser Arbeit Bestandteil des zu entwickelnden Modells zur technisch-wirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern.

2.4.4 Szenario-Analyse

Eine weitere, im Rahmen dieser Untersuchung angewendete Methode, ist die Szenario-Analyse.[40] Ein Szenario ist ein Zukunftsbild, welches unter Einbeziehung unterschiedlicher, möglicher zukünftiger Entwicklungen entworfen wird.[41] „Im Unterschied zu einem Zukunftsbild, das lediglich einen hypothetischen zukünftigen Zustand darstellt, beschreibt ein Szenario auch die Entwicklungen, Dynamiken und treibenden Kräfte, aus denen ein bestimmtes Zukunftsbild resultiert.“[42] Die zukünftigen Entwicklungen sollen dabei anhand von relevanten Schlüsselfaktoren abgeleitet werden,

[39] Vgl. Bundesministerium des Inneren (2016 b)
[40] Der Begriff der Szenario-Analyse wird in der Literatur synonym mit den Begriffen Szenario-Technik und Szenario-Methode verwendet.
[41] Hier und im Folgenden vgl. Gausemeier et. al (1996), S. 79 ff; vgl. Kosow, Gaßner (2008), S. 9, S. 18; vgl. Dirks (2012), S. 49 ff, 54 f; vgl. Reibnitz (1992), S. 35 ff, S. 45 ff; vgl. Geschka (1999), S. 527 ff
[42] Kosow, Gaßner (2008), S. 10

stellen jedoch kein umfassendes Bild der Zukunft dar, sondern fokussieren sich gezielt auf bestimmte, abgegrenzte Ausschnitte der Wirklichkeit.

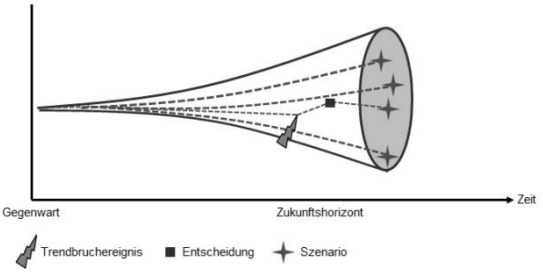


Abbildung 7: Szenario-Trichter[43]

Die Szenario-Analyse findet mehrstufig statt. Zu Beginn muss das zu untersuchende System eindeutig definiert und abgegrenzt werden. Anschließend erfolgt eine Ist-Aufnahme der gegenwärtigen Situation. Dabei wird im Rahmen einer Literaturrecherche die aktuelle Wissensbasis zusammengetragen, und diese anschließend mit den aus der Befragung gewonnenen Erkenntnissen angereichert. Mit Hilfe einer Umfeldanalyse werden Einflussbereiche erarbeitet (bspw. Politik, Technologie, Gesellschaft), in denen anschließend Einflussfaktoren identifiziert werden. Die auf diese Weise ermittelten Einflüsse werden anschließend in einer Einfluss-Matrix analysiert, um Schlüsselfaktoren identifizieren zu können. Die Einfluss-Matrix stellt Wirkungszusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen einzelnen Faktoren heraus. Die auf diese Weise identifizierten Schlüsselfaktoren werden anschließend mit Hilfe von Expertenbefragungen und Prognosen in die Zukunft projiziert. Die sich so ergebenden Szenarien werden anschließend auf Konsistenz und Stabilität geprüft, um die Vollständigkeit und Sinnhaftigkeit der projizierten zukünftigen Situationen sicherzustellen. Zusätzlich sollen in den Szenarien auch potenzielle Störereignisse betrachtet werden. Diese Trendbruchereignisse treten unerwartet und unvorhersehbar ein und können sowohl positive als auch negative Einflüsse haben. Auf Basis der ermittelten Einflussfaktoren und ihrer Wirkungszusammenhänge, der erarbeiteten Deskriptoren und ihrer Konsistenz sowie möglicher Trendbruchereignisse und ihrer Auswirkungen, werden anschließend Szenarien entwickelt. Der Ablauf der Szenario-Analyse ist nachfolgend nochmals übersichtlich grafisch abgebildet.

[43] Eigene Darstellung nach Hermann (1991)

Abbildung 8: Vorgehensweise bei der Szenario-Analyse[44]

Im Rahmen der Szenario-Analyse gilt es – gemäß der dargestellten Vorgehensweise – eine Prognose für die Distribution von Konsumgütern des gewählten Untersuchungsgegenstandes für das Jahr 2030 zu erstellen. Um der Komplexität und Vielschichtigkeit des Themas zu entsprechen, wurden, wie nachfolgend dargestellt, zwei Vorgehensweisen kombiniert angewendet. Zum einen wurden Projektionen und Prognosen auf analytischem Weg entwickelt, zum anderen wurden Expertenaussagen und -einschätzungen für die Gestaltung der Szenarien verwendet, um die Erfahrungen und Beurteilungen von Marktteilnehmern zu berücksichtigen. Bezüglich der analytisch entwickelten Einschätzungen wurden unterschiedliche Quellen verwendet, um eine suffiziente Datenbasis zu gewährleisten und um verschiedene Szenarien entwickeln zu können. Auf diese Weise kann ein rein analytisch hergeleiteter Korridor für die Entwicklungen in der Konsumgüterdistribution erstellt werden, welcher die Basis für die Erfassung der Experteneinschätzungen bildet. In Summe werden die Ergebnisse des analytischen Vorgehens mit den Bewertungen der Experten anschließend zu einer gemeinsamen Aussage bzgl. der Entwicklungen in der Distribution von Konsumgütern zusammengeführt.

[44] Eigene Darstellung nach Kosow, Gaßner (2008) und Dirks (2012)

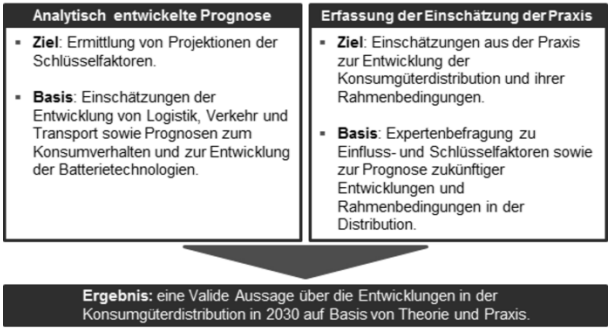


Abbildung 9: Vorgehensweise bei der Entwicklung valider Szenarien[45]

Die auf diese Art im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Szenarien sind durch Dritte reproduzierbar und aufgrund der beschriebenen Vorgehensweise und der verwendeten Informationen nach Einschätzung des Autors und der im Rahmen der Experteninterviews befragten Personen als valide zu bewerten.

2.4.5 Expertenbefragung

Die Methode der Expertenbefragung eignet sich in besonderem Maß für den vorliegenden Forschungsgegenstand, da auf diese Weise detaillierte Informationen bzgl. der Ausprägung der Gestaltungsparameter der Distribution zielgerichtet gewonnen werden können.[46] Im Rahmen dieser Arbeit wurde sowohl eine schriftliche als auch eine persönliche Befragung (Face-to-face Interview) durchgeführt. Die schriftliche Befragung erfolgte in Form eines online beantwortbaren Fragebogens und ermöglichte über ihren quantitativen Ansatz mit geringem Aufwand die Befragung zahlreicher Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Die schriftliche Befragung wurde zur Identifikation und Evaluation der Einflussfaktoren der Distribution und Elektromobilität verwendet. Diese Informationen werden im Rahmen der Szenario-Analyse verwendet. Im Umfragezeitraum vom 28. Mai 2015 bis zum 03. Juli 2015 nahmen insgesamt 24 Personen an der Online-Befragung teil, was einer Rücklaufquote von 29,63 % entspricht.[47] Im Rahmen der

[45] Eigene Darstellung

[46] Hier und im Folgenden vgl. Kromrey (2006), S. 358 ff; vgl. Diekmann (2008), S. 434 ff, S. 437; vgl. Brüsemeister (2008), S. 99 ff; vgl. Kornmeier (2007), S. 158 f, S. 166 ff; vgl. Mayring (2002), S. 67

[47] Ausgewählte Umfrageteilnehmer: Gesellschaft für Verkehrsbetriebswirtschaft und Logistik e.V., Bundesverband Elektromobilität, Fachhochschule Neuss, Technische Universität Berlin,

Einladung zur Onlinebefragung wurde mittels eines personalisierten Zugangs sichergestellt, dass nur die angeschriebenen, und somit für die Beantwortung der Umfrage qualifizierten, vorab ausgewählte Personen teilnahmen. Die Ergebnisse der Online-Befragung sind daher als valide zu betrachten. Hinzu kommt, dass empirische Sozialforschung gezeigt hat, dass „[…] die Rücklaufquote einer schriftlichen Befragung durch geeignete Maßnahmen auf ein Niveau erhöht werden kann, das der Ausschöpfungsquote persönlicher oder telefonischer Umfragen entspricht […]“[48]. Ergänzend zur Online-Befragung wurden zur Erhebung der Gestaltungsparameter der Distribution im Rahmen dieser Arbeit neun Experteninterviews durchgeführt. Persönliche Interviews haben den Vorteil, dass ein direktes Gespräch mit dem Interviewpartner geführt werden kann, bei welchem auch Rückfragen und ergänzende Erläuterungen zulässig sind. Bei dieser, im Gegensatz zur schriftlichen Befragung qualitativ ausgerichteten Methode, können daher detaillierte Informationen, Einschätzungen und Parameterausprägungen hinsichtlich der neun untersuchten Fallbeispiele bzgl. der Distribution von Konsumgütern erhoben werden. Im Rahmen dieser Experteninterviews wurden auch die zukünftigen Veränderungen in der Distribution im jeweiligen Fall erfragt, um auf diese Weise zusätzliche Informationen für die Szenario-Analyse zu gewinnen. Mit den Interviewpartnern wurde auch das auf Basis der Literaturanalyse entwickelte Szenario für das Jahr 2030 validiert und erweitert, sodass insgesamt von jedem Interviewpartner die aktuellen und zukünftigen Anforderungen an ihre jeweilige Distribution sowie ihre Einschätzungen zum aktuellen und zukünftigen Einsatz von batterieelektrischen Fahrzeugen in der Distribution erhoben wurde. Um die Ergebnisse reproduzierbar zu gestalten und um die einzelnen Einschätzungen zusammen führen zu können, wurden problemzentrierte und somit strukturierte Interviews durchgeführt. Die Interviewteilnehmer wurden dabei durch einen Interviewleitfaden in Richtung bestimmter Fragestellungen gelenkt und konnten auf diese offen und ohne Antwortvorgaben reagieren. Der im Rahmen dieser Arbeit verwendete Interviewleitfaden ist im Anhang einsehbar.[49] Die nachfolgende Abbildung stellt die Vorgehensweise der persönlichen, problemzentrierten Befragung dar.

Deutsche Post DHL, TNT, Hüffermann Transportsysteme, Daimler AG, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Norma Lebensmittelstiftung, Axel Springer AG, ADAC e.V.

[48] Diekmann, (2008), S. 437

[49] Siehe Anhang 1

Abbildung 10: Ablaufmodell des problemzentrierten Interviews[50]

In dieser Arbeit werden persönliche Befragungen verstärkt zur Überprüfung und Bewertung von Erkenntnissen eingesetzt, während schriftliche Befragungen zur Identifikation und Selektion von Sachverhalten (bspw. Ermittlung und Bewertung von Einflussfaktoren) herangezogen werden. Die Kombination einer quantitativen Online-Befragung mit qualitativen Experteninterviews gewährleistet eine hohe Güte der gewonnenen Informationen, zumal die Experteninterviews auch der Validierung der Erkenntnisse aus der Literaturanalyse und der Online-Befragung dienen. Die gewonnenen Informationen sind daher als valide zu bewerten.

3 Theoretischer Bezugsrahmen der Arbeit

In diesem Kapitel werden die wichtigsten begrifflichen Grundlagen gelegt, um für den weiteren Verlauf der Arbeit ein gemeinsames begriffliches Verständnis zu erzeugen.

3.1 Logistik und Distribution

Der Gegenstandsraum der Logistik ist thematisch sehr breit, weshalb in der Literatur unterschiedliche Interpretationen des Logistikbegriffs existieren. In allen Interpretationen stehen jedoch die Objektflüsse (Güter-, Informationsflüsse oder Personen) im Mittelpunkt der Betrachtung.[51] Gemäß des modernen, ganzheitlichen und betriebswirtschaftlich orientierten Logistikverständnisses umfasst die Logistik sowohl die materiellen und informatorischen Fließsysteme, erkennt jedoch auch die Notwendigkeit der Steuerung dieser Systeme. Für den weiteren Verlauf dieser Untersuchung soll unter dem Begriff der Logistik die kundenintegrierte Konzeption von Netzwerkstrukturen sowie die Planung der notwendigen Kapazitäten und Kundenaufträge verstanden werden. Die Logistik verfolgt das Ziel der unternehmensübergreifenden ganzheitlichen Planung, Steuerung und Kontrolle sowohl von Informations- und Güterströmen, als auch den damit zusammenhängenden Finanzströmen, der operativen Erfüllung von Kundenwün-

[50] Eigene Darstellung nach Mayring (2002)

[51] Hier und im Folgenden vgl. Straube (2004), S. 29 ff; vgl. Huynh (2013), S. 46, S. 51 f; vgl. Heiserich (2002), S. 5 f; vgl. Gudehus (2012 a), S. 4 ff, S. 35 ff, S. 61 ff; vgl. Göpfert (2005), S. 23 ff; vgl. Pfohl (2010), S. 12 ff

schen, sowie das Controlling von Kosten- und Leistungsparametern.[52] Das flussorientierte Logistikverständnis ist heute die am weitesten verbreitete Definition in der Literatur. Treiber dieser Entwicklung sind die stetig zunehmende Kundenorientierung und die kooperative, unternehmensübergreifende Verknüpfung von Wertschöpfungsketten.

Im Rahmen des erläuterten Verständnisses der Logistik ist die **Distributionslogistik** Teil der Auftragsabwicklung und das Bindeglied zwischen Produktion und Absatz der Güter. In der Literatur wird der Distributionsbegriff als „[…] gesamtwirtschaftliche Verteilung der Distributionsobjekte (Waren, Dienstleistungen, Rechten, Entgelten und Informationen) [definiert]. […] Üblicherweise werden als Distribution alle Prozesse, die zwischen Produzenten und Händlern bis hin zum Letztabnehmer im Absatzkanal ablaufen, [bezeichnet.]“[53] Im Rahmen einer ganzheitlichen Logistik ist die Distribution ein Teilprozess bei der Kundenauftragserfüllung. Die Teilschritte und Schnittstellen der ganzheitlichen Logistik werden nachfolgend anhand des Prozesskettenmodells verdeutlicht.

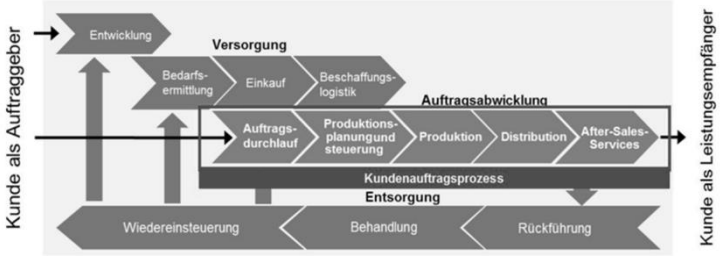


Abbildung 11: Prozesskettenmodell der Logistik nach Baumgarten[54]

Der Prozessschritt der Distribution selbst unterteilt sich wiederum in einzelne Prozesse, welche eine Funktion des Raum-, Zeit-, Mengen- und Sortimentsausgleichs haben.

[52] vgl. Baumgarten et. al. (2003), Teil 1, S. 15 ff; vgl. Straube et.al. (2005), S. 12 ff; vgl. Straube, Pfohl (2008), S. 12 ff

[53] Gabler Wirtschaftslexikon (2015 b)

[54] Eigene Darstellung nach Baumgarten (2003), Teil 2, S. 12 und Baumgarten, Walter (2001), S. 7

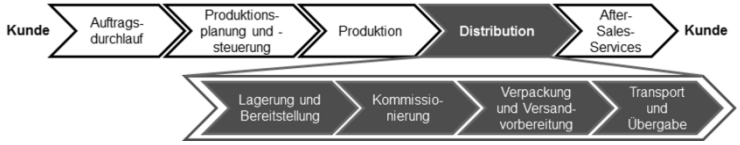


Abbildung 12: Kundenauftragsprozess nach Baumgarten[55]

Die Distribution stellt somit die räumliche und zeitliche Überbrückung zwischen Produktion und Konsumtion dar.[56] Ihre Aufgaben sind die Prognose, Durchführung und Kontrolle der physischen Bewegung von Materialien und Endprodukten vom Ursprungsort zum Verwendungsort, wozu neben Transport- auch Umschlag- und Lagerprozesse gehören. Neben dem physischen Transport umfasst die Distribution auch die dazugehörigen Informationsströme. Das Ziel der Distributionslogistik ist die termingerechte und kostengünstige Bereitstellung der Güter beim Kunden, kurz: Die Sicherstellung eines festgelegten Serviceniveaus zu minimalen Kosten.[57] Ein hoher Lieferservice ist für das distribuierende Unternehmen von großer Bedeutung, da es die eigene Positionierung des Unternehmens im Wettbewerb beeinflusst.[58] Der Lieferservice kann dabei von jedem einzelnen Prozessschritt der Distribution beeinflusst werden, weshalb ein verzahnter (d. h. integrierter) ganzheitlicher Ansatz zum Management dieser Prozesse zielführend ist, um die Vielzahl der Faktoren, welche den Lieferservice beeinflussen, steuern zu können. Der Lieferservice lässt sich dabei in vier Dimensionen unterteilen:

- die Lieferzeit
- die Lieferzuverlässigkeit *(Termintreue, Lieferbereitschaft)*
- die Lieferungsbeschaffenheit *(qualitativer Zustand der Lieferung, mengenmäßige Genauigkeit der Lieferung)*
- die Lieferflexibilität *(Anpassung an Kundenwünsche oder sich ändernde Umfeldbedingungen)*

---

55 Eigene Darstellung nach Baumgarten (2003), Teil 2, S. 12 und Baumgarten, Walter (2001), S. 7

56 Hier und im Folgenden vgl. Martin (2004), S. 7; vgl. Ahlert (1996), S 8 f; vgl. Gudehus (2012 a), S. 5 f; vgl. Dietel (1997), S. 40 ff; vgl. Vahrenkamp (2007), S. 88 ff; vgl. Straube et.al. (2005), S. 12 ff; vgl. Pfohl (2010), S. 198 ff; vgl. Heiserich (2002), S. 214

57 Gegenstand der Distributionstätigkeit können neben materiellen auch immaterielle Realgüter sein. Im Rahmen dieser Untersuchung sollen immaterielle Güter jedoch nicht berücksichtigt werden.

58 Eine Verbesserung der Produktqualität ist für das Unternehmen deutlich aufwändiger. Hinzu kommt, dass gerade bei leicht substituierbaren Produkten dem mit dem Produkt einher gehenden Service eine besondere wettbewerbsrelevante Bedeutung zukommt.

Diese Ziele der Distribution – welche sich unter dem Begriff Lieferservice subsummieren lassen – sollen zu möglichst minimalen Kosten erfüllt werden.

Ein Distributionssystem besteht aus den Elementen des Distributionsobjekts – wobei es sich um das zu distribuierende Wirtschaftsgut handelt –, den Distributionssubjekten – worunter der Produzent und der Verbraucher, zusätzlich aber auch der Distributionshelfer (Handelsvertreter, Transportunternehmen etc.), zu verstehen sind – und dem Distributionsweg – was die Art und Weise wie das Gut von der Quelle zur Senke gelangt bezeichnet.[59] Alle drei genannten Elemente haben maßgeblichen Einfluss auf die Gestaltung des Distributionssystems. Das **Distributionsobjekt** wird durch Produkt- und Fertigungsmerkmale (Anzahl, Abmessungen, Gewicht sowie, Auftrags- oder Serienfertigung) determiniert. Die Charakteristika des Distributionsobjekts bestimmen maßgeblich den **Distributionsweg**. Bei diesem kann grundsätzlich zwischen dem direkten und indirekten Absatzweg unterschieden werden. Eine direkte Distribution liegt vor, wenn der Produzent seine Güter unmittelbar an den Kunden verkauft (ggf. inkl. Beratungs-, Finanzierungs- und Transportleistungen). Dies ist meist bei sehr großen und/oder schweren Produkten der Fall, welche einen hohen Wert besitzen und auch verderblich sein können. Häufig handelt es sich hier auch um sonder- oder einzelgefertigte Produkte. Leicht transportable, standardisierte und haltbare Produkte hingegen, welche häufig in Serie gefertigt werden, werden häufig indirekt distribuiert. Der institutionalisierte Handel übernimmt Beratungs- und Finanzierungsleistungen, die Sammel- und Verteilfunktion sowie die Lagerhaltung. Indirekte Distributionswege können ein- oder mehrstufig sein, abhängig von der Anzahl der Zentral- und Regionallager. Der Distributionsweg wird darüber hinaus auch durch die **Distributionssubjekte** beeinflusst. Zu den wichtigsten Akteuren der Distribution gehören der Hersteller, der Absatzmittler, der Absatzhelfer und der Kunde. Die Hersteller sind produzierende Unternehmen, welche Güter herstellen, die den Bedarf von Dritten decken. Bei Absatzmittlern handelt es sich um rechtlich und wirtschaftlich unabhängige Personen und Institutionen, welche bei der Distribution der Güter eine vermittelnde

[59] Hier und im Folgenden vgl. Ahlert (1996), S. 11, 47 f; vgl. Heiserich (2002), S. 215 ff; vgl. Gabler Wirtschaftslexikon (2015 a); vgl. Pepels (1995), S. 4 ff; vgl. Vahrenkamp (2007), S. 85 ff; vgl. Huber, Laverentz (2012), S. 121 f; vgl. Zimmermann (2005), S. 9 ff; vgl. Gudehus (2012 a), S. 537 f; vgl. Specht, Fritz (2005), S 71 ff, 107 f; vgl. Schögel (2012), S. 58 ff; vgl. Moder (2009), S. 88 f

Tätigkeit einnehmen und dabei selbst Eigentum an den Gütern erlangen. Die Absatzmittler lassen sich in die beiden Gruppen des Einzel- und des Großhandels unterscheiden. Im Vergleich dazu handelt es sich bei Absatzhelfern ebenfalls um rechtlich selbstständige Personen oder Institutionen, welche jedoch keine Eigentumsrechte an den Gütern erwerben und demnach auch kein Absatzrisiko tragen. Absatzhelfer sind wirtschaftlich nicht selbstständig. Zu dieser Gruppe gehören bspw. Handelsvertreter und Makler. Der Kunde schlussendlich ist eine Marktpartei auf der Nachfrageseite, welcher sowohl eine Person als auch eine Institution sein kann.

3.2 Systemische Betrachtung der Elektromobilität

Das Thema Elektromobilität ist in den vergangenen Jahren zunehmend in den Fokus von Politik und Öffentlichkeit gerückt. Die Treiber dieser Entwicklung liegen in den vermuteten Potenzialen der Elektromobilität bei der Reduzierung der Treibhausgasemissionen, der Verringerung der Abhängigkeit von Erdöl und in der Steigerung der Energieeffizienz. Dieses Kapitel definiert eingangs die Begriffe Elektromobilität und Elektrofahrzeug, um die Elektromobilität anschließend ganzheitlich, systemisch zu betrachten.

Gemäß der Definition der deutschen Bundesregierung umfasst der Begriff **Elektromobilität** alle Fahrzeuge, „[…] die von einem Elektromotor angetrieben werden und ihre Energie überwiegend aus dem Stromnetz beziehen, also extern aufladbar sind.“[60] Somit fallen einige Typen von Hybridfahrzeugen, gemeint sind Micro- und Mild-Hybrid, nicht unter diese Definition. Brennstoffzellenfahrzeuge hingegen werden, wenn sie auch nicht von außen mit Strom aufladbar sind, zwar nicht durch diese Definition abgedeckt, aber ebenfalls durch das Elektromobilitätsgesetz gefördert. Gemäß dieser Begriffsbestimmung der Bundesregierung sind **Elektrofahrzeuge** von außen aufladbar und stoßen höchstens 50 g Kohlendioxid pro Kilometer aus oder besitzen eine rein elektrische Mindestreichweite von 30 Kilometer.[61] Diese Festlegungen sowie Kennzeichnungsregelungen, Förderbedingungen, Park- und Halteregelungen sind im Elektromobilitätsgesetz niedergeschrieben. Eine kurze Darstellung der verschiedenen Antriebskonzepte der Elektromobilität findet sich im Anhang 2.

---

[60] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014 a)

[61] vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014 b); vgl. Gesetze im Internet (2016)
Das Elektromobilitätsgesetz wurde am 24.09.2014 vom Kabinett verabschiedet und ist im Frühjahr 2015 in Kraft getreten (befristet bis zum 30.06.2030).

Die Elektromobilität als Technologie geht in ihrem Umfang über das technische Einzelsystem „Elektrofahrzeug“ hinaus. Elektromobilität lässt sich als eine gesamtheitliche systemische Mobilitätslösung verstehen.[62] Der Nutzer des Gesamtsystems ist dabei der Ausgangspunkt der Betrachtung, da dieser die Elektromobilität nicht als Einzelkomponenten betrachtet, sondern als ganzheitliches Angebot aus erneuerbarem Strom, Ladetechnologie, integrierten Mobilitätskonzepten und alternativen Antriebskonzepten wahrnimmt.

Das Gesamtsystem Elektromobilität besteht aus sechs Bestandteilen.

Abbildung 13: Systemische Betrachtung der Elektromobilität[63]

Der subjektiv am stärksten wahrgenommene systemische Bestandteil der Elektromobilität sind die **technischen Einzelsysteme**. Dazu gehören sowohl die eigentlichen Elektrofahrzeuge als auch die Batterien, Ladepunkte, Abrechnungssysteme und Technologien der (regenerativen) Energieerzeugung. Sie sind die für den Nutzer greifbarsten und anschaulichsten Bestandteile der Elektromobilität, da es sich bei ihnen um technische Systeme handelt, mit denen der Nutzer zumeist direkt in Kontakt kommt. Daneben gibt es jedoch auch den Bereich **Umwelt**, welchem sich Themen wie Umweltbilanzierung, Geräuschreduktion, Recycling und nachhaltige die Veränderung der Produktionsketten zuordnen lassen. Unter die **gesellschaftlichen Aspekte d**er Elektromobilität fallen neue Mobilitätskonzepte für die Bevölkerung und die durch die Elektromobilität erwarteten Verbesserungen der Lebensqualität – speziell in verkehrsstarken Gebieten. Darüber hinaus gehört der Bereich der **Sicherheit und Qualität** ebenfalls zum Ge-

62 Hier und im Folgenden: vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2012), S. 10 ff; vgl. Forschungszentrum Jühlich (2014), S. 8 ff

63 Eigene Darstellung nach Forschungszentrum Jülich (2014)

samtsystem Elektromobilität, da die Elektromobilität als sicherer angesehen wird als die Mobilität mit Verbrennungsmotoren. Hinzu kommt, dass die Bedienung und Steuerung von Elektrofahrzeugen vergleichsweise weniger anspruchsvoll ist, da der Nutzer nicht direkt das Getriebe steuern kann, sondern lediglich beschleunigen, bremsen und lenken muss. Auch die **Rahmenbedingungen** sind Bestandteil des Gesamtsystems der Elektromobilität, da Elektrofahrzeuge die vielfältigen politisch vorgegebenen Umweltbestimmungen erfüllen und in mehreren Ländern auch eine gesonderte Kennzeichnung benötigen. Im Rahmen der Elektromobilität wurden außerdem neue Standards und Normen sowohl für die Herstellung als auch für den Betrieb der Fahrzeuge entwickelt. Im Bereich der **Fahrzeugnutzung** haben sich ebenfalls neue Modelle entwickelt. Die Elektromobilität stellt neue Anforderungen an das Flottenmanagement bei gewerblichen Nutzern, ermöglicht jedoch auch neue Gestaltungsräume des Flotteneinsatzes. Im privaten Bereich stellen bspw. Carsharingmodelle eine neue Form der Fahrzeugnutzung dar. Zusätzlich entstanden an einzelnen Pilotstandorten bereits neue ganzheitliche Mobilitätskonzepte wie bspw. das Mobilitätsticket, welches die intermodale Nutzung verschiedener Verkehrssysteme (inkl. straßengebundenen Elektrofahrzeugen) ermöglicht.

Da die Entwicklung der technischen Einzelsysteme der Elektromobilität letztlich der Ausgangspunkt der Entwicklung eines gesamtheitlichen elektromobilen Systems waren, sollen im Anhang 3 die drei zentralen technischen Bereiche – die Batterietechnologie, die Fahrzeugtechnik sowie Infrastruktur und Netzintegration – vertiefend erläutert werden.[64]

4 Entwicklung des Bewertungsmodells

In diesem Kapitel wird ein ganzheitliches Bewertungsmodells entwickelt, welches eine technisch-wirtschaftliche Wertaussage bzgl. des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution im Vergleich zur Referenztechnologie Diesel in einem konkreten Anwendungsfall und Szenario liefert. Das Bewer-

[64] Erfahrungen aus mehreren Forschungsprojekten im internationalen Schaufenster Elektromobilität Berlin-Brandenburg haben gezeigt, dass die kritischen Pfade bei der zukünftigen Entwicklung der Elektromobilität die technologischen Entwicklungen in der Batterietechnologie und der Fahrzeugtechnik sind. Darüber hinaus stellt sich das Thema der Ladeinfrastruktur und die technische Integration dieser in das Stromnetz als Herausforderung für den Erfolg der Elektromobilität in der Gesellschaft dar.
vgl. Smart e-User (2016); vgl. KV e-Chain (2015)

tungsmodell kombiniert und erweitert das methodische Vorgehen der Nutzwertanalyse und der Kosten-Wirksamkeitsanalyse. Es liefert auf diese Weise eine technisch wirtschaftliche Bewertung des Nutzens des Technologieeinsatzes der Elektromobilität in einem konkreten Anwendungsfall in der Distribution.

4.1 Anforderungen an Bewertungsmodelle

Die technisch-wirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution stellt verschiedene Anforderungen an das zu entwickelnde Bewertungsmodell, welche sich aus den Grundanforderungen an Bewertungsmodelle ergeben. In der Literatur werden folgende fünf Grundanforderungen formuliert:[65]

1. Einfachheit
   Das Modell sollte einfach zu verstehen sein und die zentralen Bewertungskriterien abbilden. Darüber hinaus sollte ein Bewertungsmodell keine außergewöhnlichen Ansprüche an die Datenverfügbarkeit und Rechenkapazitäten stellen.

2. Vollständigkeit
   Das Modell sollte vollständig sein, sodass alle relevanten Bewertungskriterien Berücksichtigung finden. Durch eine umfassende Abbildung eines Entscheidungsproblems ist die Bewertung für den Anwender rational begründbar. Diese Anforderung steht in einem Konflikt zur Anforderung der „Einfachheit". In der Literatur wird empfohlen, diesen Konflikt in der Praxis durch Experteneinschätzungen zu lösen.

3. Leichte Kontrollierbarkeit
   Die Reaktionen des Modells müssen nachvollziehbar sein, sodass ein Anwender den Zusammenhang bzgl. der Veränderung von Eingangsgrößen und Bewertungsergebnis erfassen kann.

4. Anpassungsfähigkeit
   Das Bewertungsmodell muss bzgl. seiner Eingangsdaten leicht und ohne großen Aufwand aktualisierbar sein.

[65] Vgl. Little (1970), S. 466 ff; vgl. Schneck (2006), S. 44 f

5. Kommunikationsfähigkeit
   Diese Anforderung zielt auf die Akzeptanz der Bewertungsergebnisse ab, welche besonders dann gegeben ist, wenn die Bewertung leicht verständlich kommunizierbar ist. Zwischen Modellanwender und Modell soll ein schneller und problemloser Dialog stattfinden können.

Es existiert kein Bewertungsverfahren, welches in allen denkbaren Entscheidungssituationen uneingeschränkt anwendbar ist. Ein wichtiger Schritt bei der Bewertung ist daher die Auswahl des am besten an die konkrete Fragestellung angepassten bzw. anpassbaren Bewertungsverfahrens. Zur Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution wird auf die Bewertungsmethodik der Nutzwertanalyse zurückgegriffen, welche jedoch angepasst und um eine ebenfalls angepasste Kosten-Wirksamkeitsanalyse erweitert wird.

4.2 Zielsystem und Bewertungskriterien

Gemäß der Vorgehensweise der Nutzwertanalyse wird zunächst ein problemadäquates Zielsystem erstellt, welches die Bewertungskriterien logisch aggregiert. An die Bewertungskriterien werden dabei verschiedene Anforderungen gestellt, damit die Nutzwertanalyse sinnvoll durchgeführt werden kann.[66]

- Relevanz und Vollständigkeit der Kriterien
  Die Kriterien müssen für die Auswahl der Alternativen relevant sein. Alle relevanten Kriterien müssen berücksichtigt werden.
- Unabhängigkeit
  Die Kriterien dürfen sich in ihren Ausprägungen nicht gegenseitig beeinflussen.
- Diskriminanz
  Die Ausprägungen der Kriterien unterscheiden sich zwischen den Alternativen.
- Kompensatorik
  Die Kriterien lassen sich gegenseitig hinsichtlich ihrer Ausprägungen kompensieren (Ausnahme: K.O.-Kriterien).

Ein modell- und situationsgerechtes Bewertungssystem ist die Grundlage für die Ermittlung sinnvoller Nutzwertanalyseergebnisse. Das für den Ge-

[66] Vgl. Trommsdorff, Steinhoff (2007), S. 328; vgl. Zangemeister (1971), S. 75 ff

genstand dieser Arbeit entwickelte Zielsystem führt die Fragestellung nach der Bewertung des Einsatzes batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Konsumgütern auf messbare Bewertungskriterien zurück. Dazu wird das übergeordnete Ziel auf der ersten Zielebene formuliert, um dieses sukzessive über die nachfolgenden Zielebenen in Bewertungskriterien aufzulösen. Die Bewertungskriterien lassen sich im konkreten Untersuchungsgegenstand aus den Gestaltungsparametern der Distribution und den Parametern der Elektromobilität ableiten.

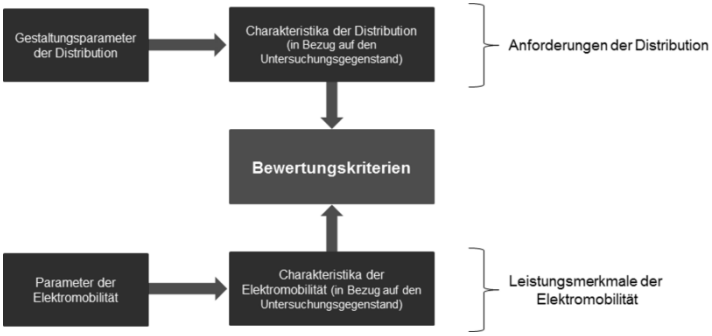


Abbildung 14: Vorgehensweise bei der Herleitung der Bewertungskriterien für den Untersuchungsgegenstand[67]

Zur Herleitung der Bewertungskriterien werden die Gestaltungsparameter der Distribution auf die für den Untersuchungsgegenstand der Arbeit relevanten Charakteristika der Distribution verdichtet. Diese bilden die Anforderungen der Distribution an die Elektromobilität ab. Zusätzlich werden die Parameter der Elektromobilität ebenfalls auf die für den Untersuchungsgegenstand der Arbeit relevanten Charakteristika der Elektromobilität begrenzt. Letztere bilden die Leistungsmerkmale der Elektromobilität ab und ergeben in ihrer Gegenüberstellung mit den Charakteristika der Distribution einen problemadäquaten Katalog an technisch-wirtschaftlichen Bewertungskriterien.

Bezüglich der Gestaltungsparameter der Distribution orientiert sich diese Arbeit an den von Dr. Timm Gudehus erarbeiteten Gestaltungsparametern, da diese in ihrer Granularität für den vorliegenden Untersuchungsgegen-

[67] Eigene Darstellung

stand besonders zielführend sind.[68] Bei den Gestaltungsparametern der Distribution handelt es sich nach Gudehus um:[69]

Gestaltungsparameter der Distribution
Strukturparameter ▪ Empfängerstruktur (Anzahl, Standorte) ▪ Lieferantenstruktur (Anzahl, Standorte) ▪ Zwischenstationen (Anzahl, Art, Standorte, Stufigkeit) ▪ Transportverbindungen (Verkehrsträger)
Leistungsparameter ▪ Sortimentsanforderungen (Menge, Beschaffenheit, Verpackungseinheit) ▪ Serviceanforderungen (Art, Struktur, Größe, Sendungsaufkommen) ▪ Sendungsanforderungen (Sendungsart, Beförderungszeit, Sendungsgröße, -struktur, Transportanforderungen) ▪ Durchsatzanforderungen (Volumen, Gewicht) ▪ Bestandsanforderungen (Bestandslose Transportketten, Bevorratungsketten)
Transportparameter ▪ Lieferfrequenz ▪ Touranforderungen (Tourstruktur, -länge, Standzeit in der Senke, Fahrzeuganforderungen) ▪ Transportkosten

Abbildung 15: Gestaltungsparameter der Distribution[70]

Vor dem Hintergrund der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution ist bzgl. der Strukturparameter der Distribution besonders die Empfängerstruktur von Bedeutung. Diese lässt sich sinnvoll in der Dichte der Empfänger ($\frac{\text{Anzahl der Empfänger}}{\text{km}^2}$) beschreiben. Die Punkte Lieferantenstruktur und Zwischenstationen lassen sich über die Tourlänge (in km) abbilden. Hinsichtlich der Transportverbindungen soll an dieser Stelle auf die getroffen Abgrenzung der Untersuchung (Kapitel 2.2 Abgrenzung) verwiesen werden, welche den Untersuchungsgegenstand der Arbeit auf den Straßengüterverkehr eingrenzt. Die vielfältigen Leistungsparameter der Distribution lassen sich vor dem Hintergrund der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution auf die relevanten Leistungsparameter Distributionsvolumen ($\frac{\text{t}}{\text{Fahrzeug}}$), Transportanforderungen (nominal skaliert; bspw. Temperaturführung, Sicherheitsanforderungen o. ä.) und Lieferzeit (h) reduzieren. Die Sortimentsanforderungen werden durch die Parameter Distributionsvolumen und Transportanforderungen abgebildet. Die von Gudehus beschriebenen Serviceanforderungen werden

[68] Neben Gudehus haben auch andere Autoren wie bspw. Peters, Wildemann, Arnold et.al. oder Vahrenkamp Gestaltungsparameter für die Distribution identifiziert. Diese stimmen inhaltlich mit den von Gudehus identifizierten Parametern überein, sind jedoch z. T. anders gruppiert und nicht derart detailliert strukturiert. Aus diesem Grund werden vor dem Hintergrund der Zielstellung dieser Arbeit die von Gudehus entwickelten und strukturierten Gestaltungsparameter verwendet.

[69] Vgl. Gudehus (2012 b), S. 293 ff

[70] Eigene Darstellung nach Gudehus (2012 b)

ebenfalls über das Distributionsvolumen und zusätzlich durch die Lieferzeit und die Lieferfrequenz (siehe unten) beschrieben. Ähnlich verhält es sich mit den Sendungs- und Durchsatzanforderungen der Distribution, welche sich ebenfalls sinnvoll über das Distributionsvolumen, Transportanforderungen und die Lieferzeit abbilden lassen. Vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstands der Arbeit werden die Bestandsanforderungen der Distribution nicht zur Erstellung des Bewertungskriterienkatalogs herangezogen. Die Transportparameter der Gestaltungsparameter der Distribution lassen sich über die Lieferfrequenz ($\frac{\text{Touren}}{\text{Tag}}$), die Fahrzeugart (nominal skaliert; bspw. (Klein-)Transporter, Sattelzug o. ä.) und die Tourlänge (km) abbilden. Speziell die Touranforderungen lassen sich über die drei genannten Charakteristika darstellen, ebenso lassen sich die Transportkosten zielführend über die Tourlänge und die eingesetzte Fahrzeugart beschreiben.

Insgesamt lassen sich, vor dem Hintergrund der beschriebenen Zielstellung dieser Arbeit, die aus der Literatur entnommenen Gestaltungsparameter der Distribution auf die folgenden Charakteristika der Distribution verdichten, um die Anforderungen der Distribution an die Elektromobilität zu beschreiben.

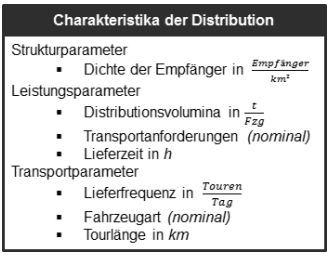


Abbildung 16: Charakteristika der Distribution vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstands dieser Arbeit[71]

Ein gleichartiges Vorgehen erfolgt hinsichtlich der Herleitung der vor dem Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit relevanten Charakteristika der Elektromobilität. Aufgrund der Vielzahl an Parametern, welche das System Elektromobilität technisch-wirtschaftlich beschreiben, soll an dieser Stelle eine Eingrenzung auf die für die Bewertung der Elektromobilität in der

[71] Eigene Darstellung

Distribution bestimmenden Parameter stattfinden.[72] Der Fokus liegt daher auf den für den Anwender von Elektromobilität wichtigen Kriterien, welche in der nachfolgenden Übersicht dargestellt sind.

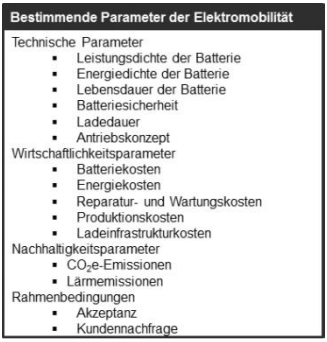


Abbildung 17: Bestimmende Parameter der Elektromobilität[73]

Die aufgeführten technischen Parameter determinieren die Leistungsfähigkeit der Elektromobilität, welche sich für den Untersuchungsgegenstand der Anwendbarkeit in der Distribution auf die Paramater Reichweite (km), Nutzlast (t) und Ladedauer (h) reduzieren lassen. Diese Charakteristika fassen alle technischen Parameter zusammen und beschreiben aus Anwendersicht die technische Leistungsfähigkeit der Elektromobilität. Die Vielzahl der Wirtschaftlichkeitsparameter lässt sich in den drei Parametern Anschaffungskosten ($\frac{€}{\text{Fahrzeug}}$), Betriebskosten ($\frac{€}{\text{Fahrzeug}}$) und Ladeinfrastrukturkosten ($\frac{€}{\text{Fahrzeug}}$) zusammenfassen. Diese wirtschaftlichen Charakteristika sind für den Anwender von Elektromobilität für seine Entscheidung hinsichtlich des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution relevant. Bei den Nachhaltigkeitsparametern steht im Rahmen dieser Arbeit die ökologische Nachhaltigkeit im Vordergrund, weshalb der Parameter CO_2e-Emissionen ($\frac{\text{t}}{\text{Fahrzeug}}$) für die Bemessung herangezogen wird. Für die Anwendung von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern sind darüber hinaus gewisse Rahmenbedingungen von großer Bedeutung. Diese lassen sich aus Sicht des potenziellen Anwenders parametrisiert als Akzeptanz der Kunden (%), Akzeptanz der Anwen-

[72] Eine Übersicht zahlreicher technischer und wirtschaftlicher Parameter der Elektromobilität und speziell von Energiespeichern findet sich in Hacker et al. (2015), S. 47 f, 56 f; Jossen, Weydanz (2006), S. 1–29; Retzbach (2008), S. 21 ff; Schulz (2015), S. 114

[73] Eigene Darstellung

der (%) und Marktdurchdringung (nominal skaliert) beschreiben. Die nachfolgende Abbildung fasst alle aufgeführten Charakteristika der Elektromobilität (vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstands) zusammen.

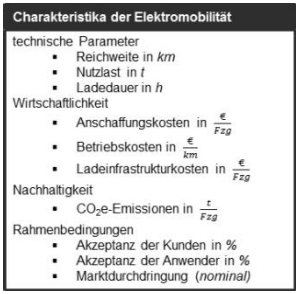


Abbildung 18: Charakteristika der Elektromobilität vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstands dieser Arbeit[74]

Aus der Gegenüberstellung der hergeleiteten Charakteristika der Distribution und der Elektromobilität lässt sich ein Katalog an Bewertungskriterien ableiten, welcher die zuvor beschriebenen Anforderungen an einen solchen Kriterienkatalog im Rahmen einer Nutzwertanalyse erfüllt: Einfachheit, Vollständigkeit und die KISS-Forderung (siehe Kapitel 2.4.2 und 4.1).

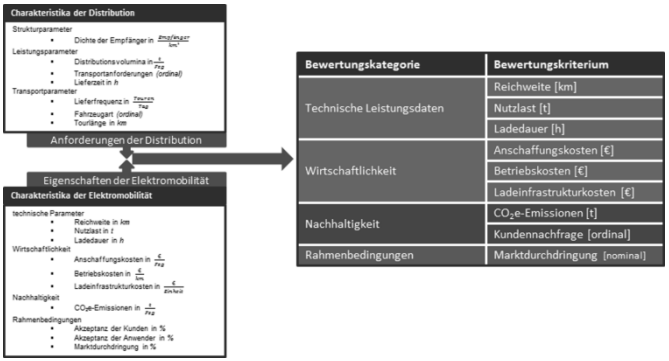


Abbildung 19: Herleitung der Bewertungskriterien aus den Charakteristika der Distribution und Elektromobilität[75]

Die technisch-wirtschaftlichen Kriterien stehen im dargestellten Kriterienkatalog im Vordergrund, dennoch müssen auch Nachhaltigkeitskriterien und Rahmenbedingungen bei der Bewertung des Einsatzes der Elektromo-

74 Eigene Darstellung
75 Eigene Darstellung

bilität in der Distribution berücksichtigt werden. Das Bewertungskriterium Marktdurchdringung dient als K.O.-Kriterium für die Bewertung, denn nur wenn batterieelektrische Fahrzeuge der den Anforderungen entsprechenden Fahrzeugklasse am Markt verfügbar sind, ist der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution eine realisierbare Alternative.
Die aus den Gestaltungsparametern der Distribution und den Parametern der Elektromobilität hergeleiteten Bewertungskriterien wurden im Rahmen dieser Arbeit durch zwei unabhängig voneinander durchgeführte Umfragen unter Logistikern und Wissenschaftlern bestätigt.

- Die erste Erhebung fand in Form einer Onlinebefragung im Zeitraum vom 28.05.2015 bis zum 03.06.2015 mit 24 in der Logistik tätigen Teilnehmern statt. Im Rahmen der Onlinebefragung wurde mittels personalisierter Zugänge sichergestellt, dass nur die angeschriebenen und somit für die Beantwortung der Umfrage qualifizierten Personen teilnahmen. Die Teilnehmer der Umfrage sollten bewerten, welchen Einfluss die ihnen präsentierten Faktoren auf die Anwendbarkeit der Elektromobilität in der Distribution von Konsumgütern haben. Die Bewertung des Einflusses durch die Umfrageteilnehmer erfolgte mittels einer fünfstufigen Likert-Skala (1 – sehr gering bis 5 – sehr hoch). Im Ergebnis zeigt sich, dass nach Meinung der befragten Experten genau die hergeleiteten Faktoren von besonderer Relevanz sind. Besonders die Kriterien Reichweite, Nutzlast sowie die Kosten, insbesondere Anschaffungs- und Betriebskosten von Elektrofahrzeugen, wurden mit einem hohen Einfluss auf die Anwendbarkeit von Elektromobilität in der Distribution bewertet.
- Die zweite Erhebung fand ebenfalls in Form einer Onlinebefragung statt, jedoch im Zeitraum vom 06.03.2016 bis zum 05.04.2016 und mit einem anderen Teilnehmerkreis. Befragt wurden 52 Teilnehmer aus in der Distribution von Lebensmitteln, Bekleidung und KEP-Sendungen tätigen Unternehmen. Ziel der Umfrage war es ebenfalls, die relevanten Einflussfaktoren (Treiber und Hemmnisse) für den Einsatz von Elektromobilität in der Distribution zu identifizieren. Das Ergebnis dieser Erhebung bestätigt ebenfalls den hergeleiteten Kriterienkatalog für die Bewertung. Auch hier wurden die technischen Kriterien der Reichweite, Nutzlast und Ladedauer sowie Kosten- und Nachhaltigkeitsaspekte als die einflussreichsten Parameter bewertet.

Das der Bewertung zugrundeliegende Bewertungssystem stellt sich somit wie folgt dar:

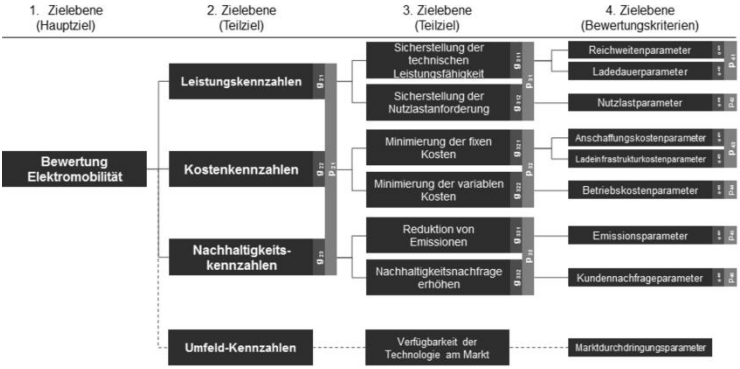


Abbildung 20: Bewertungssystem bzgl. des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution[76]

Das Hauptziel auf der ersten Ebene ist die Bewertung des Einsatzes batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Konsumgütern, welches auf der zweiten Zielebene in drei Teilziele unterteilt werden kann. Diese Teilziele bilden gleichzeitig die übergeordneten Ziele der Distributionslogistik. Es handelt es sich dabei um Leistungskennzahlen sowie Kosten- und Nachhaltigkeitskennzahlen.[77] Die Leistungskennzahlen umfassen

- Qualitätskennzahlen (Lieferqualität, Servicegrad)
- Flexibilitätskennzahlen (Leistungsbereitschaft ggü. Anforderungsänderungen, saisonalen Schwankungen u.ä.)
- Zeitkennzahlen (Termintreue, Lieferzeit)
- Robustheitskennzahlen (Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Bewältigung des Durchsatzes)

Bei den Kostenkennzahlen handelt es sich um ökonomische Kennzahlen, welche darauf abzielen, die Kosten der Distribution ohne Beeinträchtigung der Leistungs- und Nachhaltigkeitsziele zu minimieren. Maßnahmen zur Kostensenkung in der Distribution sind bspw. die Reduzierung von Umschlag und Transport, die Maximierung der Auslastung von Transportmitteln oder auch die Leistungssteigerung von Transportmitteln. Nachhaltigkeitskennzahlen umfassen sowohl die Dimensionen der sozialen als auch

[76] Eigene Darstellung

[77] Vgl. Pfohl (2010), S. 48 f, 53; vgl. Gudehus (2012 a), S. 73–78; vgl. Huynh (2013), S. 75–77; vgl. Zsifkovits (2013), S. 48–55

der ökologischen und ökonomischen Nachhaltigkeit. In der Praxis und in der Literatur steht unter dem Begriff Nachhaltigkeit jedoch zumeist die ökologische Nachhaltigkeit im Vordergrund. Diesem Ansatz soll im Rahmen dieser Arbeit und vor dem Hintergrund des Untersuchungsgegenstands gefolgt werden. Die Nachhaltigkeitskennzahlen fokussieren sich daher auf ökologische Ziele und umfassen Maßnahmen wie bspw. eine Erhöhung der Ressourceneffizienz, die Reduktion und Vermeidung von (Schadstoff-) Emissionen sowie die Vermeidung von Verkehr. Auf der zweiten Zielebene schließt das Bewertungsmodell auch eine Umfeld-Kennzahl mit ein, welche auf vorteilhafte Rahmenbedingungen für den Einsatz von Elektromobilität abzielt. Diese soll nur am Rande betrachtet werden, da sie durch einen Anwender des Bewertungsmodells nicht direkt beeinflusst werden kann. Dennoch ist es von Bedeutung, die Umfeld-Kennzahl ins Bewertungssystem zu integrieren, da die technisch-wirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen auch entsprechende Rahmenbedingungen berücksichtigen muss.

Auf der dritten Zielebene werden die Teilziele weiter spezifiziert. Die auf dieser Ebene formulierten Teilziele tragen zur Erreichung der auf der zweiten Zielebene formulierten Teilziele bei. Die Leistungskennzahlen unterteilen sich auf der dritten Zielebene in die Teilziele der Sicherstellung der technischen Leistungsfähigkeit und die Sicherstellung der Nutzlastanforderungen der Elektromobilität. Diese Unterteilung ist sinnvoll und logisch begründet, da die technische Leistungsfähigkeit der Elektromobilität maßgeblich von der Leistungsfähigkeit der verwendeten Batteriesysteme abhängt. Der Nutzwert dieser Teilziele ergibt sich aus den Zielerfüllungsgraden der Bewertungskriterien auf der vierten Zielebene. Aus dem Teilziel der Sicherstellung der technischen Leistungsfähigkeit leiten sich auf der vierten Zielebene die Bewertungskriterien Reichweite und Ladedauer ab. Das Teilziel Sicherstellung der Nutzlastanforderungen hängt in Teilen ebenfalls von der Leistungsfähigkeit des Batteriesystems ab, jedoch auch von rechtlichen Vorgaben für bestimmte Fahrzeugklassen. Auf der vierten Zielebene leitet sich aus diesem Teilziel das Bewertungskriterium Nutzlast ab. Die sich auf der zweiten Zielebene befindlichen Kostenkennzahlen unterteilen sich auf der dritten Zielebene in die Ziele Minimierung der fixen und variablen Kosten. Diese Unterteilung folgt der logischen Unterteilung von Kostenpositionen in über eine bestimmte Zeitperiode konstante fixe Kosten (welche unabhängig von der Ausbringungsmenge sind) und in Kosten, welche von der Ausbringungsmenge abhängen (variable Kosten). Auf

der vierten Zielebene leiten sich aus dem Teilziel Minimierung der fixen Kosten die Bewertungskriterien Anschaffungskosten und Ladeinfrastrukturkosten ab. Aus dem Teilziel Minimierung der variablen Kosten geht das Bewertungskriterium Betriebskosten hervor. Die Nachhaltigkeitskennzahlen (zweite Zielebene) unterteilen sich – gemäß der Fokussierung auf ökologische Nachhaltigkeit – in die auf der dritten Zielebene befindlichen Teilziele Reduktion von Emissionen und Erhöhung der Nachhaltigkeitsnachfrage. Die Nachhaltigkeitsnachfrage wird dabei auf der vierten Zielebene über das Bewertungskriterium Kundennachfrage (nach nachhaltiger Distribution) quantifiziert, während sich aus dem Teilziel der Reduktion von Emissionen das Bewertungskriterium des Emissionsausstoßes ableitet.

Nachfolgend sollen nun ebenfalls die Bewertungskriterien (4. Zielebene) einzeln kurz erläutert werden. Das Bewertungskriterium Reichweite hängt von der verfügbaren Batteriekapazität und dem Energieverbrauch des batterieelektrischen Fahrzeugs ab und bezieht sich auf die Distanz (in km), welche ein batterieelektrischen Fahrzeug (ohne Zwischenladung) zurücklegen kann. Das Bewertungskriterium Ladedauer bezieht sich auf die Zeit (in h), welche für einen Vollladevorgang benötigt wird. Diese hängt von der verwendeten Lade- und Batterietechnologie, sowie von der verfügbaren Batteriekapazität ab. Ein weiteres Bewertungskriterium auf der 4. Zielebene ist die Nutzlast des batterieelektrischen Fahrzeugs (in t). Diese ist sowohl von der Batterieleistung als auch von gesetzlichen Vorgaben und der verwendeten Fahrzeugklasse abhängig. Die Anschaffungskosten (in €/Fzg) sind ein weiteres Kriterium auf der 4. Zielebene. Sie entsprechen dem Markt- bzw. Anschaffungspreis des batterieelektrischen Nutzfahrzeugs abzüglich des Restwerts nach der Nutzungsdauer. Ähnlich verhält es sich mit den Ladeinfrastrukturkosten (in €/Fzg), welche dem Anschaffungspreis für einen Ladepunkt entsprechen. Die Betriebskosten (in €/Fzg) hingegen setzen sich aus den verbrauchsabhängigen Kosten, den Wartungs- und Reparaturkosten sowie aus den fälligen KFZ-Steuern zusammen und werden im Rahmen der in dieser Arbeit durchgeführten Bewertungen über die gesamte Nutzungsdauer des Fahrzeugs erfasst. Das Bewertungskriterium CO_2e-Emissionen (in t) hängt von den verbrauchsabhängigen Emissionen (pro km), der Nutzungsdauer des Fahrzeugs und der Fahrleistung ab. Da besonders Verbrenner-Fahrzeuge neben Treibhausgasemissionen auch Rußpartikel ausstoßen, gibt dieser Parameter die emittierten CO_2-Äquivalente (CO_2e) pro km an. Die offiziellen Emissionsangaben der Hersteller beziehen sich auf die Emissionen, welche beim Betrieb des Fahr-

zeugs durch die Verbrennung des mitgeführten Kraftstoffes entstehen (Tank-to-Wheel-Emissionen). Zum Verglich der Emissionen (CO_2e) von Verbrenner-Fahrzeugen und BEV sollen im Rahmen dieser Arbeit jedoch die Well-to-Wheel-Emissionen verwendet werden, welche auch die bei der Förderung, Verarbeitung und Bereitstellung des Kraftstoffs oder Stroms verursachten Emissionen einbeziehen. Gemäß der Literatur wird dabei bei Elektrofahrzeugen auf die Emissionen des Strommixes in Deutschland zurückgegriffen, während bei Dieselfahrzeugen die Emissionsangaben der Hersteller um 25 % erhöht werden, um die CO_2e Well-to-Wheel-Emissionen abzubilden.[78] Das Bewertungskriterium der Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution wurde im Rahmen dieser Arbeit über eine qualifizierte Expertenbewertung quantifiziert (Ordinalskala). Die Messung der Kundennachfrage ist nicht trivial und lässt sich bspw. über die Quantifizierung der Mehrpreisbereitschaft der Kunden für eine nachhaltige Distribution erreichen. Im Rahmen der Experteninterviews für diese Arbeit stellte sich heraus, dass die einzelnen Unternehmen die Kundennachfrage (nach nachhaltiger Distribution) auf unterschiedliche Art erheben. Um eine einheitliche Erhebungsmethodik für die Messung der Zielerträge dieses Bewertungskriteriums zu gewährleisten wurde dieses Kriterium daher auf Basis von Experteneinschätzungen aufgenommen.

Das in Abbildung 20 dargestellte Bewertungssystem stellt das dieser Arbeit zugrundeliegende Bewertungsschema zur Beurteilung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution dar. Auf die in der Abbildung dargestellten Gewichtungs- und Kompensationsfaktoren (g und p) wird nachfolgend in den Kapiteln 4.3 und 4.5 eingegangen. Das entwickelte, problemadäquate Bewertungssystem weist die charakteristischen Merkmale

- der Vollständigkeit
  (Alle für die Beurteilung des Einsatzes batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Konsumgütern relevanten Kriterien sind berücksichtigt.)
- des logischen Aufbaus
  (Das hierarchische Bewertungssystem stellt übersichtlich die Visualisierung des Bewertungsvorgangs dar.)
- der Nachvollziehbarkeit
  (Das Bewertungssystem ist für den Anwender nachvollziehbar aufgebaut und erfüllt somit die Anforderung der Einfachheit.)

[78] Vgl. Wellbrock et al. (2011), S. 16 f

auf und liegt der Bewertung im weiteren Verlauf der Arbeit zugrunde.

4.3 Gewichtungen

Die Gewichtungen spiegeln den relativen Wert, welcher einem (Teil-) Ziel von einem Entscheidungsträger beigemessen wird, wieder. Innerhalb einer funktionalen Gruppe sollen die Gewichtungen in diesem Bewertungsmodell immer eins ergeben (vgl. Kapitel 2.4.2). Für die in Abbildung 20 dargestellten Gewichtungen (g) bedeutet dies:

- 2. Zielebene
  $1 = g_{21} + g_{22} + g_{23}$
- 3. Zielebene
  $1 = g_{311} + g_{312}$
  $1 = g_{321} + g_{322}$
  $1 = g_{331} + g_{332}$
- 4. Zielebene
  $1 = g_{411} + g_{412}$
  $1 = g_{413}$
  $1 = g_{421} + g_{422}$
  $1 = g_{423}$
  $1 = g_{431}$
  $1 = g_{432}$

Die Gewichtung der Teilziele auf der zweiten Zielebene erfolgt im Rahmen dieser Arbeit anwendungsfallabhängig. Im Rahmen der für diese Arbeit geführten Experteninterviews wurden die Gewichtungen g_{21}, g_{22} und g_{23} erfragt und mittels der Methode des Analytischen Hierarchieprozesses (AHP) quantifiziert. Der Analytische Hierarchieprozess basiert auf paarweisen Vergleichen, um die Wichtigkeit eines Kriteriums im Verhältnis zu den anderen Kriterien zu ermitteln. Er basiert im Wesentlichen auf einer Kette von Matrizen-Multiplikationen, da mathematisch nachgewiesen werden konnte, dass der Eigenvektor den besten Zugang zur Ableitung von Prioritäten darstellt.[79] Der zentrale Schritt im AHP ist der paarweise Vergleich. Zur Bewertung der Rangfolge wird eine Skala von 1 bis 9 herangezogen, wobei jeweils zwei Kriterien gegenübergestellt und mit einer relativen Punktzahl

[79] Hier und im Folgenden vgl. Saaty (1977); vgl. Saaty (1990)

bewertet werden.[80] Durch die paarweisen Vergleiche legt der Anwender seine (subjektiven) Bewertungen offen.

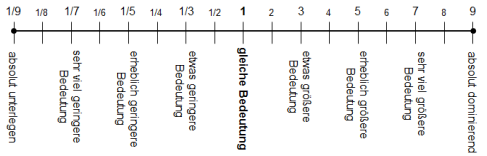


Abbildung 21: AHP-Skala (die Zwischenwerte 2, 4, 6, 8 und die entsprechenden reziproken Werte dienen der Feinabstimmung)[81]

Die Paarvergleichsergebnisse werden als Matrizen dargestellt und anschließend spaltenweise normalisiert. Auf diese Weise kann eine präzise Gewichtung aller Kriterien ermittelt und als prozentuale Rangfolge ausgedrückt werden. Über den Konsistenzfaktor kann bei diesem Vorgehen gleichzeitig die Logik (und somit die Qualität) der Bewertungen überprüft werden. Je niedriger der Faktor ist, desto widerspruchsfreier sind die Bewertungen.

Die Vorteile des AHP sind, dass sich die paarweisen Vergleiche leicht durchführen lassen und dass diese Methode mathematisch berechnete Ergebnisse liefert und auch eine Beurteilung der Qualität des Ergebnisses möglich ist. Dem gegenüber stehen die Schwächen dieser Methode. Der paarweise Vergleich benötigt verhältnismäßig viel Zeit. Außerdem benötigt diese Methode ein gewisses Maß an Rechenleistung, da die Matrizen-Multiplikation EDV-gestützt stattfindet. Darüber hinaus kann das präzise berechnete Ergebnis darüber hinweg täuschen, dass die Ausgangsdaten der Berechnungen auf subjektiven Einschätzungen durch Experten beruhen.[82]

Die Festlegung der Gewichtungen auf der dritten Zielebene erfolgt für g_{311} (Sicherstellung der technischen Leistungsfähigkeit) und g_{312} (Sicherstellung der Nutzlastanforderungen) ebenfalls anwendungsfallabhängig auf Basis der Aussagen der befragten Experten. Für die übrigen Gewichtungen g_{312}, g_{322}, g_{331}, g_{332} erfolgt die Festlegung des Gewichtungsfaktors über die

[80] Vgl. Brinkmeyer, Müller (1994)

[81] Eigene Darstellung

[82] Eine weitere Schwäche des AHP ist das „Rank-Reversal“, auf welches an dieser Stelle jedoch nicht gesondert eingegangen werden soll. Der Nachteil liegt darin, dass wenn der AHP nach einer Berechnung um eine weitere Alternative erweitert wird, sich die Ergebnisreihenfolge umkehren kann. Diese Veränderung der Reihenfolge ist häufig nicht logisch über die Kriterien begründbar.

Grundeinstellungen des Bewertungsmodells mit 0,5. Dieser Grundeinstellung geht die Annahme voraus, dass bei den befragten Unternehmen die Ziele der Minimierung der fixen bzw. variablen Kosten gleich priorisiert sind. Dies wurde in mehreren Experteninterviews so bestätigt. Die Gewichtung der Ziele ‚Reduktion von Emissionen' und ‚Nachhaltigkeitsnachfrage erhöhen' erfolgt ebenfalls über die Grundeinstellung des Bewertungsmodells und ist somit in allen Bewertungen gleich, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt werden. Der Gewichtungsfaktor soll hier je genanntem Teilziel ebenfalls 0,5 betragen. Diese Annahme erscheint sinnvoll, da keiner der befragten Gesprächspartner zu der Gewichtung dieser Teilziele eine Aussage treffen konnte.

Bei der Festlegung der Gewichtungen auf der vierten Zielebene sind die Gewichtungen g_{411} und g_{412} sowie g_{421} und g_{422} von besonderer Bedeutung. Die übrigen Gewichtungen auf der vierten Zielebene betragen 1, da die funktionelle Gruppe aus nur einem Bewertungskriterium besteht. Die Gewichtungsfaktoren für die Bewertungskriterien Reichweite (g_{411}) und Ladedauer (g_{412}) werden ebenfalls über die Grundeinstellungen des Bewertungsmodells festgelegt und betragen 0,7 (g_{411}) und 0,3 (g_{412}). Die Annahme dieses Verhältnisses erfolgt auf Basis der Auswertung aller geführten Interviews und vor dem Hintergrund der Erfahrungen aus dem dreijährigen Forschungsprojekt „Smart e-User", welches sich ebenfalls mit der elektromobilen Distribution beschäftigte.[83] Das Reichweitenkriterium ist dem Ladedauerkriterium in seiner Bedeutung im Verhältnis 7 zu 3 überlegen. Die gleiche Annahme soll für die Gewichtung der Faktoren g_{421} und g_{422} gelten. Die Erfahrungen des Projekts „Smart e-User" und die Auswertung aller geführten Interviews ist auch hier die Ausgangsbasis für die Annahme, dass die Anschaffungskosten des Fahrzeugs den Ladeinfrastrukturkosten in ihrer Bedeutung im Verhältnis 7 zu 3 überlegen sind.

Gewichtungsfaktor	Ausprägung	Herkunft
g_{21}	x	anwendungsfallabhängig
g_{22}	x	anwendungsfallabhängig
g_{23}	x	anwendungsfallabhängig
g_{311}	x	anwendungsfallabhängig
g_{312}	x	anwendungsfallabhängig
g_{321}	0,5	Grundeinstellung (Annahme)

[83] Vgl. Smart e-User (2016)

g_{322}	0,5	Grundeinstellung (Annahme)
g_{331}	0,5	Grundeinstellung (Annahme)
g_{332}	0,5	Grundeinstellung (Annahme)
g_{411}	0,7	Grundeinstellung (Annahme)
g_{412}	0,3	Grundeinstellung (Annahme)
g_{413}	1	Einziger Faktor in funktioneller Gruppe
g_{421}	0,7	Grundeinstellung (Annahme)
g_{422}	0,3	Grundeinstellung (Annahme)
g_{423}	1	Einziger Faktor in funktioneller Gruppe
g_{431}	1	Einziger Faktor in funktioneller Gruppe
g_{432}	1	Einziger Faktor in funktioneller Gruppe

Tabelle 1: Übersicht Gewichtungsfaktoren[84]

Zusammenfassend lässt sich die Festlegung der Gewichtungsfaktoren wie folgt in Tabelle 1 dargestellt festhalten. Für die Teilziele Umfeld-Ziel (2. Zielebene), Verfügbarkeit der Technologie am Markt (3. Zielebene) und das Bewertungskriterium Marktdurchdringung (4. Zielebene) werden keine Gewichtungen hinterlegt, da die Marktdurchdringung als K.O.-Kriterium fungiert.

4.4 Zielfunktionen

Die diesem Bewertungsmodell zugrundeliegenden Zielfunktionen, welche die Transformation dimensionsbehafteter Zielerträge der Bewertungskriterien in dimensionslose Zielwerte ermöglichen, können wie nachfolgend dargestellt beschrieben werden. Gemäß den Ausführungen in Kapitel 2.4.2 werden den Zielfunktionen lineare Verläufe unterstellt. Bei den nachfolgend entwickelten Zielfunktionen handelt es sich daher um lineare Intervallfunktionen. Darüber hinaus wurden die Zielfunktionen so entwickelt, dass die Diesel-Technologie als Referenztechnologie für die Bewertung der Elektromobilität fungiert. Für die Skalierung wird im Rahmen dieser Arbeit eine zehnstufige Kardinalskala verwendet. Ein Zielerreichungsgrad von 100 % entspricht auf dieser Skala einer Bewertung von 10. Analog zu diesem Vorgehen entspricht bspw. ein Zielerreichungsgrad von 65 % einem Wert von 6,5 auf der Kardinalskala. Die bei der Bewertung als Referenz-

[84] Eigene Darstellung

technologie fungierende Diesel-Technologie wird mit der Stufe 7 bewertet. Auf diese Weise lassen sich bessere oder schlechtere Werte für batterie-elektrische Nutzfahrzeuge auf dieser Werteskala abtragen.

Werteskala										
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
absolut unbrauchbare Lösung	sehr mangelhafte Lösung	schwache Lösung	tragbare Lösung	ausreichende Lösung	befriedigende Lösung	gut Lösung mit geringen Mängeln	gute Lösung **(= Zielwert)**	sehr gute Lösung	über die Zielvorstellungen hinausgehende Lösung	Ideallösung

Abbildung 22: Verwendete Werteskala[85]

Nach der Vorstellung der Werteskala soll nun nachfolgend auf die einzelnen Zielfunktionen eingegangen werden. Die dem Leistungsziel auf der vierten Zielebene zugeordneten Bewertungskriterien verwenden dabei die Anforderungen des zu bewertenden Anforderungsfalls als Referenz bei der Bewertung, während die dem Kostenziel zugeordneten Bewertungskriterien die jeweiligen Kosten eines vergleichbaren konventionell angetriebenen Dieselfahrzeugs als Referenz bei der Bewertung verwenden. Dieses Vorgehen ist vor dem Hintergrund des unternehmerischen Ziels der Kostenminimierung sinnvoll, denn die Festlegung von Ziel-Kosten als Grundlage für die Bewertung ist nur schwer, bestenfalls unternehmensindividuell, möglich. Die Bewertungskriterien, welche dem Nachhaltigkeitsziel zugeordnet sind, verwenden sowohl das vergleichbare Dieselfahrzeug als auch regulatorische Vorgaben als Referenz für die Bewertung.

Reichweitenkriterium

$$f(x) = \begin{cases} f(x) = 0 & (x \in \mathbb{R} \mid 0 \le x \le \frac{Fall_{min}}{2}) \\ f(x) = \frac{7}{Fall_{min}/_2} \cdot x - 7 & (x \in \mathbb{R} \mid \frac{Fall_{min}}{2} < x \le Fall_{min}) \\ f(x) = \frac{3}{Fall_{max} - Fall_{min}} \cdot x + (10 - \frac{3 \cdot Fall_{max}}{Fall_{max} - Fall_{min}}) & (x \in \mathbb{R} \mid Fall_{min} < x < Fall_{max}) \\ f(x) = 10 & (x \in \mathbb{R} \mid x \ge Fall_{max}) \end{cases}$$

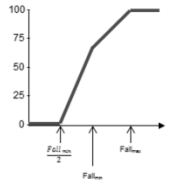


Abbildung 23: Zielfunktion des Reichweiten-Kriteriums[86]

85 Eigene Darstellung
86 Eigene Darstellung

In den im Rahmen dieser Arbeit geführten Experteninterviews wurde hinsichtlich der erfragten Tourlängen in allen Fällen eine Spannweite angegeben. Dies ist nachvollziehbar, da in der Praxis jede Tour unterschiedlich lang ist und die Angabe der durchschnittlichen Tourlänge oder des Median für den vorliegenden Untersuchungsgegenstand weniger zielführend wäre. Daher wurde das untere Ende der angegebenen Spannweite als Zielerreichungsgrad 70 % auf der Ordinate abgetragen (= 7 auf der Werteskala (Referenzwert)), da es der minimalen Reichweiteanforderung des Anwendungsfalls entspricht. Auf der Abszisse ist dieser Punkt als Fall $_{min}$ abgetragen (siehe Abbildung 23). Fall $_{max}$ (auf der Abszisse) gibt das obere Ende der in den Interviews erfragten Spannweite der Tourlängen an, auf der Ordinate ist diesem Punkt ein Zielerreichungsgrad von 100 % zugeordnet (= 10 auf der Werteskala). Für den Fall, dass ein elektromobiles Fahrzeug höhere Reichweiten als die als Fall $_{max}$ abgetragene Tourlänge realisieren kann, bleibt der Zielerreichungsgrad dennoch bei 100 % konstant. Die für den Fall $x \geq$ Fall $_{max}$ hinterlegte Funktion ist wertkonstant. Als unterer Ausschlusswert wurde die Hälfte des unteren Endes der in den Interviews angegebenen Tourlängen-Spannweite festgelegt (Fall $_{min}$/2). Die Festlegung der unteren bzw. oberen Ausschlusswerte als oberes bzw. unteres Optimum im Faktor 2 (multipliziert oder dividiert) wird in allen Zielfunktionen als Annahme getroffen. Dem auf der Abszisse abgetragenen Punkt Fall $_{min}$/2 ist auf der Ordinate somit ein Zielerreichungsgrad von 0 % zugeordnet. Diese Annahme und der lineare Verlauf der Zielfunktion zwischen Fall $_{min}$/2 und Fall $_{min}$ sind sinnvoll, da elektromobile Fahrzeuge trotz einer Reichweite < Fall $_{min}$ für das Unternehmen durchaus (mitunter in Einzelfällen) nutzbringend eingesetzt werden können.[87] Wird die Tourlänge bzw. Reichweite Fall $_{min}$ jedoch mit dem Faktor 2 unterschritten, bleibt der Zielerreichungsgrad bei 0 % (wertekonstant).

Werte Abszisse	Werte Ordinate	Herkunft
Fall $_{min}$/2	100 %	Obere Ende der angegeben Spannweite der Tourlänge.
Fall $_{min}$	70 %	Untere Ende der angegeben Spannweite der Tourlänge. Referenzwert.

[87] Dies wurde sowohl in den Experteninterviews als auch auf Basis der „Smart e-User“ Erfahrungen bestätigt.

Fall $_{max}$	0 %	Annahme: Die Hälfte des unteren Endes der angegebenen Spannweite der Tourlänge entspricht einem Zielerreichungsgrad von 0 %

Tabelle 2: Übersicht zu den Werten der Reichweiten-Zielfunktion[88]

Insgesamt besteht die Reichweiten-Zielfunktion daher aus vier Intervallen, deren lineare Funktionen in Abbildung 23 als Funktionsterme abgebildet sind.

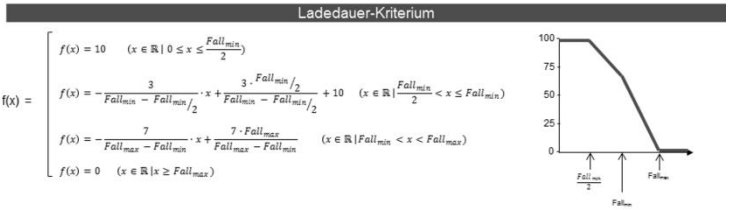


Abbildung 24: Zielfunktion des Ladedauer-Kriteriums[89]

Die Herleitung und Begründung der Zielfunktion für das Ladedauer-Kriterium gestaltet sich ähnlich. Auch hier wurden im Rahmen der Expertenbefragung die Eingangsdaten erhoben. Zum einen gaben die befragten Interviewpartner die durchschnittliche Standzeit (eines Fahrzeugs) in der Senke (Fall $_{min}$) an, zum andern wurde die Anzahl der Touren pro Fahrzeug und Tag erfragt und daraus die Standzeit zwischen den Touren ermittelt (Fall $_{max}$). Für letzteren Zusammenhang wurde – basierend auf den Smart e-User Erfahrungen und den gesetzlichen Arbeitszeitvorgaben – für die Durchführung einer Tour eine Dauer von acht Stunden angenommen (inkl. Vor- und Nachbereitung). Beträgt die Ladedauer eines elektromobilen Fahrzeugs weniger oder gleich der Hälfte der durchschnittlichen Standzeit in der Senke, beträgt der Zielerreichungsgrad 100 % (wertekonstant). Eine Ladedauer, die gleich der Standzeit in der Senke ist, wird mit einem Zielerreichungsgrad von 70 % bewertet (Referenzwert). Fall $_{max}$ (Standzeit zwischen den Touren) bildet den unteren Ausschlusswert, einer Dauer von Fall $_{max}$ oder länger wird daher ein Zielerreichungsgrad von 0 % zugeordnet (wertekonstant). Ladedauern von Fall $_{min}$/2 < x ≤ Fall $_{min}$ sind gemäß der entwickelten Zielfunktion somit Zielerreichungsgrade von größer 70 % und

88 Eigene Darstellung
89 Eigene Darstellung

Ladedauern von Fall $_{min}$ < x < Fall $_{max}$ Zielerreichungsgrade von kleiner 70 % zugeordnet.

Werte Abszisse	Werte Ordinate	Herkunft
Fall $_{max}$	0 %	Standzeit zwischen zwei Touren.
Fall $_{min}$	70 %	Durchschnittliche Standzeit in der Senke. Referenzwert.
Fall $_{min}$/2	100 %	Annahme: Die Hälfte der durchschnittlichen Standzeit in der Senke entspricht einem Zielerreichungsgrad von 100 %
weitere Annahmen		
Die Dauer einer Tour-Durchführung beträgt 8 Stunden.		

Tabelle 3: Übersicht zu den Werten der Ladedauer-Zielfunktion[90]

Insgesamt besteht somit auch die Ladedauer-Zielfunktion aus vier Intervallen, deren lineare Funktionen in Abbildung 24 als Funktionsterme abgebildet sind.

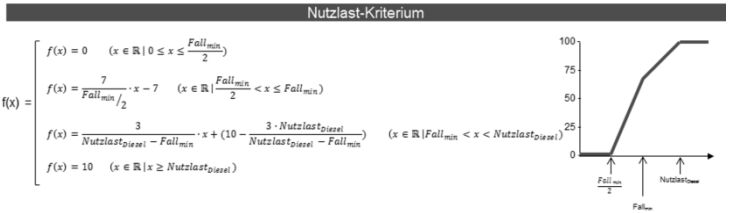


Abbildung 25: Zielfunktion des Nutzlast-Kriteriums[91]

Für die Entwicklung der Zielfunktion des Nutzlast-Kriteriums wird auf die anwendungsfallabhängigen durchschnittliche Nutzlastanforderungen (Fall $_{min}$) sowie auf die Nutzlast der als Referenz verwendeten konventionell betriebenen (Diesel-) Fahrzeuge (Nutzlast $_{Diesel}$) zurückgegriffen. Die Nutzlastanforderung des Anwendungsfalls wird als Fall $_{min}$ auf der Abszisse abgetragen, diesem Wert wird auf der Ordinate ein Zielerreichungsgrad von 70 % zugeordnet. Die Nutzlast des zur Bewertung als Referenz verwendeten vergleichbaren Diesel-Fahrzeugs wird auf der Abszisse als Nutzlast $_{Diesel}$ abgetragen. Diesem Wert wird auf der Ordinate ein Zielerreichungs-

[90] Eigene Darstellung
[91] Eigene Darstellung

grad von 100 % zugeordnet. Für den Fall, dass die Nutzlast der Alternative Elektromobilität höher als die des vergleichbaren Dieselfahrzeugs ist, wird ein Zielerreichungsgrad von 100 % erreicht (Wertekonstanz). Die Hälfte der Nutzlast, die der Anwendungsfall als Anforderung stellt (Fall $_{min}$/2), wird als unterer Ausschlusswert festgelegt (Annahme). Dies scheint sinnvoll, da die Fahrzeuge der bewerteten Alternative Elektromobilität situationsabhängig (nach Aussagen der im Interview befragten Experten) auch mit einer geringeren Nutzlast nutzbringend eingesetzt werden können. Eine Nutzlast ≤ Fall $_{min}$/2 wird demnach ein Zielerreichungsgrad von 0 % zugeordnet. Dieser Festlegung folgend wird einer Nutzlast im Bereich Fall $_{min}$/2 < x ≤ Fall $_{min}$ ein Zielerreichungsgrad kleiner 70 % zugeordnet, während einer Nutzlast im Bereich Fall $_{min}$ < x ≤ Nutzlast $_{Diesel}$ ein Zielerreichungsgrad größer 70 % zugeordnet wird.

Werte Abszisse	Werte Ordinate	Herkunft
Fall $_{min}$/2	0 %	Annahme: Die Hälfte der durchschnittlichen Nutzlastanforderung des Anwendungsfalls entspricht einem Zielerreichungsgrad von 0 %.
Fall $_{min}$	70 %	Durchschnittliche Nutzlastanforderung des Anwendungsfalls. Referenzwert.
Nutzlast $_{Diesel}$	100 %	Nutzlast des vergleichbaren konventionell (diesel-) betriebenen Fahrzeugs.

Tabelle 4: Übersicht zu den Werten der Nutzlast-Zielfunktion[92]

Insgesamt besteht die Nutzlast-Zielfunktion somit aus vier Intervallen deren lineare Funktionen in Abbildung 25 als Funktionsterme abgebildet sind.

[92] Eigene Darstellung

Anschaffungskosten-Kriterium

$$f(x) = \begin{cases} f(x) = -\frac{3}{AK_{Diesel}} \cdot x + 10 & (x \in \mathbb{R} \mid 0 \le x \le AK_{Diesel}) \\ f(x) = -\frac{7}{0{,}5 \cdot AK_{Diesel}} \cdot x + 21 & (x \in \mathbb{R} \mid AK_{Diesel} < x < 1{,}5 \cdot AK_{Diesel}) \\ f(x) = 0 & (x \in \mathbb{R} \mid x \ge 1{,}5 \cdot AK_{Diesel}) \end{cases}$$

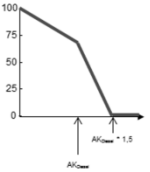


Abbildung 26: Zielfunktion des Anschaffungskosten-Kriteriums[93]

Die für das Anschaffungskosten-Kriterium entwickelte Zielfunktion verwendet die Anschaffungskosten eines vergleichbaren konventionell mit Diesel betriebenen Fahrzeugs (AK_{Diesel}) als Referenzwert. AK_{Diesel} wird demzufolge auf der Ordinate ein Zielerreichungsgrad von 70 % zugewiesen. Für den Fall, dass die Anschaffungskosten der Alternative Elektromobilität geringer ausfallen als AK_{Diesel}, wird ihnen ein Zielerreichungsgrad von größer 70 % zugewiesen. Für diese Zielfunktion wurde kein oberes Optimum festgelegt, da dieses nicht sinnhaft über eine Annahme begründet werden kann. Stattdessen gilt: Je geringer die Anschaffungskosten, desto höher der Zielerreichungsgrad. Dies führt dazu, dass ein Zielerreichungsgrad von 100 % (Ideallösung) erst bei Anschaffungskosten von 0 Euro erreicht wird. Als unterer Ausschlusswert wurden die Anschaffungskosten der Diesel-Alternative mit dem Faktor 1,5 definiert. Diese Vorgehensweise weicht von der bisherigen Festlegung unterer bzw. oberer der Ausschlusswerte ab, da die Annahme, dass erst die doppelten Anschaffungskosten einem Zielerreichungsgrad von 0 % entsprechen, aufgrund des Kostendrucks in der Distribution nicht sinnhaft erscheint. Anschaffungskosten ≥ AK_{Diesel} * 1,5 sind somit Zielerreichungsgrade von 0 % zugeordnet.

Werte Abszisse	Werte Ordinate	Herkunft
AK_{Diesel}	70 %	Anschaffungskosten des vergleichbaren konventionell (diesel-) betriebenen Fahrzeugs.
AK_{Diesel} * 1,5	0 %	Annahme: Die Anschaffungskosten des vergleichbaren konventionell angetriebenen Dieselfahrzeugs multipliziert mit dem Faktor 1,5 entsprechen einem Zielerreichungsgrad von 0 %.

[93] Eigene Darstellung

weitere benötigte Informationen
Nutzungsdauer des Fahrzeugs [a]
Anschaffungspreis des Fahrzeugs [€/Fzg]
Restwert des Fahrzeugs nach der Nutzungsdauer [€/Fzg]

Tabelle 5: Übersicht zu den Werten der Anschaffungskosten-Zielfunktion[94]

Die Anschaffungskosten-Zielfunktion besteht aus drei Intervallen, deren lineare Funktionen in Abbildung 26 als Funktionsterme abgebildet sind. Zur Berechnung der Anschaffungskosten wird der Restwert des Fahrzeugs nach der Nutzungsdauer vom Anschaffungspreis des Fahrzeugs subtrahiert. Daher werden zusätzliche Informationen zum Restwert des Fahrzeugs nach der Nutzungsdauer benötigt.

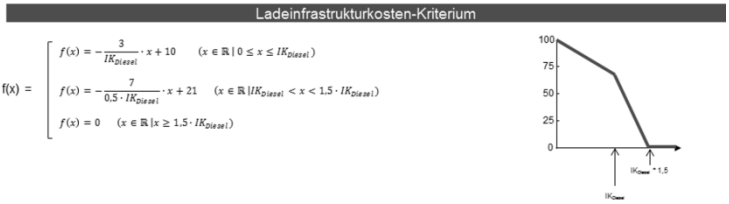


Abbildung 27: Zielfunktion des Ladeinfrastrukturkosten-Kriteriums[95]

Die für das Ladeinfrastrukturkostenkriterium entwickelte Zielfunktion verwendet die Infrastrukturkosten von konventionellen dieselbetriebenen Fahrzeugen (IK_{Diesel}) als Referenzwert. IK_{Diesel} wird daher analog zur Vorgehensweise bei der Entwicklung der Zielfunktion auf der Ordinate ein Zielerreichungsgrad von 70 % zugeordnet. Für den Fall, dass die Ladeinfrastrukturkosten von batterieelektrischen Fahrzeugen geringer als IK_{Diesel} sind, wird ihnen ein Zielerreichungsgrad ≥ 70 % zugeordnet. Auch hier gilt: Je geringer die Infrastrukturkosten einer Alternative sind, desto höher fällt der Zielerreichungsgrad aus. Ein Zielerreichungsgrad von 100 % (Ideallösung) wird bei Infrastrukturkosten von 0 € erreicht. Als unterer Ausschlusswert wurde – analog zur Annahme bei den Anschaffungskosten – $IK_{Diesel} * 1{,}5$ festgelegt. Infrastrukturkosten ≥ $IK_{Diesel} * 1{,}5$ sind somit Zielerreichungsgrade von 0 % zugeordnet. Für den Fall, dass die Ladeinfrastrukturkosten der Elektromobilität zwischen IK_{Diesel} und $IK_{Diesel} * 1{,}5$ liegen, lassen sich Zielerreichungsgrade kleiner 70 % abtragen.

94 Eigene Darstellung
95 Eigene Darstellung

Werte Abszisse	Werte Ordinate	Herkunft
IK_{Diesel}	70 %	Infrastrukturkosten des vergleichbaren konventionell (diesel-) betriebenen Fahrzeugs.
$IK_{Diesel} * 1,5$	0 %	Annahme: Die Infrastrukturkosten des vergleichbaren konventionell angetriebenen Dieselfahrzeugs multipliziert mit dem Faktor 1,5 entsprechen einem Zielerreichungsgrad von 0 %.
weitere benötigte Informationen		
Nutzungsdauer des Fahrzeugs [a]		
Jahresfahrleistung des Fahrzeugs [km/a]		
Dieselpreis [€/l]		
Dieselverbrauch [l/km]		

Tabelle 6: Übersicht zu den Werten der Ladeinfrastrukturkosten-Zielfunktion[96]

Die Ladeinfrastrukturkosten-Zielfunktion besteht aus drei Intervallen, deren lineare Funktionen in Abbildung 27 als Funktionsterme abgebildet sind. Die Infrastrukturkosten des Diesel-Fahrzeugs wurden im Rahmen dieser Arbeit wie folgt definiert:

$$IK_{Diesel} = \text{Jahresfahrleistung} * \text{Nutzungsdauer} * \text{Dieselverbrauch} * \text{Dieselpreis} * 0{,}01$$

Formel 3: Infrastrukturkosten Diesel-Fahrzeug

Die Jahresfahrleistung des Fahrzeugs ermittelt sich wie folgt:

$$\text{Jahresfahrleistung} = \left(\frac{\text{minimale Tourlänge} + \text{maximale Tourlänge}}{2}\right) * \text{Einsatztage pro Jahr}$$

Formel 4: Jahresfahrleistung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden 313 Einsatztage pro Jahr (6-Tage Woche) angenommen. Die Infrastrukturkosten des Dieselfahrzeugs entsprechen somit einem Prozent der Verbrauchskosten des Dieselfahrzeugs, was der Nutzungsgebühr der gängigen Tankkartenanbieter entspricht.

[96] Eigene Darstellung

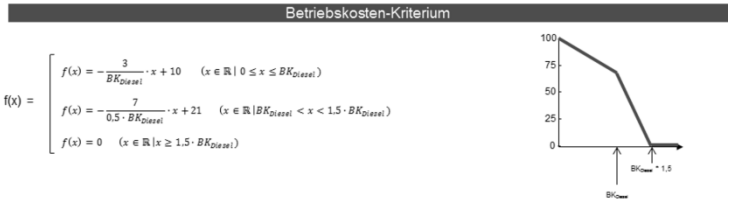


Abbildung 28: Zielfunktion des Betriebskosten-Kriteriums[97]

Auch die für das Betriebskosten-Kriterium entwickelte Zielfunktion ist in ihrem Aufbau analog zur Zielfunktion für die Anschaffungskosten. Die Betriebskosten des vergleichbaren konventionell angetriebenen (Diesel-) Fahrzeugs (BK_{Diesel}) dienen als Referenzwert und werden mit einem Zielerreichungsgrad von 70 % abgetragen. Für den Fall, dass die Alternative Elektromobilität geringere Betriebskosten als BK_{Diesel} aufweist, wird ihnen ein Zielerreichungsgrad größer 70 % zugeordnet. Eine Zielerreichung von 100 % ist bei minimalen Betriebskosten (= 0€) erreicht. Der untere Ausschlusswert ist als BK_{Diesel} * 1,5 definiert, da – ähnlich wie bei den Anschaffungskosten – davon ausgegangen wird, dass eine Alternative, die mehr als 50 % höhere Betriebskosten als BK_{Diesel} aufweist, aufgrund des Kostendrucks in der Distribution als nicht vorteilhaft und nutzbringend angesehen wird und daher mit einem Zielerreichungsgrad von 0 % abgetragen wird.

[97] Eigene Darstellung

Werte Abszisse	Werte Ordinate	Herkunft
BK_{Diesel}	70 %	Betriebskosten des vergleichbaren konventionell (diesel-) betriebenen Fahrzeugs.
$BK_{Diesel} * 1,5$	0%	Annahme: Die Betriebskosten des vergleichbaren konventionell angetriebenen Dieselfahrzeugs multipliziert mit dem Faktor 1,5 entsprechen einem Zielerreichungsgrad von 0 %.
weitere benötigte Informationen		
Nutzungsdauer des Fahrzeugs [a]		
Wartungs- & Reparaturkosten des Fahrzeugs [€/a]		
Verbrauch des Fahrzeugs [l/km] [kWh/km]		
Jahresfahrleistung [km]		
Dieselpreis [€/l]		
Strompreis [€/l]		
KFZ-Steuer [€/a]		
weitere Annahmen		
Wartungs- & Reparaturkosten des konventionell angetriebenen Fahrzeug sind 50 % höher als die des Elektrofahrzeugs.		
Elektrofahrzeuge sind die ersten 5 Jahre von der KFZ-Steuer befreit.		

Tabelle 7: Übersicht zu den Werten der Betriebskosten-Zielfunktion[98]

Die Betriebskosten-Zielfunktion besteht aus drei Intervallen, deren lineare Funktionen in Abbildung 28 als Funktionsterme abgebildet sind. Die Kalkulation der Betriebskosten erfolgt auf Teilkostenbasis und berücksichtigt die in Tabelle 7 aufgeführten weiteren Informationen und Annahmen. Die Betriebskosten lassen sich im Rahmen dieser Arbeit wie folgt ermitteln:

$$\begin{aligned} BK = \\ (\text{Jahresfahrleistung} * \text{Nutzungsdauer} * \text{Verbrauch} * \\ \text{Dieselpreis bzw. Strompreis}) + (\text{Nutzungsdauer} * \text{KFZ Steuer}) + \\ (\text{Nutzungsdauer} * \text{Wartungs und Reparaturkosten}) \end{aligned}$$

Formel 5: Betriebskosten

Die Jahresfahrleistung wird gemäß Formel 4 ermittelt.

[98] Eigene Darstellung

CO_2e-Emissions-Kriterium

$$f(x) = \begin{cases} f(x) = -\frac{3}{Emission_{Ziel}} \cdot x + 10 & (x \in \mathbb{R} \mid 0 \leq x \leq Emission_{Ziel}) \\ f(x) = -\frac{4}{Emission_{Diesel} - Emission_{Ziel}} \cdot x + \left(7 + \frac{4 \cdot Emission_{Ziel}}{Emission_{Diesel} - Emission_{Ziel}}\right) & (x \in \mathbb{R} \mid Emission_{Ziel} < x < Emission_{Diesel}) \\ f(x) = 0 & (x \in \mathbb{R} \mid x \geq Emission_{Diesel}) \end{cases}$$

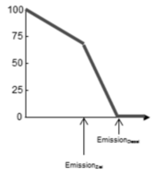


Abbildung 29: Zielfunktion des CO_2e-Emissions-Kriteriums[99]

Die Zielfunktion für das Kriterium der CO_2e-Emissionen wird unter Zuhilfenahme der CO_2e-Emissionen gemäß dem Emissionsziels (Emission $_{Ziel}$) und der CO_2e-Emissionen des vergleichbaren konventionell angetriebenen (Diesel-) Fahrzeugs (Emission $_{Diesel}$) entwickelt. Die Zielfunktion bezieht sich auf die Well-to-Wheel-Emissionen und bezieht somit die bei der Förderung, Verarbeitung und Bereitstellung des Kraftstoffs oder Stroms verursachten Emissionen mit ein. Da nicht alle im Rahmen der Interviews befragten Experten ein konkretes Emissionsziel angaben, wird das von der Europäischen Union beschlossene, ab 2017 geltende Emissionsziel für leichte Nutzfahrzeuge von 0,175 kg CO_2e/km als Emission $_{Ziel}$ definiert (Annahme für die Bewertung in 2015) und 0,147 kg CO_2e/km als Emission $_{Ziel}$ für die Bewertung in 2030 (Annahme).[100] Emission $_{Ziel}$ wird als Referenzwert für die Bewertung verwendet und auf der Ordinate mit einem Zielerreichungsgrad von 70 % abgetragen. Für den Fall, dass die Alternative Elektromobilität geringere CO_2e-Emissionen pro km als Emission $_{Ziel}$ emittiert, werden Zielerreichungsgrade kleiner 70 % erreicht. Ein Zielerreichungsgrad von 100 % (Ideallösung) wird innerhalb der hier entwickelten Zielfunktion erst bei Emissionen von 0 kg CO_2e/km erreicht. Diese Annahme erscheint sinnvoll, da erst eine vollkommen emissionsfreie Distribution vom Standpunkt der ökologischen Nachhaltigkeit als Ideallösung angesehen werden kann. Emission $_{Diesel}$ wird in der Zielfunktion für CO_2e-Emissionen als unterer Ausschlusswert definiert. Den Emissionen der bewerteten Alternative wird

---

99 Eigene Darstellung

100 Vgl. Umweltbundesamt (2016)
Bei Emissionsvorgaben beziehen sich auf die Tank-to-Wheel-Emissionen, welche aber als Well-to-Wheel Vorgabe übernommen werden sollen.

daher bei Emissionen größer-gleich Emission $_{Diesel}$ ein Zielerreichungsgrad von 0 % zugeordnet. Dem Bereich zwischen Emission $_{Ziel}$ und Emission $_{Diesel}$ (auf der Abszisse) sind Zielerreichungsgrade von kleiner 70 % zugeordnet (Ordinate).

Werte Abszisse	Werte Ordinate	Herkunft
Emission $_{Ziel}$	70 %	Annahme: Emissionsvorgabe der Europäischen Union für leichte Nutzfahrzeuge ab 2017 von 0,175 kg CO_2e/km (Grundlage für die Bewertung in 2015) und ab 2020 von 0,147 kg CO_2e/km (Grundlage für die Bewertung in 2030).
Emission $_{Diesel}$	0 %	Die Emissionen des vergleichbaren konventionell angetriebenen Dieselfahrzeugs entsprechen einem Zielerreichungsgrad von 0 %.
weitere benötigte Informationen		
Nutzungsdauer des Fahrzeugs [a]		
Emissionsausstoß Diesel [kg CO_2e/km]		
Emissionsausstoß Elektro [kg CO_2e/km]		
Emissionsausstoß Ziel [kg CO_2e/km]		
Jahresfahrleistung [km]		

Tabelle 8: Übersicht zu den Werten der CO_2e-Emissions-Zielfunktion[101]

Die CO_2e-Emissions-Zielfunktion besteht aus drei Intervallen, deren lineare Funktionen in Abbildung 29 als Funktionsterme abgebildet sind. Die Emissionen für Diesel- und Elektrofahrzeuge lassen sich wie folgt berechnen:

$$\text{Emission} = \text{Emissionsausstoß} * \text{Jahresfahrleistung} * \text{Nutzungsdauer}$$

Formel 6: CO_2e Emissionen

Für das Kriterium Kundennachfrage (nach nachhaltiger Distribution) wird keine Zielfunktion entwickelt, da sich die Kundennachfrage nicht zweckmäßig quantifizieren lässt.[102] Um das Kriterium Kundennachfrage dennoch

[101] Eigene Darstellung

[102] Dies wurde in allen geführten Interviews bestätigt. In der Praxis lässt sich die Mehrpreisbereitschaft der Kunden nach nachhaltiger Distribution kaum messen, weshalb insbesondere

bewerten zu können, werden ausschließlich die qualitativen Einschätzungen der in den Interviews befragten Experten verwendet. Eine Aggregation der einzelnen Teilnutzwerte ausschließlich unter Berücksichtigung der Gewichtungen würde eine mögliche Kompensierbarkeit einzelner Kriterien unberücksichtigt lassen und somit zu einem weniger realistischen Gesamtnutzwert führen.

Das Kriterium Marktdurchdringung ist nominal skaliert (Marktdurchdringung gegeben, Marktdurchdringung nicht gegeben) und wird als K.O.-Kriterium in die Bewertung integriert (siehe Kapitel 2.4.2). Aufgrund seiner Eigenschaft als K.O.-Kriterium wird für dieses Kriterium keine Zielfunktion entwickelt.

4.5 Anwendung eines Kompensationsfaktors

Eine Schwäche der Nutzwertanalyse ist, dass sie trotz verwendeter Gewichtungsfaktoren in der Wertsynthese der möglichen Kompensierbarkeit einzelner Kriterien nicht Rechnung trägt. Die Nutzwertanalyse wird daher für den in dieser Arbeit vorliegenden Untersuchungsgegenstand um einen Kompensationsfaktor erweitert. Diese Erweiterung ist sinnvoll, da bei der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution nicht von einer vollständigen Kompensierbarkeit der einzelnen Bewertungskriterien ausgegangen werden kann, da mitunter ein starker Konflikt zwischen einzelnen Teilnutzen besteht. Es ist bspw. nicht logisch begründbar, warum eine angenommene Bewertung (Gewichtungen außer Acht gelassen) der Kriterien Reichweite (e = 10), Ladedauer (e = 5) und Nutzlast (e = 0) bei der Wertsynthese zu einem identischen Teilnutzwert wie eine angenommene Bewertung der Kriterien Reichweite (e = 5), Ladedauer (e = 5) und Nutzlast (e = 5) führt. Der aus der Methode des Composite Programming stammende Kompensationsfaktor (p) bietet die Möglichkeit, die Kompensierbarkeit der Bewertungskriterien für jede funktionelle Gruppe individuell festzulegen.[103] Ein Kompensationsfaktor von p=1 entspricht einer vollen Kompensierbarkeit der Bewertungskriterien innerhalb einer funktionalen Gruppe, die sich daraus ergebene Berechnungsvorschrift entspricht der regulären Vorgehensweise der Wertsynthese in der Nutzwertanalyse (siehe Formel 2). Der Kompensationsfaktor p = 2 entspricht einer teilweisen Kompensier-

---

die KEP-Dienstleister dazu übergegangen sind die Nachhaltigkeit ihrer Distribution standardmäßig einzupreisen.

[103] Vgl. Bárdossy et al. (1985)

barkeit, p = 3 einer schwachen Kompensierbarkeit der Bewertungskriterien.

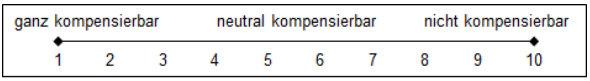


Abbildung 30: Wirkung des Kompensationsfaktors p[104]

Kompensationsfaktoren p > 6 wirken mathematisch nahezu wie p → ∞, eine Kompensierbarkeit ist nicht mehr gegeben.[105] Die Berechnung des Indikatorwerts I (welcher terminologisch dem Gesamt- bzw. Teilnutzen der Nutzwertanalyse entspricht) in einer funktionellen Gruppe wird wie folgt bestimmt.

$$I_{i-1} = 1 - \sqrt[p]{\sum_{j=1}^{n} g_{ij}\ (1 - \mathrm{eij})^{p}}$$

I = Indikatorwert (entspricht Teil-/Gesamtnutzwert = N)
e = Zielerfüllungsgrad
g = Gewichtungsfaktor
i = betrachtete Zielebene
j = Bewertungskriterium
n = Gesamtzahl der zu berücksichtigenden Kriterien j
p = Kompensationsfaktor innerhalb der funktionalen Gruppe

Formel 7: Berechnung des Indikatorwerts I

Diese Berechnung findet sukzessive von der untersten zur obersten Zielebene innerhalb der jeweiligen funktionellen Gruppen statt und ersetzt in dem für diese Arbeit entwickelten Bewertungsmodell die Berechnungsvorschrift zur Wertsynthese, welche in Kapitel 2.4.2 vorgestellt wurde (Formel 2).

Um die Auswirkungen des Kompensationsfaktors p zu veranschaulichen, zeigt die nachfolgende Abbildung die Auswirkungen des Kompensationsfaktors anhand von zwei Bewertungskriterien einer funktionellen Gruppe, welche gemeinsam den Indikatorwert I = 0,5 besitzen.[106] Es ist ersichtlich, dass p = 1 der vollkommenen Kompensierbarkeit beider Kriterien ent-

[104] Eigene Darstellung nach Bárdossy (1985) und Bárdossy (2003)

[105] Vgl. Pflüger (1991)

[106] Ein Indikatorwert von I = 1 entspricht einem Gesamt- bzw. Teilnutzen von 10. Um die Berechnungsvorschrift anwenden zu können, ist es wichtig, den mathematisch ermittelten Indikatorwert anschließend mit dem Faktor 10 zu multiplizieren, um in der Skalierung des Gesamt- bzw. Teilnutzwerten zu entsprechen.

spricht, alle möglichen Kombinationen der Bewertungen der beiden Kriterien befinden sich in diesem Fall auf einer Geraden.

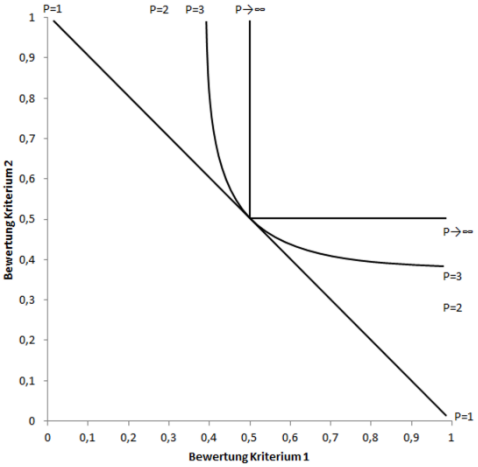


Abbildung 31: Wirkung des Kompensationsfaktors p bei einem Indikatorwert von 0,5[107]

Ein Kompensationsfaktor von p = 2 bedeutet, dass die Bewertungen der beiden Kriterien von 0,5|0,5 bspw. der Bewertung von 0,9|0,3 entspricht. Der Kompensationsfaktor bewirkt, dass die Bewertung des einen Kriteriums nur durch eine zunehmend höhere Bewertung des anderen Kriteriums ausgeglichen werden kann. Der Kompensationsfaktor hat somit einen hohen Einfluss auf den Gesamtnutzwert. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht den prinzipiellen Einfluss des Kompensationsfaktors auf die Höhe des Gesamtnutzwerts.

[107] Eigene Darstellung nach Pflüger (1991)

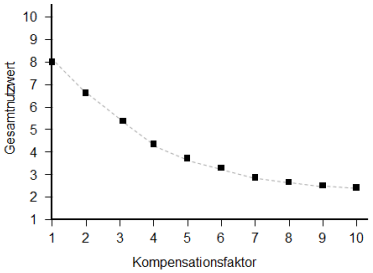


Abbildung 32: Sensitivität des Gesamtnutzwerts in Abhängigkeit vom Kompensationsfaktor p[108]

Im Rahmen dieser Arbeit werden mehrere Kompensationsfaktoren für die bestehenden funktionellen Gruppen (siehe Abbildung 20) definiert und als Grundeinstellung für das Bewertungsmodell in allen in dieser Arbeit stattfindenden Bewertungen angewendet.

Kompensationsfaktor	Wert
p_{21}	5
p_{31}	5
p_{32}	2
p_{33}	3
p_{41}	1,2
p_{42}	1
p_{43}	2
p_{44}	1
p_{45}	1
p_{46}	1

Tabelle 9: Grundeinstellungen des Kompensationsfaktors für das Bewertungsmodell

Die Festlegung von $p_{21} = 5$ wurde getroffen, weil davon auszugehen ist, dass die Teilziele auf der zweiten Zielebene (Leistungskennzahlen, Kosten- und Nachhaltigkeitskennzahlen) miteinander nur sehr schwach kompensierbar sind. Unternehmen sind bestrebt, alle drei Ziele gleichermaßen zu erreichen, um im Wettbewerb des Markts der Distributionslogistik mit dem Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen erfolgreich zu sein. Die elektromobilen Fahrzeuge müssen dafür hinsichtlich aller drei genannten Teilziele (auf der zweiten Zielebene) mindestens den gleichen Nutzen wie

[108] Eigene Darstellung nach Pflüger (1991)
Es handelt sich dabei nicht um ein Rechenbeispiel, sondern um eine Visualisierung des typischen Zusammenhangs von Gesamtnutzwert und Kompensationsfaktor.

die zur Bewertung herangezogene Referenztechnologie erbringen. Die geführten Experteninterviews und die Erfahrungen aus dem Projekt „Smart e-User“ zeigen, dass die drei Teilziele jedoch in sehr geringem Maße miteinander kompensierbar sind, weshalb p_{21} mit dem Wert 5 definiert wird.[109] Für dieses Bewertungsmodell wird daher die Annahme getroffen, dass die Vernachlässigung eines Teilziels zu einem sinkenden Markterfolg führt, auch wenn die beiden anderen Teilziele über die Zielsetzung hinausgehend erfüllt werden.

Der Kompensationsfaktor p_{31} wird ebenfalls mit dem Wert 5 festgelegt. Er bezieht sich auf die Kompensierbarkeit der Teilziele Sicherstellung der technischen Leistungsfähigkeit und Sicherstellung der Nutzlastanforderung (3. Zielebene). Beide Teilziele sind nur in sehr geringem Maß miteinander kombinierbar, denn die bewertete Technologie muss hinsichtlich beider Ziele, bezogen auf den jeweiligen Anwendungsfall, einen Nutzen liefern. Eine sichergestellte technische Leistungsfähigkeit der Elektromobilität, ohne Erfüllung der Nutzlastanforderungen des Anwendungsfalls, führt nicht oder nur zu einer sehr geringen, praktisch gegebenen Anwendbarkeit der Technologie.

Der Kompensationsfaktor p_{32} wird mit dem Wert 2 definiert. Dies entspricht einer teilweisen Kompensierbarkeit der Teilziele Minimierung der fixen Kosten und Minimierung der variablen Kosten (3. Zielebene). In den Interviews wurde bestätigt, dass beide Kostenarten z. T. miteinander kompensierbar sind. Eine volle Kompensierbarkeit ist nicht gegeben, da Unternehmen mit großen Flotten tendenziell eher die Bedeutung der variablen Kosten, welche in jeder Periode anfallen, hervorheben. Diese Kosten hängen vom Fahrzeugeinsatz ab und unterliegen im zeitlichen Verlauf marktbedingten Schwankungen. Fixkosten bspw. lassen sich über einen längeren Zeitraum gegenfinanzieren, die finanzielle Belastung über die Nutzungsdauer ist mit einer höheren Sicherheit planbar.

Die Teilziele Reduktion von Emissionen und Nachhaltigkeitsnachfrage (3. Zielebene) bilden eine funktionelle Gruppe und sollen als schwach kompensierbar (p_{33} = 3) definiert werden. Um das Nachhaltigkeitsziel zu erreichen, sollen gemäß dem definierten Zielsystem sowohl der Emissionsausstoß reduziert werden als auch die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution steigen. Eine hohe Kundennachfrage bei einer gleichzeitig geringen Reduktion der Emissionen führt aus Nachhaltigkeitssicht zu einem

[109] Vgl. Smart e-User (2016)

ebenso geringen Teilnutzen, wie eine nahezu emissionsfreie Distribution, welche aber von den Kunden nicht nachgefragt wird.

Die sich auf der 4. Zielebene befindlichen Bewertungskriterien Reichweite und Ladedauer bilden eine funktionelle Gruppe im Zielsystem, für welche p_{41} = 1,2 gelten soll. Beide Bewertungskriterien sind nahezu vollständig miteinander kompensierbar, denn in der praktischen Anwendung der Elektromobilität führen Fahrzeuge, welche sehr schnell laden, aber nur geringe Reichweiten zurücklegen können, zu einem nahezu gleichen Nutzen im Einsatz, wie Fahrzeuge mit hohen Reichweiten und langen Ladedauern. Beide Extreme führen in der Praxis – die Prozessabläufe in der Distribution müssen dabei an die jeweilige Situation angepasst werden – zur Anwendbarkeit von Elektromobilität. Eine vollständige Kompensierbarkeit ist jedoch nicht ohne weiteres gegeben, da zu kurze Reichweiten den Fahrzeugeinsatz in der Praxis vor erhebliche Herausforderungen stellen. Nicht in jedem Fall wäre bspw. die Zu- oder Abfahrt ins Zustell- bzw. Versorgungsgebiet möglich (Zwischenladevorgänge sind in der Logik dieses Bewertungsmodells nur in den Senken oder auf dem Betriebsgelände des Elektromobilität anwendenden Unternehmens möglich).

Die Kompensationsfaktoren p_{42}, p_{44}, p_{45}, p_{46} werden mit dem Wert 1 definiert, da die funktionelle Gruppe, denen diese Parameter zugeordnet sind, aus nur einem Bewertungskriterium bestehen. Bei p = 1 entspricht das Ergebnis von Formel 7 dem von Formel 2.

Der Kompensationsfaktor p_{43} bezieht sich auf die Bewertungskriterien Anschaffungskosten und Ladeinfrastrukturkosten (4. Zielebene) und wird mit dem Wert 2 definiert. Die Bewertung beider Kriterien ist nicht vollständig, sondern nur teilweise kompensierbar, da die Ladeinfrastrukturkosten nicht zwangsläufig für jedes Fahrzeug anfallen. Der Einsatz eines Energiemanagementsystems zur Koordination und Steuerung der Ladevorgänge kann die Zahl der Fahrzeuge, welche einen Ladepunkt nutzen, erhöhen.[110] Abhängig vom Anwendungsfall muss daher nicht für jedes batterieelektrische Fahrzeug zwangsläufig ein eigener Ladepunkt vorhanden sein. Da sich der Einsatz von Elektromobilität in gewerblichen (und privaten) Anwendungen derzeit in der Phase des Markthochlaufs befindet, ist davon auszugehen, dass die Mehrzahl der derzeitigen Anwender dennoch einen Ladepunkt pro Fahrzeug einrichtet.[111] Mit zunehmender Erfahrung der Anwen-

[110] Vgl. Smart e-User (2016)

[111] Vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2014)

der im (dispositiven) Umgang mit der Elektromobilität und mit zunehmender elektromobiler Flottengröße ist davon auszugehen, dass sich die Anzahl der Ladepunkte zunehmend unabhängig von der Anzahl der Elektrofahrzeuge entwickelt.

Die Verwendung von Kompensationsfaktoren im Rahmen dieses Bewertungsmodells ermöglicht es, der Wirklichkeit und Komplexität der Zusammenhänge bei der technisch-wirtschaftlichen Systembetrachtung gerecht zu werden und ein möglichst realitätsnahes Bewertungsergebnis zu erzeugen. Eine Aggregation der einzelnen Teilnutzwerte ausschließlich unter Berücksichtigung der Gewichtungen würde eine mögliche Kompensierbarkeit einzelner Kriterien unberücksichtigt lassen und somit zu einem weniger realistischen Gesamtnutzwert führen.

4.6 Wertsynthese/Aggregation

Nach der Definition des Zielsystems, der Festlegung von Gewichtungsfaktoren und Kompensationsfaktoren erfolgt in diesem Schritt die Wertsynthese im Bewertungsmodell. Die Bewertung ist dabei so strukturiert, dass ein Anwender zu Beginn seine Anforderungen an die Distribution und die Parameter seiner in der Distribution im Einsatz befindlichen, konventionell dieselbetriebenen Fahrzeuge, in das Bewertungsmodell einfügt. Anschließend werden die Parameter, des für den Einsatz in der Distribution vorgesehenen batterieelektrischen Nutzfahrzeugs, festgelegt. Für die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführte Bewertung werden die Parameter des batterieelektrisch und konventionell angetriebenen Fahrzeugs vorgegeben. Die Festlegung der Anforderungen der Distribution wird gemäß den erhobenen Daten der betrachteten Anwendungsfälle festgelegt. Im Rahmen der Expertenbefragungen wurden außerdem die anwendungsfallabhängigen Gewichtungen aufgenommen (Kapitel 4.3), welche im Bewertungsmodell verwendet werden.

Die Bewertung der einzelnen Kriterien erfolgt im Bewertungsmodell sowohl quantitativ als auch qualitativ. Die quantitative Bewertung ($e_{\text{E-Mob quantitativ}}$) erfolgt dabei über die im Kapitel 4.4 entwickelten Zielfunktionen, die qualitative Bewertung ($e_{\text{E-Mob qualitativ}}$) der Kriterien erfolgt auf Basis der Experteneinschätzungen, welche in den geführten Interviews ebenfalls erhoben wurden. Unter Anwendung des Mittelwertverfahrens wird aus den beiden Bewertungen $e_{\text{E-Mob quantitativ}}$ und $e_{\text{E-Mob qualitativ}}$ die Bewertung der Elektromobilität $e_{\text{E-Mob}}$ erzeugt. Das Mittelwertverfahren ist dabei so

aufgebaut, dass die quantitative Bewertung mit dem Faktor 2 gewichtet wird. Die über die Zielfunktionen erzeugte Bewertung ist – unter den getroffenen Annahmen – als objektiv zu beurteilen, weshalb sie gegenüber der qualitativen Bewertung stärker berücksichtigt werden soll. Die qualitative Bewertung ist eine subjektive Einschätzung des Zielerreichungsgrads der einzelnen Bewertungskriterien, welche auf den Erfahrungen des befragten Experten beruhen. Diese Einschätzung basiert auf betrieblichem Hintergrundwissen (anwendungsfallspezifisches Wissen) der befragten Person, und ist daher für die Ermittlung der Teilnutzwerte sowie des Gesamtnutzwerts relevant. Die nachfolgende Berechnungsvorschrift veranschaulicht die Synthese der quantitativen und qualitativen Bewertung.

Berechnungsvorschrift:

$$e_{j\,EMob} = \frac{2e_{j\,EMob\,quantitativ} + e_{j\,EMob\,qualitativ}}{3}$$

e_{EMob}	= Zielerfüllungsgrad/Teilnutzwert
$e_{EMob\,quantitativ}$	= unter Verwendung der Zielfunktion ermittelter Zielerfüllungsgrad
$e_{EMob\,qualitativ}$	= durch Experteneinschätzung ermittelter Zielerfüllungsgrad
j	= Indikatoren

Formel 8: Vorschrift zur Berechnung des Zielerfüllungsgrades auf Basis eines quantitativ und qualitativ ermittelten Zielerfüllungsgrades

Anhand der von Abbildung 33 wird die Wertsynthese veranschaulicht. Die Erläuterungen zu den mit Buchstaben gekennzeichneten Spalten sind nachfolgend aufgeführt.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
2. Zielebene	3. Zielebene	Bewertungskriterien	g 2. Zielebene	g 3. Zielebene	g Bewertungsfaktoren	Zielertrag elektromobilität	Zielertrag Diesel	Anforderungen Anwendungsfall	g Ladequantity	g Ladequantity	g Ladepunkte	g Diesel	Bewertungsfaktoren	P 3. Zielebene	P 2. Zielebenen	TN Ladepunkte	TN Diesel	GN Ladepunkte	GN Diesel
Leistungskennzahlen	Sicherstellung der technischen Leistungsfähigkeit	Reichweite [km]	g_{21}	g_{211}										p_{31}	p_{21}				
		Ladedauer [h]		g_{212}									p_{41}						
	Sicherstellung der Nutzlastanforderungen	Nutzlast [t]		g_{213}									p_{42}						
Kostenkennzahlen	Minimieren der fixen Kosten	Anschaffungskosten [€]	g_{22}	g_{221}	g_{221}			-	-				p_{43}	p_{32}					
		Ladeinfrastrukturkosten [€]		g_{222}	g_{222}			-	-				p_{44}						
	Minimieren der variablen Kosten	Betriebskosten [€]		g_{223}	g_{223}			-	-				p_{45}						
Nachhaltigkeits-kennzahlen	Reduktion von Emissionen	CO_2e-Emissionen [t]	g_{23}	g_{231}	g_{231}								p_{46}	p_{33}					
	Nachhaltigkeitsansprüche befriedigen	Kundennachfrage [ordinal]		g_{232}	g_{232}			-	-				p_{47}						
Umfeld-Kennzahlen	Rahmenbedingungen	Marktdurchdringung [nominal]	-	-	-			-	-				-	-	-				

Abbildung 33: Tabellarischer Aufbau des Bewertungsmodells[112]

[112] Eigene Darstellung

Legende zur Wertsynthese:

g	= Gewichtungsfaktor
$e_{E\text{-}Mob}$	= Zielerfüllungsgrad Elektromobilität
$e_{E\text{-}Mob\ quantitativ}$	= unter Verwendung der Zielfunktionen ermittelter Zielerfüllungsgrad
$e_{E\text{-}Mob\ qualitativ}$	= durch Experteneinschätzung ermittelter Zielerfüllungsgrad
e_{Diesel}	= Zielerfüllungsgrad Referenztechnologie
p	= Kompensationsfaktor
TN	= Teilnutzwert
GN	= Gesamtnutzwert

Abbildung 34: Legende zur Wertsynthese[113]

A. Anwendungsfallabhängige Gewichtungen für die zweite Zielebene (siehe Kapitel 4.3).
B. Die bereits eingetragenen Gewichtungen wurden in Kapitel 4.3 festgelegt und begründet. In den freien Feldern werden die anwendungsfallabhängigen Gewichtungen für die dritte Zielebene angegeben.
C. Die bereits eingetragenen Gewichtungen wurden in Kapitel 4.3 festgelegt und begründet.
D. Zielerträge des zu bewertenden batterieelektrischen Fahrzeugs eingetragen.
E. Zielerträge des als Referenz verwendeten konventionell angetriebenen Fahrzeugs.
F. Anforderungen des Anwendungsfalls. Hinsichtlich Anschaffungs-, Ladeinfrastruktur- und Betriebskosten werden keine Anforderungen festgelegt, da die Bewertung auf das vergleichbare konventionell angetriebene Fahrzeug referenziert (Ziel ist die Minimierung der Kosten; siehe Kapitel 4.4). Ebenso werden keine Anforderungen hinsichtlich der Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution festgelegt (Ziel ist die Maximierung der Kundennachfrage).
G. Ermittlung der Zielerreichungsgrade / Zielwerte unter Verwendung der in Kapitel 4.4 entwickelten Zielfunktionen. Für das Kriterium Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution wird kein quantitativer Zielwert ermittelt.
H. Ermittlung der Zielerreichungsgrade / Zielwerte auf Basis der Experteneinschätzungen. Die Kriterien Anschaffungs-, Ladeinfrastruktur- und Betriebskosten wurden nicht durch die befragten Experten bewertet.
I. Ermittlung der Zielwerte unter Anwendung der Berechnungsvorschrift Formel 8.

[113] Eigene Darstellung

J. Zielwerte der Referenztechnologie. Im Rahmen der in dieser Arbeit als Referenz hinterlegten Bewertungen für konventionell angetriebene Diesel-Fahrzeuge haben für alle Kriterien den Zielwert 7 (siehe Kapitel 4.4).
K. Kompensationsfaktoren wie in Kapitel 4.5 festgelegt und begründet.
L. Kompensationsfaktoren wie in Kapitel 4.5 festgelegt und begründet.
M. Kompensationsfaktoren wie in Kapitel 4.5 festgelegt und begründet.
N. Wertsynthese (Teilnutzwerte) unter Berücksichtigung der Zielwerte, Gewichtungen und Kompensationsfaktoren gemäß Berechnungsvorschrift Formel 7.
O. Wertsynthese (Teilnutzwerte) unter Berücksichtigung der Zielwerte, Gewichtungen und Kompensationsfaktoren gemäß Berechnungsvorschrift Formel 7. Da die Referenztechnologie für jedes Kriterium den Zielwert 7 erhält, haben Gewichtungen und Kompensationsfaktoren bei der Wertsynthese keinen Einfluss (TN = 7).
P. Wertsynthese (Gesamtnutzwerte) unter Berücksichtigung der Zielwerte, Gewichtungen und Kompensationsfaktoren gemäß Berechnungsvorschrift Formel 7.
Q. Wertsynthese (Gesamtnutzwerte) unter Berücksichtigung der Zielwerte, Gewichtungen und Kompensationsfaktoren gemäß Berechnungsvorschrift Formel 7. Da die Referenztechnologie für jedes Kriterium den Zielwert 7 erhält, haben Gewichtungen und Kompensationsfaktoren bei der Wertsynthese keinen Einfluss (GN = 7).

Im Ergebnis liefert das Bewertungsmodell einen Gesamtnutzwert für den Einsatz von Elektromobilität in der Distribution und einen Gesamtnutzwert für die Referenztechnologie.

4.7 Kostenermittlung je Nutzenpunkt

Die an die Kosten-Wirksamkeitsanalyse angelehnte Vorgehensweise zur Ermittlung der Kosten pro Nutzenpunkt stellt die quantitativen Kostenaspekte den (quantitativ und qualitativ) ermittelten Nutzenaspekten gegenüber, um eine fundierte Aussage hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Alternativen zu treffen.[114] Die Bewertung der Wirksamkeit (Nutzen) findet im Rahmen dieser Arbeit über die in den vorangegangenen Kapiteln beschriebene Nutzwertanalyse statt, die Bewertung der Kosten erfolgt mittels Kostenvergleichsrechnung (auf Teilkostenbasis, d. h. nur die entscheidungsrelevanten Kosten werden berücksichtigt). Im Unterschied zur originären Vorgehensweise bei der Kosten-Wirksamkeitsanalyse umfasst die für die Bewertung verwendete Nutzwertanalyse auch den Nutzen der Wirtschaftlichkeitskriterien. Auf diese Weise kann dem ermittelten Gesamtnutzen einer Alternative eine Kostengröße gegenübergestellt werden, über welche sich die Kosten pro Nutzenpunkt ermitteln lassen. Eine weitere Anpassung der Kosten-Wirksamkeitsanalyse besteht darin, in der Kostenvergleichsrechnung neben den direkten auch die indirekten Kosten einer Alternative zu berücksichtigen. Aufgrund der aus dem Projekt „Smart e-User“ stammenden Daten und Informationen ist es für den Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit möglich, die indirekten Kosten qualifiziert abschätzen zu können. Die direkten Kosten setzen sich aus den

- Anschaffungskosten [€/Fahrzeug]
- Ladeinfrastrukturkosten [€/Fahrzeug]
- Betriebskosten [€/Fahrzeug]

zusammen. Die Kosten entsprechen den Zielerträgen der Kostenparameter in der Nutzwertanalyse. Die indirekten Kosten setzen sich aus den Change-Kosten und den Umweltkosten zusammen:

- Change-Kosten [€/Fahrzeug]
  Change-Kosten fallen an, da die Mitarbeiter hinsichtlich Umgang und Verwendung der batterieelektrischen Fahrzeuge und der dazugehörigen Ladetechnik unterwiesen werden müssen. Dies betrifft die in der Zustellung tätigen Mitarbeiter ebenso wie Disponenten, Fuhrpark-Manager, Standortverantwortliche u. a.. Ferner gehören auch (monetär quantifizierbare) Prozessineffizienzen und Mehraufwände, welche während des Ausrollens neuer Ar-

[114] Vgl. Schmidt (2003); vgl. Schulte-Zurhausen (2005)

beitsabläufe und Arbeitsmittel üblicherweise auftreten, zu den Change-Kosten (Wechsel-Kosten). Auf Basis der Erfahrungen der Implementation von 20 batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in die Geschäftsprozesse der Deutschen Post DHL im Rahmen des Projekts „Smart e-User“ können die Change-Kosten pro Fahrzeug auf ca. 1.000 € geschätzt werden. Diese 1.000 € pro Fahrzeug werden als Annahme in die Kosten-Wirksamkeitsanalyse übernommen.

- Umweltkosten [€/Fahrzeug]
  Die Umweltkosten werden auf Basis der CO_2e-Emissionen eines Fahrzeugs (abhängig von der Jahresfahrleistung je untersuchtem Anwendungsfall; über eine Nutzungsdauer von acht Jahren) und dem aktuellen Preis pro Tonne CO_2 (Preis der CO_2-Zertifikate) ermittelt. Zum Zeitpunkt Der Anfertigung dieser Arbeit beträgt der Preis der CO_2-Zertifikate 6,20 €/t.[115]

Zusammengefasst werden folgende Annahmen getroffen.

getroffene Annahmen für die Kosten-Wirksamkeitsanalyse
Die Nutzungsdauer der Fahrzeuge beträgt acht Jahre.
Die Change-Kosten betragen 1.000 € pro Fahrzeug.
Der Preis pro Tonne CO_2 beträgt 6,20 € (CO_2-Zertifikat).

Tabelle 10: Annahmen für die Kosten-Wirksamkeitsanalyse[116]

Die aufgeführten Teilkosten werden je Alternative summiert und durch den Gesamtnutzwert der jeweiligen Alternative dividiert. Das Ergebnis gibt die Kosten je Nutzenpunkt an. Dieser Kosten-Wirksamkeitsindex ist für die Entscheidungsfindung von Bedeutung, da durch ihn das Auswahlproblem vermieden wird, welches entsteht, wenn sowohl die Gesamtnutzwerte der einzelnen Alternativen als auch die summierten Teilkosten der einzelnen Alternativen jeweils in einer Rangfolge dargestellt werden und sich die Ränge einer Alternative in beiden Rangfolgen unterscheiden. Als Auswahlprämisse gilt, dass diejenige Alternative auszuwählen ist, deren Kosten-Wirksamkeitsindex am kleinsten ist.

[115] Vgl. Finanzen.net (2016)
[116] Eigene Darstellung

4.8 Ergebnisdarstellung

Die Ergebnisse der Bewertung werden in Form eines Punktes (€/Nutzenpunkt | Nutzenpunkte) abgebildet und können auf diese Weise grafisch dargestellt werden. Diese Notation der Ergebnisse erlaubt, den Anforderungen an ein Bewertungsmodell entsprechend (Kapitel 4.1), eine leicht verständliche Kommunizierbarkeit der Ergebnisse, indem die Ergebnispunkte in einem Koordinatensystem abgetragen werden. Auf der Abszisse werden die Nutzenpunkte abgetragen, welche das Ergebnis der in dieser Arbeit durchgeführten, angepassten Nutzwertanalyse sind. Auf der Ordinate werden die Euro pro Nutzenpunkt abgetragen, welche das Ergebnis der angepassten Kosten-Wirksamkeitsanalyse sind. Diese Darstellungsform erlaubt den direkten Vergleich der einzeln bewerteten Anwendungsfälle. Darüber hinaus lässt sich die Veränderung der Bewertungsergebnisse über alle betrachteten Szenarien in Form eines Graphen darstellen. Der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution ist technisch-wirtschaftlich umso sinnvoller, je höher die Zahl der Nutzenpunkte, und je geringer die Kosten pro Nutzenpunkt einer Alternative sind. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Koordinatensystem der Bewertung.

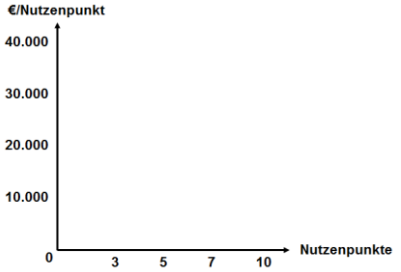


Abbildung 35: Koordinatensystem der Bewertung[117]

Die Bewertungsergebnisse werden anschließend in einer hierarchischen Reihenfolge sortiert, so dass für jedes Szenario ein Anwendbarkeits-Ranking über alle bewerteten Anwendungsfälle erstellt werden kann. Anschließend werden die Bewertungsergebnisse hinsichtlich ihrer Sensitivitäten untersucht, um Bewertungskriterien zu identifizieren, welche einen großen Einfluss auf das Bewertungsergebnis haben, und um diesen Einfluss zu quantifizieren.

[117] Eigene Darstellung

Auf Basis der identifizierten Sensitivitäten und der Veränderung der Anwendbarkeit von Elektromobilität über die betrachteten Szenarien und Anwendungsfälle, lassen sich Implikationen des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution ableiten. Die Implikationen sollen dabei besonders hinsichtlich der zweiten Zielebene (Leistungsziel, Kostenziel, Nachhaltigkeitsziel) betrachtet werden, da diese Zielebene ebenfalls die Ziele einer jeden Unternehmung am Markt spiegelt.[118]

5 Szenarienbildung

Zur Beantwortung der zweiten sekundären Forschungsfrage (siehe Kapitel 2.1) unter Anwendung des entwickelten Bewertungsmodells (Kapitel 4), werden in diesem Kapitel zwei plausible Zukunftsbilder für das Jahr 2030 entwickelt. Die Szenario-Analyse, deren methodische Grundlage in Kapitel 2.4.4 dargestellt wurde, gliedert sich in mehrere Schritte. Im Folgenden ist die Bildung der Szenarien diesen Schritten folgend (Abbildung 8) strukturiert. Nach der Festlegung des zu untersuchenden Bereiches, des Szenario-Feldes, sowie der Analyse des Untersuchungsbereiches und seines Umfeldes werden Einflussbereiche definiert, innerhalb derer Einfluss- und Schlüsselfaktoren ermittelt werden. Anschließend werden die Beziehungen und Wechselwirkungen, die zwischen diesen Faktoren und hinsichtlich des Szenario-Felds bestehen, untersucht. Auf dieser Grundlage können Einzelprognosen für die jeweiligen Einflüsse erstellt und auf Widerspruchsfreiheiten geprüft werden. Danach werden die Einzelprognosen zu Zukunftsbildern zusammengefasst.[119]

5.1 Festlegung des Szenario-Feldes

Zu Beginn der Szenario-Analyse wird der Untersuchungsbereich abgegrenzt und beschrieben, sowie der zeitliche Horizont begründet.

Das Ziel der Szenario Bildung ist die Prognose der Entwicklung der Distributionsstrukturen in der deutschen Konsumgüterindustrie (anhand der sechs Anwendungsfälle) und die Prognose der Entwicklung der Technologie

[118] Vgl. Thommen, Achleitner (2009), S. 113–126
Die Formalziele (Erfolgsziele) einer Unternehmung unterteilen sich in die Zielkategorien Produktivität, Wirtschaftlichkeit sowie Rentabilität und Gewinn. Aus ihnen lassen sich Leistungsziele, Finanzziele, Führungs- und Organisationsziele sowie soziale und ökologische Ziele ableiten (Sachziele).

[119] Vgl. Kosow, Gaßner (2008); vgl. Dirks (2012)

Elektromobilität. Im Mittelpunkt steht die physische Distribution von Konsumgütern in den Strukturen des Handels und zum Endkunden. Darüber hinaus gelten die in Kapitel 2.2 getroffenen Abgrenzungen des Untersuchungsgegenstands.

Das Szenario-Feld wird bis zum Jahr 2030 betrachtet. Der gewählte Zeitrahmen von 15 Jahren birgt einen höheren Unsicherheitsfaktor in sich als die Zeitspanne von 5-10 Jahren, ist jedoch eine der in der Literatur häufig vertretener Zeithorizont für Szenarien-Analysen und Entwicklungsprognosen.[120] Die Entscheidung für einen mittel- bis langfristigen Betrachtungszeitraum von 15 Jahren ist angemessen, da es sich bei der Konsumgüterindustrie, und speziell bei den drei betrachteten Produktgruppen Lebensmittel, Bekleidung und KEP, um große Wirtschaftsabteilungen handelt, welche eine bedeutende volks- und gesamtgesellschaftliche Dimension haben. Dementsprechend langfristig sollen auch die möglichen Entwicklungen bedacht werden, da größere Veränderungen systemischen und strukturellen Charakter haben können. Auch rechtlichen Rahmenbedingungen, welche bspw. von der Europäischen Union oder durch internationale Verträge neu geregelt werden, können mehrere Jahre bis zu ihrer Umsetzung auf nationaler Ebene in Anspruch nehmen. Darüber hinaus handelt es sich bei dem Jahr 2030 um keine utopisch ferne Zukunft, vielmehr betrifft der gewählte Zeithorizont einen großen Teil der jetzigen Bevölkerung Deutschlands, die statistische Lebenserwartung beträgt bei Frauen 83,05 Jahre und bei Männern 78,13 Jahre.[121] Hinzu kommt, dass die übliche Nutzungsdauer eines in gewerblichen Anwendungen eingesetzten Fahrzeugs acht Jahre beträgt und es sich somit bei der Fahrzeuganschaffung um verhältnismäßig langfristige Investitionen handelt.
Diese Arbeit soll darüber hinaus einen Beitrag leisten, die längerfristigen Entwicklungen in der Distribution von Konsumgütern abzuschätzen. Einige Studien und Analysen, etwa zu den Themen Klima, Mobilität oder Entwicklung der Konsumnachfrage und -Trends, betreffen auch die Distribution von Konsumgütern. Sie reichen aber nicht aus, um ein ganzheitliches Zu-

[120] Vgl. Althues (2014); vgl. Schädlich (2011); vgl. Kaiser, Meyer, Schippl (2011), S,. 15 ff; vgl. Hettesheimer, Lerch (2014); vgl. Kraytsberg, Ein-Eli (2011); vgl. Thielmann, Isenmann, Wietschel (2010); vgl. Capsoni et. al. (2012); vgl. Friedrich, Wagner, Bessler (2012); vgl. Intertek (2014); vgl. Kleine-Möllhoff et. al. (2012), S. 19 ff; vgl. Klink et. al. (2012); vgl. Roland Berger (2015)

[121] Vgl. Destatis (2016)

kunftsbild über mögliche Entwicklungen in der Distribution von Konsumgütern zu entwickeln.

5.2 Einfluss- und Schlüsselfaktoren

Bei den in der Szenario-Analyse berücksichtigten Einfluss- und Schlüsselfaktoren handelt es sich im Kern um die bei der Bewertung berücksichtigten Kriterien (Kapitel 4.2). Diese müssen zwingend Bestandteil der Szenario-Analyse sein, um das Bewertungsmodell in den Zukunftsbildern für 2030 anwenden zu können und sollen als Schlüsselfaktoren berücksichtigt werden. Um ganzheitliche Zukunftsbilder zu entwickeln ist es darüber hinaus nötig, weitere Einflussfaktoren der Distribution und der Elektromobilität zu identifizieren und in der Szenario-Analyse zu berücksichtigen.

5.2.1 Einfluss- und Schlüsselfaktoren der Distribution

Insgesamt wurden 12 Einflussfaktoren hinsichtlich der Gestaltung der Distribution und 19 Einflussfaktoren der Elektromobilität auf Basis der Literatur und der Online-Befragung (im Zeitraum vom 28.05.2015 bis zum 03.06.2015) von 24 in der Logistik tätigen Teilnehmern als wesentlich identifiziert. Die Teilnehmer bewerteten die Faktoren auf einer fünfstufigen Likert-Skala hinsichtlich ihres Einflusses auf die Gestaltung von Distributionssystemen bzw. hinsichtlich der Anwendbarkeit von Elektromobilität in der Distribution.

Die sich aus den Gestaltungsparametern der Disposition ergebenen Einflussfaktoren der Distribution lassen sich – nicht vollkommen überschneidungsfrei – in die nachfolgenden vier Gruppen einteilen:

- produktbezogene Einflussfaktoren
- unternehmensbezogene Einflussfaktoren
- wettbewerbsbezogene Einflussfaktoren
- umfeldbezogene Einflussfaktoren

Die produktbezogenen Einflussfaktoren sind von besonderer Bedeutung, da die Gestaltung von Distributionssystemen maßgeblich durch die Distributionsobjekte beeinflusst wird.[122] Das Distributionsobjekt besteht dabei häufig aus einer Kombination von Gut und Dienstleistung. Diese beiden

[122] Hier und im Folgenden: vgl. Specht, Fritz (2005), S. 219 ff; vgl. Ahlert (1996), S. 40 ff, 51 ff, 83 ff, 175 ff; vgl. Roos (2014), S. 58 ff; vgl. Porter (2012), S. 39 ff ; vgl. Huber, Laverentz (2012), S. 121 ff; vgl. Dietel (1997), S. 42 ff

Komponenten können eine unterschiedliche Bedeutung besitzen. Zu den wichtigsten **produktbezogenen Einflussfaktoren** der Distribution gehören:

- *die Art des Guts* (mit seinen chemisch-physikalischen Eigenschaften)
- *die technisch-funktionalen Eigenschaften des Guts* (Ge- oder Verbrauchsgut, Standardisierungs- oder Individualisierungsbedarf)
- *die Menge der zu distribuierenden Güter*
- *das Produktportfolio* (Breite und Tiefe des Produktsortiments)
- *die Periodizität des Bedarfs*
- *die Bedarfsdringlichkeit des Guts*
- *die Ergänzungsbedürftigkeit des Guts mit Dienstleistungen* (z. B. Garantie- und Serviceleistungen)
- *die Wertdichte des Guts,* d. h. das Verhältnis von Gewicht, Volumen und Wert des Guts

Darüber hinaus haben die institutionellen Eigenschaften des Herstellers der Distributionsobjekte, der Absatzmittler und der Wettbewerber am Markt einen großen Einfluss auf die Gestaltung der Distribution. Zu den **unternehmensbezogenen Einflussfaktoren der Distribution** gehören:

- *der Unternehmensstandort* bzw. die geografische Verteilung der Unternehmensstandorte (Dieser Faktor beeinflusst die Marktnähe und die daraus resultierenden Distributionsaufgaben z. B. Umschlag, Konsolidierung etc.)
- *das betriebliche Distributionswissen* (Diese quantitativen und qualitativen Kapazitäten beeinflussen die Wahl des Distributionskanals.)
- *die Unternehmensstrategie* (d. h. unternehmenspolitischen Entscheidungen bspw. bzgl. neuer Produkte, Markteintritte oder Rentabilitätsziele)

Die **wettbewerbsbezogenen Einflussfaktoren** beziehen sich sowohl auf den Umgang mit am Markt konkurrierenden Unternehmen, als auch auf die Situation des Absatzmarktes. Zu diesen Faktoren gehört u. a. die Wettbewerbsintensität, welche sich gemäß der fünf Kräfte nach Porter in die Faktoren Rivalität, neue Konkurrenten, Verhandlungsmacht der Lieferanten, Verhandlungsmacht der Kunden und Ersatzprodukte aufteilt. Hinzu kommen weitere Einflussfaktoren, insgesamt lassen sich die wettbewerbsbezogenen Faktoren wie folgt zusammenfassen:

- *die Substituierbarkeit des Produkts* (Diese wird beeinflusst durch die Art und Verfügbarkeit von Konkurrenzprodukten, die für die Konsumenten eine Ausweichmöglichkeit darstellen.)
- *die Marktnähe* (Die geografische Distanz zwischen Quelle und Senke beeinflusst die Struktur der Distribution (z. B. n-stufig indirekte Distribution).)
- *die Marktkonzentration* (Die lokale Verteilung der Nachfrage beeinflusst ebenfalls die Struktur der Distribution (z. B. n-stufig indirekte Distribution).)
- *die Marktgröße* (Die Größe des Marktes beeinflusst die Absatzmenge.)

Als letzte Gruppe von Einflussfaktoren gilt es die **umfeldbezogenen Faktoren** zu betrachten. Diese lassen sich in die folgenden fünf Bereiche trennen:

- *das ökonomische Umfeld* (Dazu gehören konjunkturelle oder gesamtwirtschaftliche Veränderungen, welche bspw. auf die Finanzkraft der Unternehmung wirken.)
- *das ökologische Umfeld* (Veränderungen in Klima und Witterung können bspw. zu strukturellen Veränderungen in Distributionssystemen führen.)
- *das rechtliche Umfeld* (Zu welchem bspw. wettbewerbs- und datenschutzrechtliche Regelungen gehören, aber auch umweltpolitische Vorgaben im Rahmen des Umweltrechts.)
- *das technische Umfeld* (Welches sich auf die technische, distributionsrelevante Infrastruktur bezieht z. B.: neue Kommunikationssysteme, Transporttechnologien und Zahlungsmethoden.)
- *das sozio-kulturelle Umfeld.* (Dazu gehören demografische Entwicklungen aber auch kulturelle und werteverändernde Faktoren z. B.: steigendes Umweltbewusstsein.)

Es ist ersichtlich, dass sich einige Faktoren der oben aufgelisteten Umfeldbereiche mit bereits erläuterten Einflussfaktoren überschneiden. So lassen sich die umfeldbezogenen Einflussfaktoren im Bereich des sozio-kulturellen und des ökonomischen Umfelds auch als nachfrageverändernde Einflüsse verstehen, welche bereits im Rahmen der produkt- und wettbewerbsbezogenen Einflussfaktoren betrachtet werden. Ähnliches gilt für die Einflussfaktoren des ökologischen Umfelds, welche im Rahmen des Umweltrechts

oder Verbraucherschutzes bereits bei den Faktoren des rechtlichen Umfelds untersucht werden.

Auf Basis der bestehenden Redundanzen werden im Rahmen dieser Untersuchung bei den umfeldbezogenen Einflussfaktoren lediglich die Faktoren des technischen und des rechtlichen Umfelds betrachtet. Die nachfolgende Tabelle systematisiert die nicht vollkommen überschneidungsfreien Einflussfaktoren.

produktbezogene Einflussfaktoren	unternehmensbezogene Einflussfaktoren	wettbewerbsbezogene Einflussfaktoren	umfeldbezogene Einflussfaktoren
Art des Guts	betriebliches Distributionswissen	Marktnähe	rechtliche Rahmenbedingungen
Menge der zu distribuierenden Güter	Unternehmensstrategie	Marktkonzentration	technologische Rahmenbedingungen
Bedarfsdringlichkeit des Guts		Substituierbarkeit des Produkts	
Periodizität des Bedarfs			
Wertdichte des Guts			

Tabelle 11: verdichtete Einflussfaktorenliste - Distribution

Im Ergebnis der Online-Befragung zeigt sich, dass nach Meinung der befragten Experten

- das vorhandene betriebliche Distributionswissen
- die Menge der zu distribuierenden Güter
- die Marktnähe (zurückzulegende Distanzen in der Distribution)
- die technischen Rahmenbedingungen
- die Bedarfsdringlichkeit des Guts
- die Unternehmensstrategie
- Periodizität des Bedarfs

einen hohen Einfluss auf die Gestaltung eines Distributionssystems haben. Die Auswertung der Online-Befragung hat ergeben, dass die Bewertung im

Mittel 3,7 beträgt.[123] Als Einflussfaktoren sollen alle Faktoren mit einer mittleren Bewertung von größer 3,7 gelten.

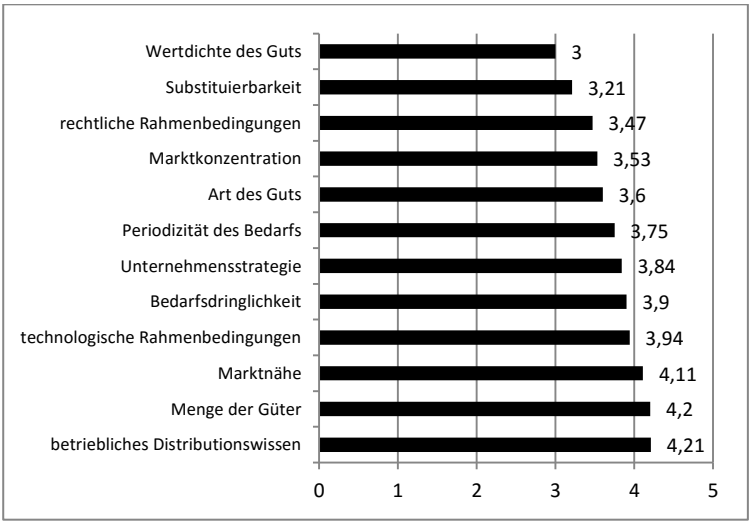


Abbildung 36: Umfrageergebnisse der Bewertung der Einflussfaktoren der Distribution aus dem Jahr 2015[124]

Die Erhebung hat außerdem ergeben, dass alle vier Gruppen von Einflussfaktoren der Distribution in ihrer Bedeutung annährend ähnlich bewertet werden. Die nachfolgende Netz-Darstellung veranschaulicht diesen geringen Unterschied in den Bewertungen.

[123] Die Skala reich von 0 (kein Einfluss) bis 5 (sehr starker Einfluss).
[124] Eigene Darstellung

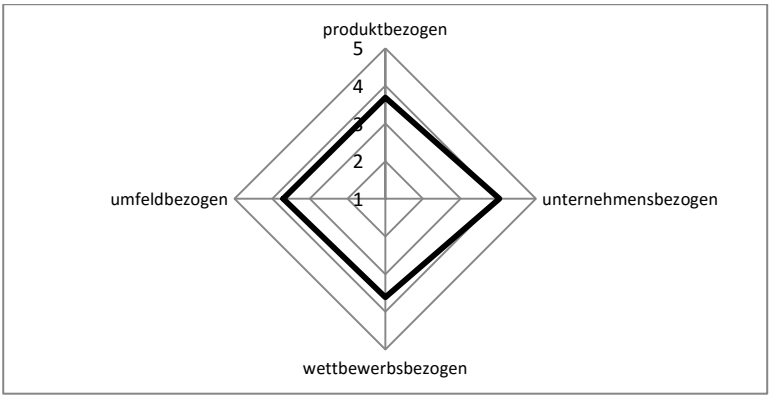


Abbildung 37: Netzdiagramm Einflussbereiche der Distribution[125]

5.2.2 Einfluss- und Schlüsselfaktoren der Elektromobilität

Zusätzlich zu den Einflussfaktoren der Distribution thematisierte die Umfrage ebenfalls die Einflussfaktoren der Elektromobilität. Zur Identifizierung und Strukturierung dieser Faktoren, wurde zur Vorbereitung der empirischen Erhebung eine Literaturrecherche durchgeführt.[126] Im Rahmen dieser Arbeit werden die verschiedenen Einflussbereiche wie folgt – angelegt an die systemische Betrachtung der Elektromobilität in Kapitel 3.2 – strukturiert:

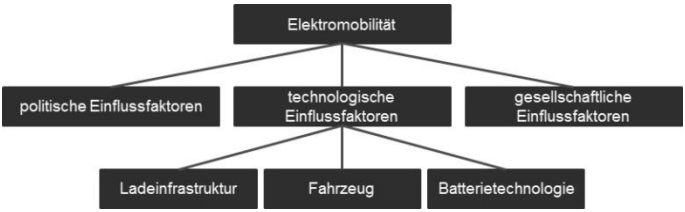


Abbildung 38: Einflussbereiche der Elektromobilität[127]

Die **politischen Einflussfaktoren** sind vielfältig und lassen sich in umwelt-, verkehrs- und energiepolitische Einflussfaktoren unterteilen. Diese feingliedrige Unterscheidung ist jedoch im Fall des vorliegenden Untersu-

[125] Eigene Darstellung

[126] Hier und im Folgenden: vgl. Tenkhoff et. al. (2011), S. 8 ff; vgl. Peters et. al. (2011), S. 6 ff; vgl. Döhring, Aigner-Walder (2011), S. 6 ff; vgl. Bertram, Bongard (2014), S. 38 ff; vgl. Fraunhofer IAO (2012), S. 7 ff; vgl. Golze (2010), S. 4 ff; vgl. Wildemann (2012), S. 15 ff; vgl. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014)

[127] Eigene Darstellung

chungsgegenstands nicht zweckmäßig, stattdessen konzentriert sich dieser Abschnitt auf die wichtigsten Maßnahmen staatlichen Einflusses. Bei diesen handelt es sich um:

- *die umweltrechtlichen Vorgaben* (bspw. die Verschärfung der EU-Flottenziele (Vorgabe von 130 g CO_2/km ab 2015), oder die Einführung und Ausweitung der Umweltzonen und -plaketten)
- *monetäre und nichtmonetäre Förderinstrumente* (z. B. Subventionen, Steuererleichterungen, Forschungsförderung etc.)

Die **technologischen Einflussfaktoren** sollen im Rahmen dieser Arbeit weiter unterteilt werden, um die Bedeutung einzelner technologischer Bereiche herausarbeiten zu können. Als zweckmäßige Unterteilung wurde eine Gliederung in Einflussfaktoren der Batterietechnologie, Fahrzeugtechnologie und Ladeinfrastruktur gewählt. Bei denen die **Ladeinfrastruktur** betreffenden Einflussfaktoren wurden

- *die Güte der Stromnetzinfrastruktur* (Durch den hohen Energiebedarf während des Ladevorgangs nehmen die Anforderungen an den Lastenausgleich im Stromnetz zu. Vielerorts ist die infrastrukturelle Anschlussleistung von Grundstücken und Gebäuden nicht ausreichend in Ladepunkte zu installieren.)
- *die Ladedauer* (Dieser zeitliche Faktor ist bedeutend bzgl. der Akzeptanz der Elektromobilität und bzgl. einer Einbindung dieser Technologie in bestehende Geschäftsprozesse.)

als relevante Einflussfaktoren identifiziert. Bei den das **Fahrzeug** betreffenden technologischen Einflussfaktoren handelt es sich um:

- *die Anschaffungskosten von Elektrofahrzeugen* (Dieser ökonomische Faktor beziehen sich auf das Kosten-Delta zu vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.)
- *die Betriebskosten von Elektrofahrzeugen* (Dieser ökonomische Faktor beziehen sich auf das Kosten-Delta zu vergleichbaren Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren.)
- *das Marktangebot an Elektrofahrzeugen* (Breite des am Markt verfügbaren Angebotsportfolios der Automobilhersteller.)
- *die verfügbare Nutzlast von Elektrofahrzeugen* (Durch das zusätzliche Batteriegewicht sind Elektrofahrzeuge schwerer als vergleichbare Verbrennerfahrzeuge. Diese Verschiebung wirkt sich

direkt auf die Nutzlast aus. Der Leichtbau von Elektrofahrzeugen und veränderte verkehrsrechtliche Rahmenbedingungen wirken dieser Entwicklung entgegen.)

- *die Benutzerfreundlichkeit des Elektrofahrzeugs* (Diese ist für die Akzeptanz der Fahrzeuge bei den Benutzern von ausschlaggebender Bedeutung. Dies schließt die Praktikabilität in der Verwendung des Fahrzeugs mit ein.)

Darüber hinaus gibt es noch drei Einflussfaktoren, welche sich im Rahmen dieser Untersuchung den technologischen Faktoren der **Batterietechnologie** zuordnen lassen: [128]

- *die Kosten der Batterie* (d. h. die Marktpreise für Elektrofahrzeugbatterien, welche maßgeblich durch die Produktionskosten beeinflusst werden.)
- *die Lebensdauer der Batterien* (Diese beeinflusst maßgeblich die zeitliche Dauer der Verwendbarkeit des gesamten Elektrofahrzeugs.)
- *die Reichweite* (Die Reichweite ist derzeit einer der limitierenden Faktoren der am Markt verfügbaren Elektrofahrzeuge.)

Von den aufgeführten technologischen Einflussfaktoren wird der *Entwicklung der Batterietechnologie* in der Literatur die größte Bedeutung für die gesamte technologische Entwicklung der Elektromobilität zugesprochen.

Zu den **gesellschaftlichen Einflussfaktoren** der Elektromobilität gehören:

- *das Image der Elektromobilität* (Das dieser Technologie oft zugesprochenen „grüne“ und nachhaltige Image beeinflusst die Nutzerakzeptanz der Elektromobilität.)
- *das steigende Umweltbewusstsein der Bevölkerung* (Speziell in Ballungsräumen und in den jüngeren Generationen nimmt das Umweltbewusstsein stetig zu. Dies Beeinflusst u. a. auch die (Güter-)Mobilitätsnachfrage der Bevölkerung)

Als Zusammenfassung aller vorgestellten Einflussfaktoren der Elektromobilität dient die nachfolgende Tabelle, welche alle Einflussparameter den genannten Einflussbereichen zuordnet.

[128] Die Anforderungen, welche mobile Anwendungen an die Batterietechnologie stellen, sind im Anhang 2 ausführlich dargestellt.

politische Einflussfaktoren	technologische Einflussfaktoren			gesellschaftliche Einflussfaktoren
	Lade-infrastruktur	Batterie-technologie	Fahrzeug	
umwelt-rechtliche Vorgaben	Ladedauer	Kosten Batterie	Anschaffungs-kosten	steigendes Umweltbewusstsein
monetäre und nicht-monetäre Förderinstrumente	Güte Stromnetzinfrastruktur	Lebensdauer Batterie	Betriebskosten	Image E-Mobilität
		Reichweite	Nutzlast	
			Marktangebot E-Fzg	
			Benutzer-freundlichkeit	

Tabelle 12: Einflussfaktorenliste - Elektromobilität

Die 14 Einflussfaktoren aus drei Einflussbereichen in diesen Einflussbereichen sind inhaltlich nicht vollkommen überschneidungsfrei. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen, dass bezüglich der Einflussfaktoren der Elektromobilität die befragten Experten folgende Faktoren als besonders einflussreich bewerteten:

- die Kosten der Batterie
- die Lebensdauer der Batterie
- die Reichweite des Elektrofahrzeugs
- die Anschaffungskosten des Elektrofahrzeugs
- umweltrechtliche Vorgaben
- die Betriebskosten des Elektrofahrzeugs.

Die Auswertung der Online-Befragung hat ergeben, dass die Bewertung im Mittel 3,9 beträgt. Als Einflussfaktoren sollen alle Faktoren mit einer mittleren Bewertung von größer 3,9 gelten.

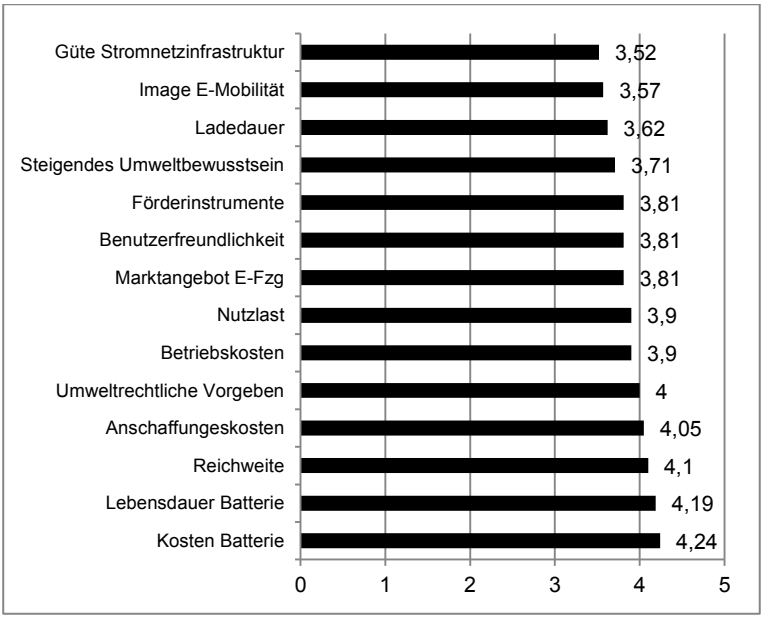


Abbildung 39: Umfrageergebnisse der Bewertung der Einflussfaktoren der Distribution aus dem Jahr 2015[129]

Bei einer erneuten Zuordnung der hier identifizierten relevanten Einflussfaktoren in die zuvor dargestellten Einflussbereiche der Elektromobilität zeigt sich, dass neben den politischen Einflussfaktoren die technologischen Faktoren von besonderer Bedeutung sind. Bei letzteren zeigen die Einflüsse aus den Bereichen Batterie- und Fahrzeugtechnologie eine stärkere Ausprägung als Faktoren, die dem Bereich der Ladeinfrastruktur zugeordnet wurden. Die nachfolgende Netz-Darstellung veranschaulicht diesen Zusammenhang.

[129] Eigene Darstellung

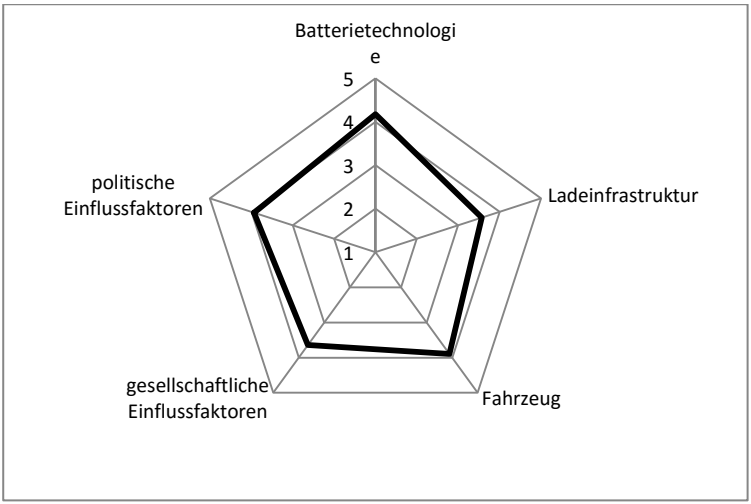


Abbildung 40: Netzdiagramm Einflussbereiche der Elektromobilität[130]

Eine weitere, bereits im September 2014 erhobene Stichprobe kommt zum selben Ergebnis. Dabei handelte es sich um eine gleichartig aufgebaute Befragung mit identischer Fragestellung, an der 38 Praktiker aus der mittleren Führungsebene deutscher Unternehmen aus dem produzierenden Gewerbe (nicht der Konsumgüterindustrie) teilnahmen. Da die Teilnehmer dieser Erhebung zwar in den Logistikabteilungen ihrer Unternehmen tätig sind, jedoch nicht zwangsläufig ein tiefergehendes betriebliches Distributionswissen besaßen, ist diese Erhebung aus dem Jahr 2014 nur als Indikator zu betrachten, welche jedoch im vorliegenden Fall die Ergebnisse der Erhebung aus dem Jahr 2015 stützt.

5.2.3 Wirkungszusammenhänge

Insgesamt sind die folgenden (nicht überschneidungsfreien) Einflussfaktoren für die Betrachtung der Wirkungszusammenhänge relevant.

[130] eigene Darstellung auf Basis der im Text beschriebenen eigenen Erhebung

Einflussfaktoren Distribution	Einflussfaktoren Elektromobilität	Bewertungskriterien
betriebliche Distributionswissen	Batteriekosten	Reichweite
Gütermenge	Lebensdauer der Batterie	Nutzlast
Distanzen in der Distribution	Reichweite des Elektrofahrzeugs	Ladedauer
technologischen Rahmenbedingungen	Anschaffungskosten des Elektrofahrzeugs	Anschaffungskosten des Elektrofahrzeugs
Bedarfsdringlichkeit des Guts	umweltrechtliche Vorgaben	Betriebskosten des Elektrofahrzeugs
Unternehmensstrategie	Betriebskosten des Elektrofahrzeugs	Ladeinfrastrukturkosten
Periodizität des Bedarfs		CO_2e-Emissionen
		Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution
		Marktdurchdringung

Tabelle 13: Übersicht aller (nicht überschneidungsfreien) Einflussfaktoren[131]

Zur Durchführung der Szenario-Analyse ist es erforderlich, diese mit Überschneidungen versehenen Faktoren in überschneidungsfreie Einflussfaktoren – jeweils für die Distribution und Elektromobilität – zu überführen. Wie bereits erwähnt, ist es für die spätere Anwendung des Bewertungsmodells erforderlich, dass alle Bewertungskriterien bei der Erstellung der Zukunftsbilder berücksichtigt werden, weshalb sie entweder den Einflussfaktoren der Distribution, oder denen der Elektromobilität zugeordnet werden. Die Faktoren der Tabelle 13 lassen sich, wie nachfolgend beschrieben, in überschneidungsfreie Einflussfaktoren unterteilen, welche anschließend hinsichtlich ihrer Wirkungszusammenhänge untersucht werden.

<u>Einflussfaktoren Distribution:</u>

- betriebliches Distributionswissen
- Gütermenge
  (Hier besteht ein enger Zusammenhang zum Bewertungskriterium Nutzlast)

[131] Eigene Darstellung

- Distanzen in der Distribution
- Marktdurchdringung
  (Die technologischen Rahmenbedingungen lassen sich im Wesentlichen auf die Verfügbarkeit der Technologie am Markt reduzieren.)
- Bedarfsdringlichkeit des Guts
- Unternehmensstrategie
- Lieferfrequenzen
  (Die Periodizität des Bedarfs schlägt sich in den Lieferfrequenzen nieder.)
- Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution

Einflussfaktoren Elektromobilität:

- Reichweite
- Nutzlast
- Ladedauer
- Anschaffungskosten
  (Die Batteriekosten sind Bestandteil der Anschaffungskosten eines Elektrofahrzeugs.)
- Betriebskosten
  (Die Lebensdauer der Batterie spielt hier mit hinein.)
- Ladeinfrastrukturkosten
- CO_2e-Emissionen
  (Die umweltrechtlichen Vorgaben lassen sich im Wesentlichen auf die Vorgaben zum Emissionsausstoß reduzieren.)

Die aufgeführten Faktoren werden im nun folgenden Schritt hinsichtlich ihrer Wirkungszusammenhänge untersucht. Das dafür verwendete Verfahren der Interdependenzanalyse dient der Bewertung der Korrelation zwischen den Einflussfaktoren, und stellt den Schritt zur Identifizierung der Schlüsselfaktoren dar. Die Bewertung erfolgt hierbei durch eine Benotung von 0 (kein Einfluss) bis 3 (starker Einfluss) unter der Anwendung der Aktiv-Passiv-Matrix und des System-Grids.[132] Der für die Einordnung der Faktoren in ein Koordinatensystem wichtige Mittelwert wird berechnet, indem der Aktiv-Passiv-Wert durch die Zahl der untersuchten Faktoren dividiert wird.

[132] Vgl. Reibnitz (1992), S. 34 ff

Im Folgenden werden die Wirkungszusammenhänge der einzelnen Faktoren der Distribution erläutert. Das Ziel der Analyse besteht darin, die einflussstärksten Faktoren zu ermitteln.

beeinflusste Faktoren / wirkende Faktoren	Lieferfrequenz	Bedarfsdringlichkeit des Guts	Gütermenge	Distanzen in der Distribution	Unternehmensstrategie	vorhandenes betriebliches Distributionswissen	Marktdurchdringung	**Aktivwert**
Lieferfrequenz		0	2	1	1	1	0	5
Bedarfsdringlichkeit des Guts	3		2	2	2	0	0	9
Gütermenge	1	0		1	2	0	1	5
Distanzen in der Distribution	1	0	0		0	0	0	1
Unternehmensstrategie	2	0	1	2		2	0	7
vorhandenes betriebliches Distributionswissen	0	0	0	0	3		0	3
Marktdurchdringung	0	0	1	0	2	0		3
Passivwert	7	0	6	6	10	3	1	33

Tabelle 14: Interdependenzmatrix Distribution (Einflussfaktoren)[133]

Die Summe der Aktiv- und der Passivwerte beträgt 32, was zu einem mittleren Aktiv- bzw. Passivwert von 4,7 führt. Alle Faktoren mit einem Aktivwert größer 4,7 sind somit als besonders einflussreich anzusehen.

Im Folgenden werden die Wirkungszusammenhänge erläutert. Da das Ziel der Analyse darin besteht, die einflussstärksten Faktoren zu ermitteln, wird

[133] Eigene Darstellung

hier nur auf diejenigen eingegangen, deren Aktivwert mit dem Wert 2 (mittlerer Einfluss) oder 3 (starker Einfluss) bewertet wurden.

- Die Lieferfrequenz hat einen mittleren Einfluss auf die zu distribuierende Gütermenge, da bei großen Intervallen je Lieferung tendenziell mehr Güter distribuiert werden.
- Die Bedarfsdringlichkeit des Gutes hat einen starken Einfluss auf die Lieferfrequenz, da der Logistikdienstleister oder Händler bestrebt ist, diese Güter dauerhaft für die Kunden verfügbar zu halten. Da Lagerbestände aufgrund von Kostenzielen von den Unternehmen vermieden werden (oder im Handel aufgrund der räumlichen Bedingungen nicht möglich sind), führt eine hohe Bedarfsdringlichkeit eines Guts tendenziell zu kurzen Lieferfrequenzen. Die Bedarfsdringlichkeit eines Gutes hat darüber hinaus einen mittleren Einfluss auf die zu distribuierende Gütermenge (Begründung analog zum Zusammenhang von Lieferfrequenz und Gütermenge), auf die Distanzen in der Distribution (welche bei steigender Bedarfsdringlichkeit aufgrund der Sicherstellung der Verfügbarkeit dieser Güter bei gleichzeitiger Einhaltung der Kostenziele tendenziell abnehmen) und auf die Unternehmensstrategie (welche sich mit zunehmender Bedarfsdringlichkeit tendenziell eher qualitätsorientiert gestaltet).
- Die Menge der zu distribuierenden Güter hat einen mittleren Einfluss auf die Unternehmensstrategie, da ein hoher Durchsatz in der Distribution tendenziell die Realisierung von Skaleneffekten in der Distribution ermöglicht.
- Die Unternehmensstrategie hat einen mittleren Einfluss auf die Lieferfrequenz (da in Richtung Qualitätsführerschaft orientierte Unternehmen ihren Kunden eher kürzere Lieferfrequenzen anbieten, um bspw. eine hohe Versorgungssicherheit zu gewährleisten), auf die Distanzen in der Distribution (siehe Argumentation Bedarfsdringlichkeit)[134] und einen mittleren Einfluss auf das vorhandene betriebliche Distributionswissen (welches bei an der Qualitätsführerschaft orientierten Unternehmen tendenziell hö-

[134] Geringe Distanzen in der Distribution ermöglichen den Logistikdienstleistern oder Händlern eine hohe Flexibilität und Verlässlichkeit hinsichtlich der Erfüllung des Servicelevels (bspw. in der Qualitätsführerschaft).

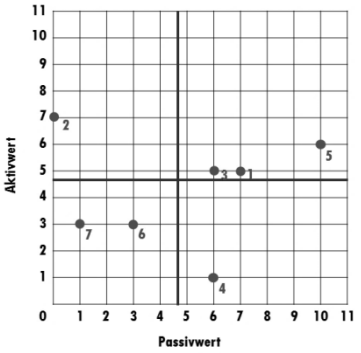
her ist, da fundierte Kenntnisse zur Erreichung hoher Servicelevel in der Distribution nötig sind).

- Das vorhandene betriebliche Distributionswissen hat einen starken Einfluss auf die Unternehmensstrategie, da nur mit tendenziell hohem Know-How hohe Servicelevel in der Distribution erreicht werden.
- Die Marktdurchdringung hat einen mittleren Einfluss auf die Unternehmensstrategie, da ohne die Verfügbarkeit einer Technologie (bspw. der Elektromobilität) die Realisierung gesetzter Unternehmensziele (bspw. Nachhaltigkeitsziele) nur bedingt möglich ist.

In einem nächsten Schritt wird die Stärke ihres Einflusses bewertet, welche die Faktoren aufeinander ausüben. Diese Korrelation wird in einem System-Grid dargestellt.[135] Die Anordnung der Faktoren im System-Grid spiegelt ihre Aktiv- und Passivwerte wieder, und veranschaulicht somit die Wahl der Schlüsselfaktoren. Zur Unterteilung des System-Grids wird der Mittelwert der Aktiv- und der Passivsumme (4,7) eingezeichnet. Die vier Quadranten, in welche sich die Faktoren zuordnen lassen, besitzen jeweils eigene Charakteristika. Im Feld I (oben links) befinden sich die aktiven Faktoren, deren Aktivsumme höher als ihre Passivsumme ist. Im Feld II (oben rechts) befinden sich die ambivalenten Faktoren, deren Aktiv- und Passivsummen relativ hoch sind. Im Feld III (unten rechts) befinden sich die passiven Faktoren, deren Passivsumme höher als die Aktivsumme ist. Schließlich befinden sich im Feld IV (unten links) die puffernden Faktoren mit der relativ geringen Aktiv- und Passivsumme.[136]

[135] Unter einem System-Grid wird ein Koordinatensystem verstanden, auf dessen Ordinaten die Aktivsumme-Werte und auf dessen Abszisse die Passivsumme-Werte abgetragen werden.

[136] Vgl. Reibnitz (1992), S. 38



1 Lieferfrequenz

2 Bedarfsdringlichkeit des Guts

3 Gütermenge

4 Distanzen in der Distribution

5 Unternehmensstrategie

6 vorhandenes betriebliches Distributionswissen

7 Marktdurchdringung

Abbildung 41: System Grid Einflussfaktoren Distribution (mit Legende)[137]

Die Darstellung veranschaulicht die Bestimmung von 5 Schlüsselfaktoren, die für die Erstellung der Prognosen herangezogen werden. Die puffernden Faktoren werden im Folgenden nicht weiter betrachtet.

aktive Faktoren	ambivalente Faktoren	passive Faktoren	puffernde Faktoren
Bedarfsdringlichkeit des Gutes	Lieferfrequenz	Distanzen in der Distribution	vorhandenes betriebliches Distributionswissen
	Gütermenge		Marktdurchdringung
	Unternehmensstrategie		

Tabelle 15: Ergebnisdarstellung System Grid Distribution

Im Folgenden werden die Wirkungszusammenhänge der einzelnen Faktoren der Elektromobilität erläutert. Das Ziel der Analyse besteht darin, die einflussstärksten Faktoren zu ermitteln.

[137] Eigene Darstellung

beeinflusste Faktoren / wirkende Faktoren	Reichweite	Nutzlast	Ladedauer	Anschaffungskosten	Betriebskosten	Ladeinfrastrukturkosten	CO_2e-Emissionen	**Aktivwert**
Reichweite		0	2	3	2	0	3	10
Nutzlast	0		0	3	2	0	0	5
Ladedauer	1	0		2	1	3	0	7
Anschaffungskosten	1	0	1		0	0	0	2
Betriebskosten	1	0	0	0		0	0	1
Ladeinfrastrukturkosten	0	0	3	0	0		0	3
CO_2e-Emissionen	0	0	0	0	0	0		0
Passivwert	3	0	6	8	5	3	3	28

Tabelle 16: Interdependenzmatrix Elektromobilität (Einflussfaktoren)[138]

Die Summe der Aktiv- und der Passivwerte beträgt 28, was zu einem mittleren Aktiv- bzw. Passivwert von 4 führt. Alle Faktoren mit einem Aktivwert größer 4 sind somit als besonders einflussreich anzusehen.

Im Folgenden werden die Wirkungszusammenhänge erläutert. Da das Ziel der Analyse darin besteht, die einflussstärksten Faktoren zu ermitteln, wird hier nur auf diejenigen eingegangen, deren Aktivwert mit dem Wert 2 (mittlerer Einfluss) oder 3 (starker Einfluss) bewertet wurden.

[138] Eigene Darstellung

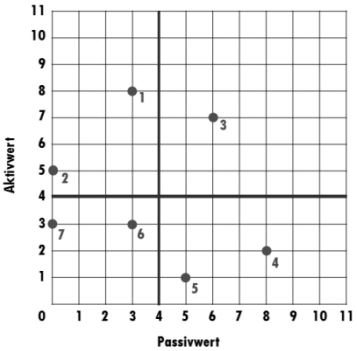
- Die Reichweite hat einen mittleren Einfluss auf die Ladedauer, da hohe Reichweiten tendenziell eher mit großen Batteriekapazitäten zu erreichen sind, welche tendenziell für den Ladevorgang mehr Zeit benötigen.[139] Der Einfluss der Reichweite auf die Anschaffungskosten ist als stark zu bewerten, denn auch hier ist die Größe der Batterie (verfügbare Batteriekapazität) von zentraler Bedeutung. Die Kosten einer Batterie steigen mit ihrer Kapazität, große Batterien mit denen sich hohe Reichweiten realisieren lassen, sind somit teurer, was sich in höheren Anschaffungskosten für das Fahrzeug niederschlägt. Außerdem benötigen diese Batterien mehr Energie während des Ladevorgangs, was direkt auf die Betriebskosten wirkt (mittlerer Einfluss; hohe Reichweiten führen zu höheren Betriebskosten). Die Reichweite wirkt darüber hinaus stark auf die CO_2e-Emissionen, da diese kilometerabhängig emittiert werden (hohe Reichweite führt zu höheren Emissionen).
- Die Nutzlast des Fahrzeugs hat einen starken Einfluss auf die Anschaffungskosten des Fahrzeugs, da die Nutzlast neben der Fahrzeugleistung auch von der Art des Fahrzeugs (Fahrzeugklasse) abhängt. Fahrzeuge mit großen Nutzlasten (bspw. 12 t oder 40 t LKW) benötigen große, leistungsfähige Batterien und sind generell größer. Beide Punkte beeinflussen die Anschaffungskosten positiv. Zusätzlich hat die Nutzlast einen mittleren Einfluss auf die Betriebskosten. Die Begründung ist analog der des Zusammenhangs von Reichweite und Betriebskosten.
- Die Ladedauer hat einen mittleren Einfluss auf die Anschaffungskosten, da geringere Ladezeiten sich über bestimmte Ladetechnologien (bspw. Schnelladen mittels Wechselstrom) realisieren lassen, welche gleichzeitig teurer sind als bspw. das langsame Laden über einen Schuko Stecker. Da die Fahrzeuge auf bestimmte Ladetechnologien ausgelegt sein müssen, beeinflusst dies den Anschaffungspreis (geringe Ladedauern durch spezielle Ladetechnologien welche teurer sind). Gleichzeitig beeinflusst die Ladedauer stark die Ladeinfrastrukturkosten (analoge Begründung).
- Dieser Zusammenhang gilt auch umgekehrt, denn die Ladeinfrastrukturkosten beeinflussen stark die Ladedauer eines Fahrzeugs.

[139] Der Einfluss ist auch deshalb als mittel anzusehen, da unterschiedliche Ladetechnologien am Markt verfügbar sind. Dennoch gibt es eine Korrelation zwischen zu ladender Kapazität und dafür benötigter Zeit.

Moderne, technisch anspruchsvolle Schnellladestationen sind bspw. teurer, ermöglichen aber, den Ladevorgang in kurzer Zeit durchzuführen.

In einem nächsten Schritt wird die Stärke des Einflusses bewertet, den die Faktoren aufeinander ausüben. Diese Korrelation wird in einem System-Grid dargestellt.[140] Die Anordnung der Faktoren im System-Grid spiegelt ihre Aktiv- und Passivwerte wider und veranschaulicht somit die Wahl der Schlüsselfaktoren. Zur Unterteilung des System-Grids wird der Mittelwert der Aktiv- und der Passivsumme (3,7) eingezeichnet. Die vier Quadranten, in welche sich die Faktoren zuordnen lassen, besitzen jeweils eigene Charakteristika. Im Feld I (oben links) befinden sich die aktiven Faktoren, deren Aktivsumme höher als ihre Passivsumme ist. Im Feld II (oben rechts) befinden sich die ambivalenten Faktoren, deren Aktiv- und Passivsummen relativ hoch sind. Im Feld III (unten rechts) befinden sich die passiven Faktoren, deren Passivsumme höher als die Aktivsumme ist. Schließlich befinden sich im Feld IV (unten links) die puffernden Faktoren mit der relativ geringen Aktiv- und Passivsumme.[141]

Analog zum vorhergehenden Kapitel lassen sich die Einflussfaktoren der Elektromobilität ebenfalls in ein System Grid einordnen.



1 Reichweite

2 Nutzlast

3 Ladedauer

4 Anschaffungskosten

5 Betriebskosten

6 Ladeinfrastrukturkosten

7 CO_2e-Emissionen

Abbildung 42: System Grid Einflussfaktoren Elektromobilität (mit Legende)[142]

[140] Unter einem System-Grid wird ein Koordinatensystem verstanden, auf dessen Ordinaten die Aktivsumme-Werte und auf dessen Abszisse die Passivsumme-Werte abgetragen werden.

[141] Vgl. Reibnitz (1992), S. 38

[142] Eigene Darstellung

Gemäß dieser Vorgehensweise lassen sich fünf Schlüsselfaktoren bestimmen, welche für die Erstellung der Prognosen herangezogen werden. Die puffernden Faktoren werden – anders als bei den Schlüsselfaktoren der Distribution – im Folgenden weiterhin betrachtet, da sie für die Bewertung notwendige Kriterien repräsentieren. Sie müssen daher Bestandteil der Zukunftsbilder sein, um die Bewertung durchführen zu können. Somit werden alle sieben, als einflussreich bewerteten Einflussfaktoren, als Schlüsselfaktoren gelten.

aktive Faktoren	ambivalente Faktoren	passive Faktoren	puffernde Faktoren
Reichweite	Ladedauer	Anschaffungskosten	Ladeinfrastruktur-kosten
Nutzlast		Betriebskosten	CO_2e-Emissionen

Tabelle 17: Ergebnisdarstellung System Grid Elektromobilität

5.3 Prognostik

Die ermittelten Schlüsselfaktoren werden im Folgenden in Bezug auf ihre Entwicklungsmöglichkeiten eingestuft und beschrieben. Es soll dabei festgestellt werden, ob es sich um sog. sichere oder unsichere Faktoren handelt. Die sicheren Faktoren werden als solche in die Prognosen übernommen. Für die unsicheren Faktoren, d. h. für diejenigen, die sich in der Zukunft unterschiedlich entwickeln werden, werden jeweils zwei Entwicklungsvarianten erarbeitet. Die einzelnen Entwicklungsvarianten der Faktoren werden auf Basis aller geführten Experteninterviews sowie zahlreicher Zukunftsstudien und Trend-Untersuchungen entwickelt.[143]

[143] Hier und im Folgenden: Vgl. TCFG – The Consumer Goods Forum (2010), S. 17 ff, 25 ff; vgl. Fraunhofer IAO (2012), S. 12 ff; vgl. Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014), S. 5 ff, 16 f39 f, 43 f; vgl. Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung (2010), S. 16 ff, 48 ff; vgl. Phleps et.al. (2015), S. 13 ff, 23 ff; vgl. Nagel (2011); vgl. Koglin (2014), S. 18 ff, 24 f, 34 ff; vgl. Festag, Rehme, Krause (2016), S. 10–25; vgl. Brokate et. al. (2013), S. 24–43; vgl. Richter, Lindenberger (2010), S. 57 ff, 89 f, 110 f; vgl. Progtrans (2007), S. 57 ff, 89 ff, 110 ff ,131 ff; vgl. Schubert et. al. (2014); vgl. Zimmer, Hacker (2012), S. 13–26; vgl. KPMG AG, EHI Retail Institute (2012), S. 8–39; vgl. EU-Verordnung 443/2009 (2009); vgl. EU-Verordnung 333/2014 (2014); vgl. EU-Verordnung 510/2011 (2011); vgl. Klink et. al. (2012); vgl. Roland Berger (2015); vgl. BTE, IFH Köln, KPMG (2015); vgl. Hao, Geng, Sarkis (2016); vgl. IEA, OECD (2009); vgl. World Energy Council (2011); vgl. Prognos AG, EWI, GWS (2014), S. 45–233; vgl. Exxon Mobil (2011)

Schlüsselfaktor 1: *Lieferfrequenz*

Die Lieferfrequenz bestimmt die Fließgeschwindigkeit der Distributionsobjekte und die Auslastung der distributiven Ressourcen.[144] Die Lieferfrequenz wird dabei über die Systemkostenperspektive bestimmt, bei welcher Lieferzeit und Lieferfrequenz im unmittelbaren Zusammenhang stehen. „Kurze Lieferzeiten erfordern hohe Lieferfrequenzen und erhöhen die Transportkosten […].“[145] Die Lieferfrequenz ist daher genau dann optimal, wenn die Kundenanforderungen gerade noch erfüllt werden können. Die Lieferfrequenzen sind daher direkt von den Kundenanforderungen abhängig. Für das Jahr 2030 ist, auf Basis der Informationen die in den Expertenинterviews erhobenen und in den recherchierten Trend- und Zukunftsstudien gefunden wurden, von zwei Entwicklungsvarianten auszugehen (unsicherer Faktor).

- Die Lieferfrequenzen verkürzen sich deutlich im Vergleich zu 2015, Mehrfach tägliche Lieferungen im Handel und taggleiche Lieferungen bzw. Lieferungen im Nachtsprung bei der Belieferung von Endkunden (Same-Day bzw. Next-Day Delivery) sind die Regel und entsprechen den Kundenerwartungen.

  Online-Informationsquellen sind für die Endkunden von großer Bedeutung, zusätzlich hat sich der Onlineversandhandel (E-Commerce und m-Commerce) aufgrund der Einsatzmöglichkeiten mobiler Endgeräte und effizienter Prozesse zu einem bei Konsumgütern etablierten und ohne Mehrkosten behafteten Absatzkanal entwickelt. Die Digitalisierung der Gesellschaft umfasst darüber hinaus auch die Handelsunternehmen, welche ihre Warenwirtschaft und Kommunikation zu ihren Subunternehmern vollständig digitalisiert haben. Durch hohe, den Kundenerwartungen entsprechende Lieferfrequenzen kann eine hohe Warenverfügbarkeit eines breiten Sortiments auch in räumlich begrenzten Verkaufsflächen ohne Lagermöglichkeiten erreicht werden.
- Die Lieferfrequenzen verkürzen sich im Vergleich zu 2015 moderat. Im Handel entspricht die tägliche Belieferung den Kundenerwartungen und bei der Belieferung von Endkunden beträgt die Regellaufzeit einer Sendung einen Tag (24h). Taggleiche Lieferungen werden als zusätzlich bepreister Service angeboten und besonders von großen Onlineversandhäusern nachgefragt, sind aber nicht die Regel.

[144] Vgl. Krüger (2004), S. 144
[145] Krüger (2004), S. 144

Die Digitalisierung der Gesellschaft führt zu einer effizienteren Kommunikation innerhalb von Handelsunternehmen und innerhalb der jeweiligen Distributionsnetzwerke. Aufgrund des Kostendrucks bleiben im Handel tägliche Lieferfrequenzen die Regel. Bei der Belieferung von Endkunden hat sich eine Regellaufzeit einer Sendung von 24 Stunden etabliert, eine taggleiche Zustellung ist bei einer Mehrpreisbereitschaft der Kunden möglich. Gerade bei Konsumgütern hängt diese Mehrpreisbereitschaft maßgeblich vom Gut selbst und der Situation des Käufers zusammen, im Regelfall dominiert in der Nutzenbewertung der Endkunden die Preissensibilität über die Zeitsensibilität der Lieferung.

Schlüsselfaktor 2: *Bedarfsdringlichkeit des Gutes*

Die Bedarfsdringlichkeit gibt die Priorisierung von Material- bzw. Lieferanforderungen wieder und bringt so den Stellenwert des Guts für den Nachfrager zum Ausdruck. Güter gelten immer dann als besonders bedarfsdringlich, wenn es sich um nicht substituierbare Güter handelt, die lebensnotwendig (und somit preisunelastisch) sind. Auch nicht-lebensnotwendige Güter (preiselastisch) können bedarfsdringlich sein, bspw. wenn sie aufgrund von Konventionen (Erwartungen der Kunden oder der Gesellschaft) nicht substituiert werden können. Die Bedarfsdringlichkeit hängt vom Endkunden und seinen persönlichen Indifferenzkurven (bzgl. des betreffenden Gutes) ab. Der Vergleich des Anspruchsniveaus eines Westeuropäers mit dem eines Afrikaners oder Inders verdeutlicht die Individualität der Bedarfsdringlichkeit von Gütern. Da sich diese Arbeit auf die Distribution von Konsumgütern fokussiert, gilt dieser Schlüsselfaktor als sicherer Faktor, d. h. es werden keine Entwicklungsvarianten entwickelt. In den betrachteten Bereichen der Konsumgüterindustrie werden Lebensmittel, Bekleidung und KEP-Sendungen distribuiert (Ge- und Verbrauchsgüter). Dabei handelt es sich in der Regel um substituierbare, nicht-lebenswichtige Güter[146], weshalb die Bedarfsdringlichkeit als Schlüsselfaktor in den zu entwickelnden Szenarien für 2030 im Status Quo von 2015 erhalten bleibt.

[146] Bei Lebensmitteln in Gänze handelt es sich natürlich um lebensnotwendige Güter, jedoch sind einzelne Lebensmittel substituierbar. Insgesamt existiert somit eine Bedarfsdringlichkeit nach Lebensmittel im Allgemeinen, jedoch nicht nach bestimmten Lebensmitteln im Speziellen.

Schlüsselfaktor 3: *Gütermenge*

Bei diesem Schlüsselfaktor handelt es sich um einen unsicheren Faktor, daher werden zwei Entwicklungsvarianten entwickelt. Die historische Entwicklung der Gütermengen in der Distribution in den betrachteten Bereichen der Distribution von Lebensmitteln, Bekleidung und KEP-Sendungen lässt sich über den Indikator der Umsatzentwicklung in diesen Bereichen ablesen. Die Umsätze der Lebensmittelindustrie, des Bekleidungshandels, des E-Commerce sowie der Umsatz bei KEP-Dienstleistungen waren in der Vergangenheit in der Tendenz positiv, so dass diese Trendentwicklung als Ausgangspunkt für die zukünftigen Entwicklungsvarianten dienen kann.[147]

- Kontinuierliche Zunahme der zu distribuierenden Gütermengen in der Konsumgüterindustrie.

  Die stetig steigende Kaufkraft der Bevölkerung, welche durch positive konjunkturelle Entwicklungen der Volkswirtschaft getragen wird, führt zu einem positiven Konsumklima. Es werden jährlich mehr Güter nachgefragt bzw. konsumiert, weshalb die Distributionsvolumina ansteigen. Darüber hinaus führt die zunehmende Sortimentsbreite und -tiefe (begründet in der Kundennachfrage) zu einem Anstieg der zu distribuierenden Gütermengen.
- Stagnation der zu distribuierenden Gütermengen in der Konsumgüterindustrie.

  Die nachgefragten bzw. konsumierten Gütermengen bleiben im Wesentlichen auf dem Niveau von 2015. Diese Entwicklung kann sowohl von einer stagnierenden Kaufkraft der Bevölkerung (bspw. verursacht durch konjunkturelle Rückgänge oder Schwankungen), als auch von einer Verhaltensänderung der Konsumenten bzw. Endverbraucher getrieben werden.

Schlüsselfaktor 4: *Distanzen in der Distribution*

Die in der Distribution zurückzulegenden Distanzen werden bei Konsumgütern vorrangig durch die Kundennachfrage (Anforderungen an den Servicelevel) beeinflusst. Die steigenden Kundenanforderungen nach der steten Verfügbarkeit eines breiten und tiefen Sortiments beeinflussen die Distanzen in der Distribution (unsicherer Faktor).

[147] Vgl. Statista (2015 f); vgl. Statista (2016 c); vgl. Statista (2016 f); vgl. Statista (2016 g); vgl. Statista (2016 h); vgl. Statista (2016 i); vgl. Statista (2016 j); vgl. Statista (2016 m); vgl. Statista (2016 m); vgl. BIEK (2013); vgl. BIEK (2015)

- Kontinuierliche Abnahme der Distanzen in der Distribution.
  Die in der Distribution zurückzulegenden Distanzen sinken kontinuierlich, da die Unternehmen auf diese Weise in der Lage sind, die zunehmenden Kundenanforderungen bzgl. der Verfügbarkeit des Sortiments zu befriedigen. Geringe Distanzen in der Distribution führen zu einer gesteigerten Flexibilität und Reaktionsfähigkeit in der Distribution, wodurch ein höheres Servicelevel realisiert werden kann. Hinzu kommt, dass sich die Konsumgüternachfrage zunehmend geografisch in den Ballungszentren konzentriert. Bereits heute werden bspw. in der Fashion-Distribution rund 80 % der zu distribuierenden Volumina in knapp 60 % der Zustellgebiete distribuiert.[148] *Auch im stationären Lebensmitteleinzelhandel ist die Filialdichte in Ballungsgebieten höher als im ländlichen Gebiet. Eine Fortschreibung dieser Entwicklung führt zu tendenziell abnehmenden Distanzen in der Distribution.*[149]
- Keine Veränderungen bzgl. der Distanzen in der Distribution.
  Diese Entwicklung schreibt den Status quo fort. Die Distanzen in der Distribution werden sich somit auch zukünftig nicht (oder nur sehr geringfügig) verändern. Diese Entwicklung kann durch ein verändertes Konsumverhalten der Nachfrager oder staatliche Regulierungseingriffe getrieben werden (bspw. Begrenzung der gewerblichen Flächen in Ballungsgebieten, inkl. Logistikflächen).

Schlüsselfaktor 5: *Unternehmensstrategie*

Die Unternehmensstrategie (unsicherer Faktor) bestimmt die grundsätzliche Ausrichtung des Unternehmens und stellt den komparativen Konkurrenzvorteil einer Unternehmung im Wettbewerb dar.[150] Gemäß Porter gibt es drei voneinander abgrenzbare strategische Ansätze für Unternehmen: die Qualitätsführerschaft, die Kostenführerschaft und die Spezialisierung.[151] Für die an dieser Stelle zu entwickelnden Varianten dieses Schlüsselfaktors sollen nur die Qualitätsführerschaft und die Kostenführerschaft betrachtet werden, da sie sich sehr gut voneinander abgrenzen lassen und

[148] Aussage in den Experteninterviews mit den befragten Vertretern der Hellmann Worldwide Logsitics GmbH & Co. KG und der Meyer & Meyer Textillogistik GmbH & Co. KG.

[149] Diese Entwicklung führt jedoch bereits heute auch dazu, dass die Distanzen in der Distribution im ländlichen Gebiet ansteigen. Über alle Touren und Zustellgebiete eines Unternehmens in Deutschland ist jedoch davon auszugehen, dass die Distanzen im Mittel abnehmen werden.

[150] Im Englischen auch als USP (unique selling proposition) bezeichnet.

[151] Vgl. Porter (2012), S. 39 ff

die Ausgestaltung der Strategie der Spezialisierung stark vom Einzelfall abhängt.

- Entwicklung der Unternehmensstrategie in Richtung Qualitätsführerschaft.

  Eine zunehmende Fokussierung der Unternehmen auf qualitative Aspekte der Leistungserbringung führt dazu, dass die Kundenanforderungen mit zunehmend steigendem Servicelevel bedient werden können. Neben einer hohen Verfügbarkeit, Flexibilität und Produktqualität gehört auch eine nachhaltige Distribution zu diesen Qualitätsaspekten. Bereits heute etablieren bspw. einige Logistikunternehmen eine standardmäßig nachhaltige Distribution als USP am Markt, um dem Wettbewerb über den Preis zu entgehen und eine Kundengruppen-spezifische Nachfrage zielgerichteter zu bedienen.[152]

- Entwicklung der Unternehmensstrategie in Richtung Kostenführerschaft.

  Dieser strategische Ansatz setzt darauf, ein qualitativ gleichwertiges Produkt günstiger als Wettbewerber am Markt anbieten zu können und über die Preissensibilität der Kunden deren Kaufentscheidung zu beeinflussen. In diesem Zusammenhang kann auch eine Logistikdienstleistung als Produkt bezeichnet werden. Dem Ansatz geht jedoch voraus, dass der Preis das hauptsächliche Differenzierungs- oder Entscheidungskriterium (des Nachfragers) darstellt und sich alle weiteren Kundenanforderungen der Preissensibilität unterordnen.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass die beiden aufgeführten Strategien nur den Kern einer Unternehmensstrategie bilden können, welche darüber hinaus zahlreiche weitere unternehmens- und zielmarktabhängige Faktoren berücksichtigen muss.

Schlüsselfaktor 6: *vorhandenes betriebliches Distributionswissen*

Das Wissen um logistische Inhalte und Prozessabläufe spielt bei in der Distribution tätigen Unternehmen eine besondere Rolle. Der diesbezügliche Wissensstand im Unternehmen wirkt so direkt auf die Effizienz der Logistikabläufe. Bezüglich dieses Schlüsselfaktors sind daher in der Zukunft zwei verschiedene Entwicklungen denkbar (unsicherer Faktor).

[152] Zu diesen Unternehmen gehören bspw. die Deutsche Post AG, United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. KG und die Deutsche Bahn AG.

- Steigendes Qualifikationsniveau bzgl. logistischer Abläufe im Unternehmen.

  Getrieben durch eine fortschreitende Akademisierung der Gesellschaft haben die Unternehmen in zunehmendem Maße Zugriff auf hoch qualifizierte Arbeitnehmer. Die Verbesserung des Qualifikationsniveaus bezieht sich dabei nicht ausschließlich auf die Logistik, sondern umfasst alle beruflichen Bereiche und Fachgebiete. Gerade im Bereich der Kernkompetenz eines Unternehmens ist diese Entwicklung vorteilhaft, um die Effizienz der Geschäftsprozesse und so letztlich den monetären Unternehmenserfolg zu beeinflussen. Im Zusammenhang mit diesem Thema ist es außerdem wichtig zu erwähnen, dass die Steigerung des unternehmensinternen Wissens nur gelingen kann, wenn es dem Unternehmen gelingt, im Wettbewerb um neue Talente zu bestehen und eigene Mitarbeiter regelmäßig weiter zu bilden, um die Aktualität des logistischen Wissens im Unternehmen zu gewährleisten. Im Zuge unternehmerischer Nachhaltigkeitsinitiativen ist die Weiterbildung von Mitarbeitern – als Bestandteil der Aktivitäten zur Förderung der sozialen Nachhaltigkeit – häufig bereits ein zentraler Aspekt.[153]
- Stagnierendes Qualifikationsniveau bzgl. logistischer Abläufe im Unternehmen.

  Es ist zukünftig denkbar, dass Unternehmen – bspw. getrieben durch den Kostendruck – nicht die Weiterbildung und Zusatzqualifikation der eigenen Mitarbeiter fördern und gleichzeitig auch nicht im Wettbewerb um junge Talente bestehen. Das betriebliche Qualifikationsniveau würde in diesem Fall stagnieren, wodurch kaum bzw. in abnehmendem Maß signifikante Effizienzpotenziale in den Geschäftsprozessen realisiert werden können. Sollte gleichzeitig die Weitergabe bereits bestehenden, innerbetrieblichen Distributionswissens nicht erfolgen, könnten betroffene Unternehmen im Extremfall sogar Wissen verlieren.

[153] Vgl. Kucht Campos, Schöder (2014); vgl. Schöder, Kucht Campos (2015); vgl. Carter, Jennings (2002)

Schlüsselfaktor 7: *Marktdurchdringung*

Bei diesem Schlüsselfaktor handelt es sich um einen unsicheren Faktor, da bzgl. der Marktdurchdringung (d. h. der Verfügbarkeit von elektromobilen Fahrzeugen der benötigten Fahrzeugklasse am Markt) zwei Entwicklungsvarianten denkbar sind.

- Verfügbarkeit von elektromobilen (Nutz-)Fahrzeugen in der benötigten Fahrzeugklasse am Markt.
  Getrieben von einer fortschreitenden technologischen Entwicklung der Elektromobilität (speziell der Batterietechnologie) wird es zukünftig ein breites Marktangebot an elektromobilen (Nutz-)Fahrzeugen geben. In allen Fahrzeugklassen lassen sich batterieelektrische Fahrzeugmodelle mit verschiedenen Ausstattungen und Spezifikationen erwerben. Die Nachfrage nach BEV entwickelt sich positiv.
- Keine Verfügbarkeit von elektromobilen (Nutz-)Fahrzeugen in der benötigten Fahrzeugklasse am Markt.
  Bedingt durch ausbleibende Durchbrüche und Weiterentwicklungen in der Batterietechnologie stellen batterieelektrische Nutzfahrzeuge in dieser Entwicklungsvariante des Schlüsselfaktors weiterhin nur ein Nischenprodukt dar. Batterieelektrische Nutzfahrzeuge werden kaum nachgefragt, sind nicht in Großserie verfügbar (und nicht in allen Fahrzeugklassen) und bleiben eine Randerscheinung auf dem Automobilmarkt.

Schlüsselfaktor 8: *Reichweite*

Die Reichweite von elektromobilen Fahrzeugen wird maßgeblich von den Leistungsparametern der Batterie beeinflusst. Die heute in den meisten Elektrofahrzeugen genutzte Technologie der Lithium-Ionen besitzen im Vergleich zu den andren derzeit existierenden Batterietechnologien wie bspw. Blei-Säure, Nickel-Cadmium, Nickel-Metallhydrid oder Natrium-Nickelchlorid, die vorteilhaftesten Energie- und Leistungsdichten und besitzen das größte Potenzial zur Weiterentwicklung.[154] Sie besitzen den aktuell höchsten Wirkungsgrad, sind sehr zyklenfest und lassen sich verhältnismäßig schnell laden. Dennoch wurde diese Batterietechnologie ursprünglich für andere Einsatzzwecke entwickelt, weshalb in der Entwicklung der Bat-

[154] Die Energiedichte der heutigen Lithium-Ionen-Batterien liegt zwischen 100 und 190 Wh/kg, die Leistungsdichte bei 1500–3000 W/kg.

terietechnologie zukünftig folgende Entwicklungen eintreten können (unsicherer Faktor).[155]

- Rasche Entwicklung von Metall-Luft Technologie (Reichweite > 500 km).

  Derzeit befinden sich neuartige Metall-Luft-Batterien in der Entwicklung, welche – dieser Entwicklungsvariante des Schlüsselfaktors folgend – 2030 am Markt zur Verfügung stehen. Diese Technologie profitiert davon, dass der Elektrolyt (Sauerstoff) nicht in der Batterie mitgeführt werden muss, sondern der Umgebungsluft entnommen werden kann. Dementsprechend sinkt das Batteriegewicht und die Energiedichte erhöht sich. Eine zu Flüssigtreibstoffen konkurrenzfähige Energiedichte von theoretisch 850 Wh/kg scheint anhand des aktuellen Stands der Forschung möglich. Mit den sich derzeit in der Entwicklung befindlichen Lithium-Luft-Batterien können zukünftig Reichweiten von über 500 km realisiert werden.

- Rasche Entwicklung der Lithium-Schwefel-Technologie (Reichweite ~ 300 km).

  Dieser Entwicklungsvariante des Schlüsselfaktors folgend, wird 2030 die sich derzeit in der Erforschung befindliche Technologie der Lithium-Schwefel-Batterien, welche Energiedichten von bis zu 400 Wh/kg ermöglicht, am Markt verfügbar sein. Damit können Reichweiten um die 300 km erreicht werden. Lithium-Schwefel-Batterien besitzen eine hohe Zyklenstabilität, was sie für den Einsatz in mobilen Anwendungen befähigt. Gegenüber der heutigen Lithium-Ionen-Technologie sind die Batterien in der Herstellung voraussichtlich bis zu 25 % günstiger, jedoch ist ihre Lebensdauer geringer und ihr weiteres Entwicklungspotential nahezu ausgeschöpft.

Es ist aus heutiger Sicht realistisch, dass die Lithium-Ionen-Technologie bis ca. 2020 die dominierende Batterietechnologie bleibt, da die Forschung und Entwicklung der beiden anderen genannten Technologien derzeit noch läuft. Aktuelle Schätzungen gehen von einer Marktreife der Lithium-Schwefel-Technologie um das Jahr 2025 aus, die Lithium-Luft-Technologie wird Prognosen zufolge erst gegen 2030 einsetzbar sein.

[155] Vgl. hier und im Folgenden: Althues (2014); vgl. Schädlich (2011); vgl. Kaiser, Meyer, Schippl (2011), S,. 15 ff; vgl. Hettesheimer, Lerch (2014); vgl. Kraytsberg, Ein-Eli (2011); vgl. Thielmann, Isenmann, Wietschel (2010); vgl. Capsoni et. al. (2012); vgl. Friedrich, Wagner, Bessler (2012); vgl. Intertek (2014); vgl. Kleine-Möllhoff et. al. (2012), S. 19 ff; vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2016), S. 19 f

Schlüsselfaktor 9: *Nutzlast*

Die Nutzlast von Elektrofahrzeugen ist – ähnlich dem Schlüsselfaktor 8 – ebenfalls von den Leistungsparametern der Batterie abhängig (Energie- und Leistungsdichte; unsicherer Faktor). Derzeit liefern die am Markt verfügbaren Batterien genug Energie, um mit einem Klein- oder Mittelklassefahrzeug zwischen 60 und 200 km zurückzulegen. Die Nutzlast bei diesen Fahrzeugklassen ist begrenzt. Als gewerblich nutzbare Fahrzeuge stehen derzeit nur leichte Nutzfahrzeuge und Transporter der Größenklasse < 3,5 t zur Verfügung. Zukünftig ist davon auszugehen, dass – abhängig von der verfügbaren Technologie zur Energiespeicherung bzw. -bereitstellung – am Markt auch weitere (Nutz-)Fahrzeugklassen angeboten werden.

- Die Nutzlast wird durch neue Batterietechnologien steigen und den Betrieb von leichten und schweren Nutzfahrzeugen ermöglichen.
  Fortschritte bei der (Weiter-)Entwicklung von Energiespeichern können die Leistungsparameter der Fahrzeugbatterien zukünftig deutlich erweitern, wodurch sich höhere Nutzlasten realisieren lassen. Die Automobilhersteller werden reagieren und am Markt batterieelektrische Lastkraftwagen anbieten, welche eine äquivalente Zuladung wie vergleichbare konventionell angetriebene Nutzfahrzeuge ermöglichen. Dies würde die logistischen Einsatzmöglichkeiten der Elektromobilität vervielfachen.
- Die Nutzlast wird aufgrund der Batterietechnologie begrenzt bleiben.
  Für den Fall einer langsamen Entwicklung der Batterietechnologie bleibt auch die Nutzlast der gewerblich nutzbaren elektromobilen Fahrzeuge beschränkt. E-Fahrzeuge der Transporter-Klasse (< 3,5 t), bspw. der Iveco e-Daily, besitzen aktuell eine Nutzlast von unter einer Tonne, was u. a. auf das hohe Gewicht der Batterien zurück zu führen ist. Die Novelle des Elektromobilitätsgesetzes erlaubt batterieelektrischen Fahrzeugen (der Fahrzeugklasse 3,5 t Transporter) seit 2014 ein zulässigen Gesamtgewicht von 4,1 t, was einer Nutzlasterhöhung um 600 kg entspricht, jedoch sind die Möglichkeiten solch administrativer Sonderregelungen zur Erhöhung der Nutzlast begrenzt. Bei stagnierenden Innovationen im Bereich der Batterieentwicklung, wird sich letztlich auch die Nutzlast der Fahrzeuge nicht erweitern, was ihre logistischen Einsatzmöglichkeiten beschränkt.

Schlüsselfaktor 10: *Ladedauer*

Die Entwicklungsvarianten dieses Schlüsselfaktors hängen eng mit der Entwicklung der Batterie- und Ladetechnologie zusammen (unsicherer Faktor).[156] Für die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Szenarien sind folgende Entwicklungen dieses Schlüsselfaktors denkbar:

- Die Ladedauer (Vollladung) sinkt auf unter eine Stunde.
  Aufgrund neuer Ladetechnologien und Standards ist in dieser Entwicklungsvariante für das Jahr 2030 eine Vollladung eines elektromobilen Fahrzeugs im Mittel in unter einer Stunde möglich. Für einen Ladevorgang wird somit deutlich weniger Zeit als im Jahr 2015 benötigt, was die Einsatzmöglichkeiten der Elektromobilität erhöht.
- Die Ladedauer (Vollladung) sinkt nur bedingt und wird im Mittel rund drei Stunden betragen.
  Aufgrund einer stagnierenden Entwicklung im Bereich der Ladetechnologie und aufgrund fehlender Standards bleibt die Ladedauer der kritische Pfad, welcher die Einsatzmöglichkeiten der Elektromobilität begrenzt. Zwar haben sich die benötigten Ladezeiten im Vergleich zu 2015 verringert, dennoch wird für die Ladung der Batterie signifikant mehr Zeit benötigt, als ein Tankvorgang bei konventionell angetriebenen Fahrzeugen beansprucht.

Schlüsselfaktor 11: *Anschaffungskosten*

Die Anschaffungskosten von elektromobilen Fahrzeugen werden derzeit maßgeblich durch die Batteriekosten beeinflusst. Die Batterie ist das teuerste Bauteil, daher hängen die Entwicklungsvarianten dieses Schlüsselfaktors eng mit den Entwicklungen der Batterietechnologie und den Batterieproduktionskosten zusammen. Da die Automobilindustrie einer Komponentenstrategie folgt, lassen sich in der Serienproduktion von Elektrofahrzeugen Skaleneffekte erzielen. In den Entwicklungsvarianten für das Jahr 2030 dieses unsicheren Faktors sind folgende Entwicklungen denkbar.

- Elektrofahrzeuge erreichen ein vergleichbares Preisniveau wie konventionell angetriebene, vergleichbare Fahrzeuge oder unterschreiten dieses.
  Aufgrund einer stabilen Nachfrage nach Elektrofahrzeugen können die Hersteller die BEV in Großserien produzieren und so ähnliche Produktionskosten realisieren wie bei Fahrzeugen mit Verbrennungs-

[156] Darüber hinaus korreliert die Ladedauert direkt mit der Batteriekapazität.

kraftmotor. Gleichzeitig kann diese positive Preisentwicklung auch durch die positive Kostenentwicklung (bspw. durch Skaleneffekte) in der Batterieproduktion entstehen. Es ist – dieser Entwicklungsvariante folgend – darüber hinaus auch denkbar, dass Elektrofahrzeuge in der Anschaffung günstiger als konventionell angetriebene Fahrzeuge werden. Dies lässt sich bspw. durch eine (staatliche) Subventionierung der Anschaffungskosten begründen.

- Elektrofahrzeuge bleiben in der Anschaffung teurer als konventionell Angetriebene Fahrzeuge.
  Diese Entwicklung tritt bspw. dadurch ein, dass Elektrofahrzeuge weiterhin ein Nischenprodukt bleiben (keine Skaleneffekte in der Produktion). Hinzu kommt eine ausbleibende staatliche Subventionierung des Anschaffungspreises (oder andere monetäre Fördermaßnahmen).

Schlüsselfaktor 12: *Betriebskosten*

Die Betriebskosten von elektromobilen Fahrzeugen setzen sich aus den Verbrauchskosten (pro km), den Wartungs- und Reparaturkosten sowie aus Steuern und Versicherungskosten zusammen. Im Rahmen dieser Arbeit soll die Elektromobilität im Vergleich zur Referenztechnologie der dieselbetriebenen, konventionellen Verbrennungskraftmotoren bewertet werden, weshalb auch der Preis pro Liter Diesel für die Entwicklungsvarianten dieses Schlüsselfaktors (unsicherer Faktor) von Bedeutung ist.

- Die Betriebskosten der Elektromobilität liegen deutlich unter den Betriebskosten vergleichbarer, konventioneller Fahrzeuge.
  Da Elektrofahrzeuge weniger verschleißanfällige Bauteile besitzen als konventionell angetriebene Fahrzeuge, fallen ihre Wartungs- und Reparaturkosten geringer aus (Annahme: BEV Wartungs- und Reparaturkosten sind 50 % geringer als die Kosten konventioneller Fahrzeuge). Darüber hinaus schreibt diese Entwicklungsvariante die heutigen steuerlichen Regelungen in das Jahr 2030 fort, wodurch elektromobile Fahrzeuge an dieser Stelle Kostenvorteile besitzen. Zusätzlich geht diese Entwicklungsvariante von einem steigenden Ölpreis (und somit in Konsequenz von einem steigenden Dieselpreis auf 1,76 €/l[157]) aus, was die Elektromobilität im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen bzgl. der Kosten bevorteilt. Der Preis pro kWh Strom hingegen wird 2030 für gewerbliche Kunden ähnlich dem heutigen Niveau bei

[157] Vgl. Prognos AG, EWI, GWS (2014), S. 73

0,211 €/kWh[158] liegen. Diese Variante geht außerdem davon aus, dass der Verbrauch von Diesel-Fahrzeugen bis 2030 auf rund 9 l/100 km reduziert werden kann.

- Die Betriebskosten der Elektromobilität liegen auf ungefähr gleichem Niveau bzw. nur leicht unter den Betriebskosten vergleichbarer, konventioneller Fahrzeuge.

  Zwar besitzen Elektrofahrzeuge auch in dieser Entwicklungsvariante des Schlüsselfaktors bzgl. Wartungs- und Reparaturkosten Kostenvorteile ggü. konventionell angetriebenen Fahrzeugen (Annahme: BEV Wartungs- und Reparaturkosten sind 50 % geringer als die Kosten konventioneller Fahrzeuge), jedoch beträgt der Strompreis aufgrund von Verzögerungen beim Ausbau von Stromtrassen[159], Verzögerungen bei der Umsetzung der Energiewende und aufgrund einer deutlich gestiegenen EEG-Umlage 0,312 €/kWh[160]. Der Dieselpreis hingegen beträgt 1,46 €/l[161], da neue Fördertechniken die Erschließung neuer Ölvorkommen ermöglichen (bspw. Tiefseeförderung, Ausbeutung von Vorkommen in der Antarktis, Etablierung von Fracking auch in Deutschland oder die Ausweitung der Ölsandförderung). Hinzu kommt, dass Elektrofahrzeuge in dieser Entwicklungsvariante keine Steuervorteile besitzen. Diese Variante geht außerdem davon aus, dass der Verbrauch von Diesel-Fahrzeugen bis 2030 auf rund 4,5 l/100 km reduziert werden kann.[162]

Schlüsselfaktor 13: *Ladeinfrastrukturkosten*

Bei den Ladeinfrastrukturkosten handelt es sich um einen unsicheren Faktor, da verschiedene Entwicklungsvarianten des Schlüsselfaktors für das Jahr 2030 möglich sind.

- Die Ladeinfrastrukturkosten sinken auf ein Niveau, welches über die Nutzungsdauer des elektromobilen Fahrzeugs den Infrastrukturkosten vergleichbarer, dieselbetriebener, konventionell angetriebener Fahrzeuge entspricht.

  Durch Entwicklungsfortschritte bei der Ladetechnologie, in Großserie verfügbare Ladeinfrastruktur-Produkte (welche am Markt erworben werden können) und die standardmäßige Implementation von Ener-

158 Vgl. Prognos AG, EWI, GWS (2014), S. 227
159 Vgl. Spiegel-Online (2016)
160 Vgl. Prognos AG, EWI, GWS (2014), S. 227
161 Vgl. Statista (2016 k)
162 Vgl. Exxon Mobil (2011), S. 11

giemanagement-Software (mehrere Fahrzeuge können sich so bspw. einen Ladepunkt teilen) ist es möglich, die Kosten für die Ladeinfrastruktur im Vergleich zu 2015 deutlich zu senken, so dass sie dem Kostenniveau der Infrastrukturkosten konventioneller Fahrzeuge entsprechen.

- Die Ladeinfrastrukturkosten bleiben deutlich oberhalb der Infrastrukturkosten vergleichbarer, dieselbetriebener, konventionell angetriebener Fahrzeuge.
  Diese Entwicklungsvariante des Schlüsselfaktors schreibt den heutigen Status quo fort, was dazu führt, dass die Ladeinfrastruktur auch im Jahr 2030 einen Kostenfaktor darstellt, welchen die Referenztechnologie Diesel nicht besitzt.

Schlüsselfaktor 14: *CO_2e-Emissionen*

Bei der Entwicklung der CO_2e-Emissionen handelt es sich um einen unsicheren Faktor. Es ist davon auszugehen, dass sich die durch die Verbrennung von Diesel erzeugten Emissionen nur geringfügig (durch technologische Weiterentwicklungen wie bspw. einen geringeren Verbrauch) ändern. Auch sollen die Emissionsvorgaben der EU im Stand von 2016 als Annahme beibehalten werden.

- Der Strommix in Deutschland verändert sich deutlich zugunsten erneuerbarer Energien.
  Es gelingt die Herausforderungen der Energiewende zu meistern, so dass der Anteil erneuerbarer Energien im Strommix deutlich ansteigt. Im Jahr 2030 setzt sich die Stromerzeugung wie folgt zusammen:[163]
  - *Erdgas: 10,5 %*
  - *Steinkohle: 17,8 %*
  - *Braunkohle: 22,8 %*
  - *Kernenergie: 0 %*
  - *EE: 45,9 %*
  - *Sonstige: 3 %*

  Dieser Strommix führt bei Elektrofahrzeugen zu einem Ausstoß von 0,171 kg CO_2e/km (bei einem angenommenen Verbrauch des BEV von 35 kWh/100km). Ein Diesel-Fahrzeug emittiert in dieser Entwicklungsvariante 0,398 kg CO_2e/km (unter der Annahmeeines identischen Verbrauchs wie 2015).

[163] Vgl. Prognos AG, EWI, GWS (2014), S. 213

- Der Strommix in Deutschland verändert sich zugunsten von Kohle und Erdgas.

  Dieser Entwicklungsvariante folgend gelingt es nicht, die Herausforderungen der Energiewende zu meistern. Der Anteil von Erdgas und Kohle an der Stromerzeugung ist im Vergleich zu 2015 gestiegen, der Atomausstieg wurde nicht rückgängig gemacht. Im Jahr 2030 setzt sich die Stromerzeugung wie folgt zusammen:[164]

  - *Erdgas: 32,7 %*
  - *Steinkohle: 8,5 %*
  - *Braunkohle: 29,3 %*
  - *Kernenergie: 0 %*
  - *EE: 20,8 %*
  - *Sonstige: 8,7 %*

  Dieser Strommix führt bei Elektrofahrzeugen zu einem Ausstoß von 0,204 kg CO_2e/km (bei einem angenommenen Verbrauch des BEV von 35 kWh/100km). Ein Diesel-Fahrzeug emittiert in dieser Entwicklungsvariante 0,398 kg CO_2e/km (unter der Annahmeeines identischen Verbrauchs wie 2015).

Darüber hinaus liegen beiden Entwicklungsvarianten die Emissionsvorgaben der Europäischen Union zugrunde, welche für das Jahr 2030 (in beiden Entwicklungsvarianten) einen CO_2e-Emissionszielwert von 0,147 kg/km vorsieht.[165]

Eine Zusammenfassung aller in diesem Kapitel entwickelten Projektionen stellt die nachfolgende Tabelle dar.

Nr.	Schlüsselfaktor	Projektion
1	Lieferfrequenz	1a deutliche höhere Lieferfrequenzen als 2015
		1b moderat höhere Lieferfrequenzen als 2015
2	Bedarfsdringlichkeit des Guts	2 Bedarfsdringlichkeit bleibt im Status quo von 2015 konstant.
3	Gütermenge	3a kontinuierliche Zunahme der Gütermengen
		3b Stagnation der Gütermengen

[164] Vgl. Prognos AG, EWI (2005), S. 8

[165] Vgl. Umweltbundesamt (2016); vgl. EG-Verordnung 443/2009 (2009); vgl. EU-Verordnung 510/2011 (2011)

4	Distanzen in der Distribution	4a Abnahme der Distanzen
		4b Distanzen unverändert
5	Unternehmensstrategie	5a Orientierung in Richtung Qualitätsführerschaft
		5b Orientierung in Richtung Kostenführerschaft
6	vorhandenes betriebliches Distributionswissen	6a steigendes Qualifikationsniveau (im Vgl. zu 2015)
		6b stagnierendes Qualifikationsniveau (im Vgl. zu 2015)
7	Marktdurchdringung	7a Verfügbarkeit der e-Fahrzeuge am Markt
		7b keine Verfügbarkeit der e-Fahrzeuge am Markt
8	Reichweite	8a Reichweite > 500 km
		8b Reichweite ~ 300 km
9	Nutzlast	9a Nutzlast steigt (entspricht der von ICEV)
		9b Nutzlast bleibt begrenzt (unterhalb der von ICEV)
10	Ladedauer	10a Ladedauer < 1h
		10b Ladedauer ~ 3h
11	Anschaffungskosten Elektrofahrzeug	11a Anschaffungskosten BEV ≤ Anschaffungskosten ICEV
		11b Anschaffungskosten BEV > Anschaffungskosten ICEV
12	Betriebskosten Elektrofahrzeug	12a Betriebskosten BEV < Betriebskosten ICEV
		12b Betriebskosten BEV = Betriebskosten ICEV
13	Ladeinfrastrukturkosten Elektrofahrzeug	13a Ladeinfrastrukturkosten BEV = Infrastrukturkosten ICEV
		13b Ladeinfrastrukturkosten BEV > Infrastrukturkosten ICEV
14	CO_2e-Emissionen	14a Strommix verändert sich zugunsten EE
		14b Strommix verändert sich zugunsten von Kohle und Erdgas

Tabelle 18: Projektionen der Schlüsselfaktoren

5.4 Konsistenzanalyse

Zur Entwicklung valider, widerspruchsfreier Szenarien, werden alle Projektionen mithilfe einer Matrix auf ihre Konsistenz hin überprüft, wobei paarweise abgeglichen wird, ob die einzelnen Entwicklungsvarianten innerhalb eines Szenarios nebeneinander bestehen können.[166] Im Gegensatz zur Interdependenzanalyse ist die Beurteilung der Konsistenz richtungsunabhängig, daher wird die Konsistenzmatrix nur unterhalb der Diagonale ausgefüllt. Im Rahmen der Konsistenzanalyse werden die Konsistenzwerte von 1 bis 5 vergeben.

- 1 = totale Inkonsistenz (Projektionen stehen im Widerspruch zueinander und schließen sich innerhalb eines Szenarios aus);
- 2 = partielle Inkonsistenz (Projektionen passen nicht zueinander und lassen das Szenario unglaubwürdig erscheinen);
- 3 = neutral (beide Projektionen beeinflussen einander nicht und können in einem Szenario verwendet werden);
- 4 = begünstigend (eine Projektion macht das Eintreten der anderen wahrscheinlich, sodass beide Projektionen gut in einem Szenario verwendet werden können);
- 5 = unterstützend (eine Projektion zieht das Eintreten der anderen auf sich, sodass beide Projektionen sehr gut in einem Szenario verwendet werden können).

Die Konsistenzmatrix für die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Szenarien gestaltet sich wie folgt.

	1a	1b	2	3a	3b	4a	4b	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11a	11b	12a	12b	13a	13b	14a	14b
1a																											
1b																											
2	3	3																									
3a	4	2	3																								
3b	2	4	3																								
4a	4	2	3	4	2																						
4b	2	4	3	2	4																						

[166] Vgl. Gausemeier et al. (1996), S. 254 f

5a	4	2	2	3	3	4	2																					
5b	2	4	4	3	3	2	4																					
6a	3	3	3	4	2	3	3	5	2																			
6b	3	3	3	2	4	3	3	1	4																			
7a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																	
7b	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																	
8a	3	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3															
8b	3	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3															
9a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5	1													
9b	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	5													
10a	5	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	4	2											
10b	1	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	2	4											
11a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	4	2	3	3									
11b	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	2	4	3	3									
12a	4	2	3	4	2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	3	3	3	3	3	3							
12b	2	4	3	2	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3	3	3							
13a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2	3	3	2	4	3	3	3	3					
13b	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	4	3	3	4	2	3	3	3	3					
14a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			
14b	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3			

Tabelle 19: Konsistenzmatrix[167]

[167] Eigene Darstellung

Als Ergebnis der Konsistenzanalyse wurden vier Kombinationen von Entwicklungsvarianten der Schlüsselfaktoren als total inkonsistent bewertet, weitere 35 Kombinationen weisen eine partielle Inkonsistenz auf. Im Folgenden werden die fünf totalen Inkonsistenzen begründet.

- Die Entwicklungsvarianten einer Orientierung in Richtung Qualitätsführerschaft (5a) und gleichzeitig in Richtung eines stagnierenden Qualifikationsniveaus (im Vgl. zu 2015) (6b) schließen einander aus, da zur Umsetzung der Strategie der Qualitätsführerschaft im Unternehmen ein hohes Maß an Expertise und (Logistik-)Wissen vorhanden sein muss. Qualitativ hochwertige Leistungen in der Distribution werden in der Regel von spezialisierten Unternehmen erbracht, welche in ihrem Themenfeld ein hohes Maß an Know-How aufgebaut haben und auf diese Weise die hohen Kundenanforderungen erfüllen.
- Die Entwicklungsvarianten einer deutlich höheren Lieferfrequenz als 2015 (1a) und einer Ladedauer von rund drei Stunden (10b) schließen einander aus, da bei schnelleren Lieferfrequenzen die Standzeiten zwischen den Lieferungen (bspw. auf dem Betriebsgelände oder am Depot) zunehmend kürzer ausfallen. Lange Ladezeiten und hohe Lieferfrequenzen schließen einander daher tendenziell aus.[168]
- Die Entwicklungsvarianten der (elektromobilen) Reichweite von rund 300 km (8b) und einer Nutzlast der Elektrofahrzeuge, welche der von konventionell angetriebenen Fahrzeugen entspricht (9a), schließen einander aus, da sich hohe Nutzlasten eher mit fortschrittlichen Batterietechnologien (hohe Leistungs- und Energiedichten) realisieren lassen. Ist dies jedoch der Fall, ist es nicht logisch nachvollziehbar, warum die fortschrittliche Batterietechnologie nur verhältnismäßig geringe Reichweiten ermöglicht (trotz hoher Leistungs- und Energiedichten).
- Die Entwicklungsvarianten der (elektromobilen) Reichweite von über 500 km (8a) und einer begrenzten Nutzlast der Elektrofahrzeuge, welche unter der von konventionell angetriebenen Fahrzeugen liegt (9b), schließen einander mit derselben Begründung, wie bei der vorangegangenen Kombination aus. Hohe Reichweiten lassen sich mit

[168] Als (extremes) Beispiel dafür eignen sich bspw. Shuttle-Verkehre, welche in hoher Frequenz verkehren. Ein mehrstündiger Ladevorgang wirkt in diesem Fall negativ auf die Lieferfrequenz.

leistungsstarken Batterien realisieren, welche ebenfalls positiv auf die Nutzlast des Fahrzeugs wirken. Eine negative Korrelation beider Entwicklungsvarianten ist nicht plausibel.

5.5 Bündelung der Zukunftsprojektionen

In diesem Kapitel werden die einzelnen Zukunftsprojektionen gebündelt, sodass deren Kombination ein konsistentes Zukunftsbild ergibt, welches zu einem Szenario ausgearbeitet werden kann. Insgesamt werden für diese Arbeit zwei unterschiedliche Szenarien für das Jahr 2030 entwickelt. Die Szenarien werden im Kapitel 5.7 ausführlich beschrieben.

Zukunftsbild 2030 I	1a	deutlich höhere Lieferfrequenz als 2015
	2	Bedarfsdringlichkeit des Guts bleibt im Status quo von 2015 konstant
	3a	kontinuierliche Zunahme der Gütermengen
	4a	Abnahme der Distanzen in der Distribution
	5a	Orientierung in Richtung Qualitätsführerschaft
	6a	steigendes Qualifikationsniveau im Vergleich zu 2015
	7a	Verfügbarkeit der elektromobilen Fahrzeuge am Markt
	8a	Reichweiten der e-Fahrzeuge > 500 km
	9a	Nutzlast der e-Fahrzeuge steigt und entspricht der von ICEV
	10a	Ladedauer < 1 Stunde
	11a	Anschaffungskosten BEV ≤ Anschaffungskosten ICEV
	12a	Betriebskosten BEV < Betriebskosten ICEV
	13a	Ladeinfrastrukturkosten BEV = Infrastrukturkosten ICEV
	14a	Strommix verändert sich zugunsten erneuerbarer Energien
Zukunftsbild 2030 II	1b	moderat höhere Lieferfrequenzen als 2015
	2	Bedarfsdringlichkeit des Guts bleibt im Status quo von 2015 konstant
	3b	Stagnation der Gütermengen
	4b	Distanzen in der Distribution unverändert
	5b	Orientierung Richtung Kostenführerschaft
	6b	stagnierendes Qualifikationsniveau im Vergleich zu 2015
	7a	Verfügbarkeit der elektromobilen Fahrzeuge am Markt
	8b	Reichweiten der e-Fahrzeuge ~ 300 km
	9b	Nutzlast der e-Fahrzeuge bleibt begrenzt (unterhalb der von ICEV)
	10b	Ladedauer ~ 3 Stunden
	11b	Anschaffungskosten BEV > Anschaffungskosten ICEV
	12b	Betriebskosten BEV = Betriebskosten ICEV
	13b	Ladeinfrastrukturkosten BEV > Infrastrukturkosten ICEV
	14b	Strommix verändert sich zugunsten von Kohle und Erdgas

Tabelle 20: Bündelung der Zukunftsprojektionen[169]

[169] Eigene Darstellung

Die Projektionen der Schlüsselfaktoren wurden so gebündelt, dass einerseits keine Projektion unbeachtet blieb und andererseits keine der Projektionen doppelt verwendet wurde. Eine Ausnahme bildet hier die Projektion 7a (Verfügbarkeit der e-Fahrzeuge am Markt), welche in beiden Zukunftsbildern berücksichtigt wird, um den Einsatz von Elektromobilität im Kapitel 6 bewerten zu können.[170] Die oben dargestellten Bündelungen sind keinesfalls die einzig möglichen, da sich aus anderen Kombinationen ebenfalls schlüssige Szenarien ergeben würden. Es oblag daher letztlich dem Verfasser, die Entwicklungsvarianten der Schlüsselfaktoren so zu bündeln, dass sich prägnante und differenzierte Szenarien beschreiben lassen.

5.6 Szenario übergreifende Entwicklungen und Trendbruchereignisse

Zu Beginn dieses Kapitels werden die unabhängig von der Entwicklung der Schlüsselfaktoren wirkenden Trends beschrieben. Dabei handelt es sich um Vorgänge und Entwicklungen, bei denen Konsens bzgl. der zukünftigen Entwicklung herrscht. Anschließend geht dieses Kapitel auf mögliche Trendbruchereignisse ein.

Die **Globalisierung** ist eines der zentralen Merkmale der modernen Wirtschaft und weltweit ein nahezu unumkehrbarer Prozess, welcher mit der zunehmenden Vernetzung korreliert. Es ist gemäß Literatur als sichere Entwicklung anzunehmen, dass sich der aktuelle Trend der Zunahme der Globalisierung um 4,5 % bis 6 % jährlich, fortsetzen wird.[171] Aktuellen Untersuchungen und Einschätzungen der OECD zufolge, wird sich durch die Verschiebung der globalen Handelsströme das internationale Frachtvolumen bis 2050 mehr als vervierfachen. Die Entfernung, welche die Güter durchschnittlich zurücklegen, wird im selben Zeitraum um ca. zwölf Prozent steigen.[172]

Die zunehmende **Digitalisierung und Vernetzung** von Wirtschaft und Gesellschaft ist eine weitere, hoch wahrscheinliche Entwicklung. Im Rahmen der „Neuen Hightech-Strategie“ unterstützt die Bundesregierung diese Entwicklung mit 14 Mrd. €.[173] Gleichzeitig wird auf der Regierungsebene

[170] Die Marktdurchdringung wurde im Bewertungsmodell als K.O.-Kriterium definiert (Kapitel 4.2).

[171] Vgl. Phleps et.al. (2015), S. 25, 98; vgl. Z_Punkt (2015), S. 11; vgl. Die Bundesregierung (2008), S. 11; vgl. Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014), S. 6 ff

[172] Vgl. OECD (2015)

[173] Vgl. BMWi (2015 b)

die digitale Vernetzung der Wirtschaft durch Verträge und Abkommen gefördert, etwa durch die jüngste Ausweitung des Informationstechnologieabkommens seitens der WTO.[174] Es ist davon auszugehen, dass IT-Netzwerke zukünftig schneller werden, sich die Speicherkapazitäten positiv entwickeln und die Echtzeit-Übertragung von Daten in jedem Bereich möglich ist. Wie in anderen Wirtschaftsbereichen wird diese Entwicklung auch die Konsumgüterindustrie beeinflussen und neue bzw. veränderte Kundenanforderungen generieren.

Die **wirtschaftliche Entwicklung** soll im Rahmen dieser Untersuchung als eine Szenario-übergreifende Entwicklung gesehen werden. Da die Entwicklung der Wirtschaft kaum vorhergesehen werden kann, soll an dieser Stelle mit sinnhaften Annahmen gearbeitet werden. Für diese Untersuchung wird daher davon ausgegangen, dass sich die preisliche Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gegenüber anderen europäischen Nationen und gegenüber den USA weiterhin verbessert und Deutschland bis 2030 jährliche Wirtschaftswachstumsraten von rund 1,6 % erzielen wird.[175] Die vergangene Finanzkrise der Jahre 2008 und 2009 zeigt jedoch, dass mit derartigen Annahmen vorsichtig umgegangen werden muss, weshalb die wirtschaftliche Entwicklung nachfolgend auch bei den Trendbruchereignissen wieder aufgegriffen wird.

Der **Demografische Wandel** in Deutschland ist Ausgangspunkt für zahlreiche zukünftige Veränderungen. Nach der jüngsten Bevölkerungsvorausberechnung des Statistischen Bundesamtes, die im April 2015 vorgelegt wurde, wird die Gesamtanzahl der Bevölkerung Deutschlands langfristig abnehmen, der Anteil der älteren Menschen wird dagegen stetig zunehmen.[176] Im Jahr 2014 betrug die Bevölkerung in Deutschland 81,2 Millionen Einwohner.[177] 2030 wird die Einwohnerzahl zwischen 80 Mio. und 77 Mio. betragen.[178] Die Zahl der Menschen im Alter ab 65 Jahre wird im Jahr 2030 bei ungefähr 22 Mio., was ca. 28 % der Bevölkerung entsprechen wird. Diese Veränderungen in der demografischen Struktur der deutschen Bevöl-

[174] Vgl. BMWi (2015 c)
[175] Vgl. World Energy Council (2011), S. 12 f
[176] Vgl. Destatis (2015 a), S. 13.; vgl. Z_Punkt GmbH (2014), S. 22 ff; vgl. Z_Punkt (2015), S. 1; vgl. Die Bundesregierung (2008), S. 11; vgl. Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014), S. 10 ff
[177] Vgl. Destatis (2015 b)
[178] Vgl. Destatis (2015 a), S. 15.

kerung werden zukünftig zu veränderten Endkundenanforderungen auf dem Konsumgütermarkt führen.

Der **Infrastrukturverfall** in Deutschland ist seit Jahrzehnten ein Thema in der deutschen Logistikindustrie und der Verkehrspolitik. Im Rahmen dieser Arbeit soll die Annahme getroffen werden, das Deutschland aufgrund solider Haushaltspolitik und steigender Steuereinnahmen den Infrastrukturverfall stoppen kann.[179]

Neue Konsummuster, welche speziell den Nachhaltigkeitsgedanken in den Fokus stellen, werden sich zukünftig zunehmend verbreiten.[180] Der sogenannte **Lifestyle of Health and Sustainability (LOHAS)** umschreibt eine Lebenseinstellung, in welcher Gesundheit, Nachhaltigkeit und Wohlbefinden bei den Kunden und Konsumenten zunehmend stärkere Gewichtungen im Rahmen von Kaufentscheidungen erfahren. Gerade in Zeiten des Eintretens erster spürbarer Folgen des Klimawandels und industrieller Massenproduktion unter z. T. fragwürdigen sozialen Bedingungen, setzt in der Gesellschaft – speziell bei den jüngeren Bevölkerungsgruppen – eine höhere Sensibilität gegenüber diesen Themen ein. Treiber dieses Trends der Nachhaltigkeit sind eine neue Wohlstandsdefinition, die Tatsache, dass Nachhaltigkeit an deutschen Schulen unterrichtet wird, und die sich zunehmend durchsetzende Erkenntnis, dass energieeffiziente moderne Technologien langfristig auch ökonomische Vorteile für den Einzelnen erzeugen können.

Die fortschreitende **Urbanisierung** ist sowohl weltweit als auch in Deutschland ein aktueller Trend.[181] In Deutschland beträgt der Grad der Urbanisierung im Jahr 2014 75 % mit weiter zunehmender Tendenz. Es wird geschätzt, dass die Urbanisierung im Jahr 2030 in Deutschland einen Grad von 78,3 % erreicht haben wird. Diese Entwicklung wird zu einer weiter fortschreitenden Konzentration der Konsumgüternachfrage in Ballungsge-

---

179 Vgl. Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (2016)

180 Hier und im Folgenden: Vgl. Z_Punkt GmbH (2014), S. 53 ff; vgl. TCFG – The Consumer Goods Forum (2010), S. 18 f; Phlebs et.al. (2015), S. 38 f; vgl. Z_Punkt (2015), S. 15; Singh (2015), S. 32 ff; Deutsche Welle (2015); FAZ (2010); Tagesspiegel (2014); vgl. Die Bundesregierung (2008), S. 15; vgl. Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014), S. 16 f

181 vgl. Singh (2015), S. 3 ff; vgl. TCFG – The Consumer Goods Forum (2010), S. 5; vgl. Z_Punkt GmbH (2014), S. 28 ff; vgl. Z_Punkt (2015), S. 18; vgl. Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014), S. 14 f; vgl. Bähr (2007); vgl. BMZ (2014); vgl. Zukunftsinstitut (2015); vgl. Statista (2015 a); vgl. Statista (2015 b); vgl. Statista (2015 c), United Nations (2015)

bieten führen, was die Strukturen der Konsumgüterdistribution beeinflussen wird.

Zusätzlich zu den Szenario übergreifenden Entwicklungen sollen an dieser Stelle ebenfalls mögliche **Trendbruchereignisse** im Rahmen der durchgeführten Szenario-Analyse thematisiert werden. Ein Trendbruchereignis tritt plötzlich und unerwartet ein, war vorher trendmäßig nicht erkennbar und lenkt die Entwicklungsverläufe in eine andere Richtung.[182] Bei solchen Ereignissen kann es sich sowohl um Katastrophen, wie bspw. Erdbeben, Reaktorunfälle oder terroristische Anschläge handeln, als auch um politische Ereignisse oder technologische Durchbrüche. Mehrere mögliche Trendbruchereignisse werden nachfolgend hinsichtlich ihrer Wirkungsstärke und Eintrittswahrscheinlichkeit betrachtet. Für die in dieser Arbeit entwickelten Szenarien sind die folgenden drei Trendbruchereignisse relevant:

- Einsetzende Rezession der Weltwirtschaft
- grundlegende Änderung des politischen und gesellschaftlichen Bekenntnisses zur Elektromobilität
- technologischer Durchbruch in der Batterieforschung

Die Entwicklung der Transportnachfrage ist eng mit der Entwicklung des Bruttoinlandsprodukts verknüpft. Bei einem einsetzenden **globalen, wirtschaftlichen Abschwung** sinken somit auch die Transportvolumina im Güterwirtschaftsverkehr. Dieser Zusammenhang ergibt sich u. a. durch den Rückgang der Konsumnachfrage aufgrund sinkender Einkommen. Eine einsetzende globale Rezession der Wirtschaft hat darüber hinaus das Potenzial, gesellschaftliche Umbrüche auszulösen, in deren Konsequenz es zu Veränderungen der rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen kommen kann. Dieses Trendbruchereignis ist in seiner Wirkungsstärke als stark zu bewerten, da es in letzter Konsequenz das Potenzial besitzt, die komplette Entwicklung der Technologie der Elektromobilität in Frage zu stellen. Die Eintrittswahrscheinlichkeit der geschilderten Entwicklung ist als mittel zu bewerten.[183]

---

[182] Vgl. Geschka, Schwarz-Geschka (2012), S. 7; vgl. Göpfert (2009), S. 345 ff; vgl. Geschka (2006), S. 367

[183] Die Vorhersage von Eintrittswahrscheinlichkeiten von wirtschaftlichen Entwicklungen ist äußerst schwierig. Die wirtschaftliche Entwicklung der vergangenen beiden Dekaden hat gezeigt, dass die globalisierte Weltwirtschaft aufgrund der starken Vernetzung der einzelnen Volkswirtschaften bei einer Vielzahl von Themen in zunehmend rascher Folge unter Druck gerät. Beispiele dafür sind die Asienkriese Ende der neunziger Jahre, die Internetblase

Die Förderung der Elektromobilität ist in Deutschland politisch von zentraler Bedeutung und Bestandteil der bundesdeutschen Maßnahmen zur Erfüllung der Klimaschutzziele. Es ist jedoch ebenso möglich, dass sich der **politische und gesellschaftliche Wille zur Förderung der Elektromobilität** zukünftig ändert. Veränderte Prioritäten auf der politischen Agenda können durch eine Vielzahl von Ereignissen ausgelöst werden, bspw. durch konjunkturelle Einflüsse, technologische Durchbrüche oder einen Wechsel der politischen Verantwortlichkeiten.

Die Batterietechnologie gilt derzeit als der kritische Pfad in der Entwicklung der Elektromobilität. Sollte es in der **Batterieforschung** zu einem **technologischen Durchbruch** kommen, hat dieser das Potenzial, das Gesamtsystem Elektromobilität in seiner Anwendbarkeit und Akzeptanz signifikant zu beeinflussen. Derzeit befindet sich die Forschung zu neuen Batterietechnologien mitunter noch im Grundlagenstadium, jedoch wäre die Wirkung einer Innovation auf diesem Gebiet groß. Ein Durchbruch bei der Batterietechnologie könnte ein „game changer" sein und die Verbreitung der Technologie treiben. Die Eintrittswahrscheinlichkeit dieses Trendbruchereignisses ist jedoch nur als mäßig zu bewerten. Derzeit lassen sich kaum Indizien finden, dass im Bereich der Batterietechnik in den kommenden Jahren ein revolutionärer Durchbruch bevorsteht.

5.7 Beschreibung der Szenarien

Die Beschreibung der Szenarien für 2030 erfolgt anhand verschiedener Dimensionen, auf diese Weise lassen sich die einzelnen Zukunftsbilder untereinander direkt vergleichen. Bei den innerhalb der Szenarien betrachteten Dimensionen handelt es sich um:

- politische und gesellschaftliche Rahmenbedingungen
- das gesellschaftliche Umweltbewusstsein
- die Veränderungen der Kundennachfrage und der Logistikanforderungen
- die Wirtschaftlichkeit und Leistungsfähigkeit der Technologie der Elektromobilität

Alle nachfolgend beschriebenen Szenarien stützen sich u. a. auf die Auswertung zahlreicher Zukunftsstudien, darunter Untersuchungen zum Mobi-

(Dotcom Blase) im Jahr 2000, die globale Finanzkrise im Jahr 2008 sowie die daraus erwachsende europäische Staatschuldenkrise, welche bis heute anhält.

litätsverhalten, zur Entwicklung der Konsumnachfrage, zu Verkehrsentwicklungsprognosen und zur Technologieentwicklung der Elektromobilität.[184] Die Szenarien bauen auf die bereits gebündelten Zukunftsprojektionen auf und wurden in den geführten Experteninterviews hinsichtlich der Entwicklung der Kundennachfrage und der Veränderung der Logistikanforderungen bestätigt.

5.7.1 Szenario 2030 I – „Fortschritt“

Das nachfolgend beschriebene Szenario führt die im Zukunftsbild 1[185] entwickelten Projektionen der betrachteten Schlüsselfaktoren zusammen und zeichnet unter Berücksichtigung zusätzlicher gesellschaftlicher Entwicklungen eine mögliche zukünftige Entwicklungen.

Die Bevölkerung in Deutschland ist gegenüber dem Jahr 2015 nur leicht geschrumpft (auf 79,2 Millionen Einwohner), jedoch zunehmend gealtert. Eine anhaltend wachsende Weltwirtschaft führt zu einem zunehmenden Wohlstand in Deutschland, was sich sowohl auf die Verbreitungsgeschwindigkeit neuer Technologien, als auch auf den Konsum positiv auswirkt. Eine migrationsfreundliche Politik, Wirtschaftswachstumsraten von jährlich um die 1,6 % und ein prosperierender Arbeitsmarkt machen Deutschland attraktiv für Zuwanderer, wodurch die demografische Entwicklung hin zu einer alternden und schrumpfenden Gesellschaft abgeschwächt wird. Im Jahr 2030 werden dennoch rund 28 % der Bevölkerung älter als 65 Jahre sein, eine Entwicklung, die von einer angepassten Rentenpolitik begleitet sein wird. Die Fachkräftelücke konnte durch die verbesserte Ausschöpfung des Arbeitskräftepotenzials weiter geschlossen werden und auch in den Unternehmen steigt das Qualifikationsniveau der Mitarbeiter.[186] Diese

---

[184] Hier und im Folgenden: Vgl. TCFG – The Consumer Goods Forum (2010), S. 17 ff, 25 ff; vgl. Fraunhofer IAO (2012), S. 12 ff; vgl. Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014), S. 5 ff, 16 f39 f, 43 f; vgl. Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung (2010), S. 16 ff, 48 ff; vgl. Phleps et.al. (2015), S. 13 ff, 23 ff; vgl. Nagel (2011); vgl. Koglin (2014), S. 18 ff, 24 f, 34 ff; vgl. Festag, Rehme, Krause (2016), S. 10–25; vgl. Brokate et. al. (2013), S. 27–43; vgl. Richter, Lindenberger (2010), S. 57 ff, 89 f, 110 f; vgl. Progtrans (2007), S. 57 ff, 89 ff, 110 ff ,131 ff; vgl. Schubert et. al. (2014); Zimmer, Hacker (2012), S. 13–26; vgl. Deutsche Post AG (2010); vgl. Deutsche Post AG (2012); vgl. Eggert (2011), S. 2–6, 15–19, 21–30; vgl. KPMG AG, EHI Retail Institute (2012), S. 8–39; vgl. BMZ (2014); vgl. Prognos, EWI, GWS (2014), S. 213; vgl. Prognos, EWI (2005), S. 8; vgl. World Energy Council (2011), S. 12–28, 41 ff; vgl. IEA, OECD (2009), S.45–67; vgl. GIZ, ICLEI (2012); vgl. BCG (2013), S. 9–47; vgl. Deutsche Rentenversicherung (2015)

[185] Siehe Tabelle 20

[186] Den Unternehmen gelingt es zunehmend besser qualifiziertes logistisches Fachpersonal langfristig an das Unternehmen zu binden und Wissen im Unternehmen weiterzugeben.

insgesamt positiven wirtschaftlichen Entwicklungen schlagen sich in einer jährlichen Zunahme der Güterverkehrsleistung von ca. 2 % nieder. Neben einem funktionierenden, europaweiten Emissionshandel existieren für alle großen und mittleren Städten sowie entlang bestimmter Korridore (bspw. entlang des Rheins), strenge umweltrechtliche Emissionsvorgaben. Hinzu kommt, dass die in Deutschland angestrebte Energiewende in weiten Teilen erfolgreich umgesetzt wurde und erneuerbare Energien zur Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2030 45,9 % beitragen.[187]

Insgesamt ist das Umweltbewusstsein in der Bevölkerung im Vergleich zum Jahr 2015 deutlich gestiegen, eine Entwicklung die sich auch im Konsumverhalten nieder schlägt. Die veränderte Konsumnachfrage führt nicht nur zu einem Anstieg der Gütermengen, sondern auch zu einer wachsenden Bedeutung von Nachhaltigkeitskriterien bei der Konsumentscheidung (LOHAS). Von zunehmender Bedeutung sind dabei nicht nur die Qualitätskriterien des Produkts, sondern auch die Qualität des Herstellungs- und Logistikprozesses. Unterstützt wird diese Entwicklung auch durch den zunehmenden Wohlstand in der Bevölkerung, so dass bei Unternehmen der Konsumgüterindustrie zunehmend eine qualitätsfokussierte Differenzierung einsetzt. Der Emissionsausstoß findet bei der Gestaltung von Transportketten zunehmende Beachtung und ist zu einem Wettbewerbsfaktor geworden, da – getrieben vom Nachhaltigkeitsbewusstsein der Endkunden – die Nachfrage nach grünen Lieferketten stark gestiegen ist. Bis zum Jahr 2030 ist der nachhaltige Umgang mit Ressourcen in allen Industriestaaten der Welt zu einem gesamtgesellschaftlichen Ziel geworden. Die in Deutschland erfolgreich durchgeführte Energiewende befindet sich in weiteren europäischen Ländern in Umsetzung. Kleinere Staaten und einige Regionen in Deutschland streben darüber hinaus bereits den Übergang zu einer teilweisen Kreislaufwirtschaft an. Was im Jahr 2015 noch als gesellschaftliche Vision galt, wird in diesem Szenario im Jahr 2030 als ernsthafte und umsetzbare Möglichkeit im Rahmen der politischen Agenda diskutiert.

Die veränderte Konsumgüternachfrage führt 2030 darüber hinaus zu einem stark an Bedeutung gewinnenden Onlineversandhandel (E-Commerce), welcher sich aufgrund des Digitalisierungsgrads der Gesellschaft zu einem zentralen Absatzkanal im Handel entwickelt hat. Die u. a. durch den Onlineversandhandel angestiegenen Sendungsmengen (bei gleichzeitig sin-

[187] Siehe Schlüsselfaktor 14 in Kapitel 5.3.

kenden Sendungsgrößen) treiben das Wachstum des Güterverkehrsaufkommens zusätzlich in die Höhe. Jedoch gibt es bei dieser Entwicklung z. T. erhebliche regionale Unterschiede (so sind bis 2030 die Transportmengen in den Städten besonders stark gestiegen), was durch die angestiegene Urbanisierung und die sich dort bündelnde Nachfrage, zu erklären ist. Speziell bei Lebensmitteln gewinnen neben qualitativ hochwertigen und nachhaltigen Produkte auch regional erzeugte Produkte an Bedeutung. Aber auch im Modesegment und bei Elektronikartikeln ist die Kundennachfrage deutlich differenzierter und qualitätsfokussierter. Als Resultat dieser Entwicklungen haben sich die Anforderungen an die Logistik im Allgemeinen und die Distribution im Speziellen verändert. Besonders die zeitlichen Anforderungen an die Logistikprozesse sind gestiegen, da die Kunden (Handelsunternehmen) eine hohe Warenverfügbarkeit gewährleisten wollen und in höheren Frequenzen nachbestellen. Im Bereich der Fashion-Distribution kommt hinzu, dass die steigende Zahl der jährlichen Kollektionen den Kundenwunsch nach einer zeitlich schnellen Distribution beeinflussen. Im Bereich des E-Commerce gestaltet sich die Kundenanforderung nach einer zeitlich schnellen Distribution am intensivsten. Taggleiche Zustellungen gehören im Jahr 2030 zu den üblichen Versandoptionen. Die Veränderung der von den Kunden präferierten Absatzkanäle gilt als hauptsächlicher Treiber der höheren zeitlichen Anforderungen, welcher auch auf die Flexibilität der Distribution wirkt. Einige Produkte wie bspw. Nahrungsmittel werden immer noch bevorzugt im stationären Einzelhandel erworben, jedoch werden im Jahr 2030 andere Güter wie Bücher, Unterhaltungselektronik, Haushaltsgeräte sowie Kleidung und Schuhe mehrheitlich online erworben. Zur Erfüllung dieser Kundenwünsche haben die in der Distribution von Konsumgütern tätigen Unternehmen die Distanzen in der Distribution (bspw. durch kundennahe Logistikflächen in Form von City-Hubs) reduziert. Dies ermöglicht eine flexiblere Distribution, deutlich höhere Lieferfrequenzen und die zeitlich schnelle Realisierung der Distributionsaufträge. Zur Erfüllung dieser Anforderungen an die Distribution bei gleichzeitig nachhaltigen Geschäftsprozessen, haben viele Unternehmen Elektrofahrzeuge in Ihre Flotten integriert und neue Konzepte für die letzte Meile entwickelt, welche bspw. auch eine Ausweitung des Anlieferzeitraums auf 24 Stunden umfassen. Die Kunden sind darüber hinaus in zunehmend größerer Zahl bereit, für eine transparent nachvollziehbare, nachhaltige Distribution einen Mehrpreis zu entrichten. Das Thema Nachhaltigkeit hat sich besonders im Verkehrssektor zu einem gesamtgesell-

schaftlich sensiblen Thema entwickelt, welches die individuelle Mobilität, den ÖPNV sowie den Güterverkehr umfasst. Gleichzeitig haben sich die Kundenanforderungen hinsichtlich der Liefergeschwindigkeit verändert
Durch einen kontinuierlichen technologischen Fortschritt im Bereich der Elektromobilität sind batterieelektrische Fahrzeuge in der Distribution zu einem zentralen Baustein in der Logistikkette geworden. Die E-Fahrzeuge besitzen speziell hinsichtlich der in der Vergangenheit kritischen Themen Reichweite (ca. 500 km) und Nutzlast im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen keine Nachteile mehr. Hinzu kommt, dass durch neue Lade- und Batterietechnologien die Ladedauer im Mittel auf unter eine Stunde gesenkt werden konnte und die Ladeinfrastrukturkosten keine zusätzliche Belastung mehr darstellen. Gleichzeitig ist die Elektromobilität aufgrund von Skaleneffekten in der Produktion am Markt in großer Zahl und Variantenvielfalt günstiger als konventionelle Fahrzeuge verfügbar. Ermöglicht wurde diese Entwicklung auch durch Entwicklungsfortschritte in der Batterietechnologie und der Batterieproduktion, welche halfen, die Kosten in diesem Bereich zu senken. Eine hohe staatliche Förderung, besonders auch der Forschung und Entwicklung, hat Deutschland bei der Elektromobilität zu einem Leitmarkt mit Leitanbietern werden lassen. Die Elektromobilität besitzt bei Unternehmen und Kunden eine hohe Akzeptanz und kann durch die, im Vergleich zu konventionell angetriebenen Fahrzeugen geringeren Betriebskosten, und bestehende strenge Umweltvorgaben, wirtschaftlich sinnvoll eingesetzt werden. Besonders in den stark reglementierten Ballungsgebieten führt an Elektrofahrzeugen im gewerblichen Verkehr im Jahr 2030 kaum noch ein Weg vorbei.

Den Bewertungen im Szenario 2030 I – „Fortschritt“ liegen mehrere Annahmen zugrunde, welche nachfolgend erläutert werden und für alle im Kapitel 6.2 vorgenommenen Bewertungen gelten sollen. Bei denen der Bewertung zugrunde liegenden Fahrzeugen handelt es sich um ein batterieelektrisches Fahrzeug und ein dieselbetriebenes Pendant. Bei letzterem sollen die Fahrzeugdaten des IVECO Daily 35S-13V verwendet werden, angepasst um einen den Entwicklungen im Szenario entsprechenden Dieselverbrauch und Dieselpreis.[188] Neben den Entwicklungsfortschritten der Elektromobilität werden somit in diesem Szenario auch die Entwicklungs-

[188] Vgl. Iveco (2016 b)

fortschritte der Diesel-Technologie berücksichtigt.[189] Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um Transporter (Kastenwagen) der Größenklasse 3,5 t. Die nachfolgende tabellarische Übersicht gibt die für die Bewertung benötigten Parameter der Fahrzeuge an.

	Elektrofahrzeug	IVECO Daily 35S-13V
Reichweite [km]	550	544
Ladedauer [h]	0,75	0,17
Nutzlast [t]	1,33	1,33
Anschaffungskosten [€/Fzg]	25.500	30.500
Ladeinfrastrukturkosten [€/Fzg]	500	anwendungsfallabhängig[190]
Betriebskosten [€/Fzg]	anwendungsfallabhängig[191]	anwendungsfallabhängig[192]
Wartungs- & Reparaturkosten [€/a]	2.460	3.690
Change-Kosten [€/Fzg]	1.000	0
CO_2e-Emissionen [kg/km]	0,171	0,398
Verbrauch [kWh/100km] [l/100km]	35,0	9,0
weitere Annahmen		
Nutzungsdauer der Fahrzeuge [a]		8
Einsatztage pro Jahr [d]		313
Diesel-Preis [€/l]		1,76

189 Die Diesel-Technologie wird im Rahmen der Bewertungsmodelle als Referenz mit einem Nutzwert 7 bewertet. Der Nutzwert 7 der Diesel-Technologie ist jedoch nur die Referenz innerhalb des jeweiligen Szenarios (2015, 2030 I, 2030 II). Der Nutzwert 7 der Diesel-Technologie im Szenario 2030 I ist daher nicht gleichzusetzen mit dem Nutzwert 7 der Diesel-Technologie in 2015.

190 Die Berechnung der Diesel-Infrastrukturkosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

191 Die Berechnung der Betriebskosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

192 Die Berechnung der Betriebskosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

Strom-Preis [€/kWh]	0,211
KFZ-Steuer [€/a]	294
KFZ-Steuerbefreiung für E-Fahrzeuge [a]	5
erhöhte Wartungs- & Reparaturkosten für konventionelle Fahrzeuge [%]	+ 50 %
Preis pro Tonne CO_2 (CO_2-Zertifikat) [€]	18,60

Tabelle 21: Fahrzeugparameter und weitere Annahmen für die Bewertung in 2030 I [193]

Die Leistungsparameter des batterieelektrischen Fahrzeugs wurden entsprechend den im Kapitel 5.3 entwickelten Projektionen gewählt.

5.7.2 Szenario 2030 II – „Stagnation"

Das nachfolgend beschriebene Szenario führt die im Zukunftsbild 2[194] entwickelten Projektionen der betrachteten Schlüsselfaktoren zusammen und zeichnet unter Berücksichtigung zusätzlicher gesellschaftlicher Entwicklungen eine mögliche zukünftige Entwicklungen.

Die seit Jahrzehnten geringe Zahl von ca. 1,4 Kindern pro Frau und eine nur geringe Zuwanderung lässt die Bevölkerung Deutschlands in diesem Szenario auf unter 77 Mio. Einwohner im Jahr 2030 schrumpfen.[195] Die demografische Entwicklung führt aufgrund des medizinischen Fortschritts dazu, dass bis 2030 über 33 % der Bevölkerung älter als 65 Jahre. Das wirtschaftliche Wachstum Deutschlands stagniert aufgrund eines schwierigen internationalen Umfelds, was sich direkt auf das Konsumverhalten der Gesellschaft auswirkt. Die politischen Konsequenzen einer zunehmend alternden und schrumpfenden Gesellschaft wurden lange Zeit nicht beachtet, weshalb sich die Kaufkraft der Bevölkerung verringert hat. Die Endkunden sind bzgl. des Erwerbs von Konsumgütern eher preissensibel als nachhaltig orientiert, weshalb viele Unternehmen in der Konsumgüterbranche einer Strategie

[193] Eigene Darstellung
Vgl. Iveco (2016 a); vgl. Iveco (2016 b), vgl. Smart e-User (2016)

[194] Siehe Tabelle 20

[195] Vgl. TCFG – The Consumer Goods Forum (2010), S. 17 ff, 25 ff; vgl. Fraunhofer IAO (2012), S. 7 ff; vgl. Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014), S. 5 ff, 16 f, 39 f, 43 f; vgl. Deutsche Rentenversicherung (2015); vgl. Eggert (2011), S. 2–6, 15–19, 21–30; vgl. Deutsche Post AG (2010); vgl. Deutsche Post AG (2012); vgl. Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung (2010), S. 90 ff, 123 ff; vgl. Phleps et.al. (2015), S. 46 ff

der Kostenführerschaft folgen. Für Unternehmen wird der Wettbewerb um logistisch qualifizierte Talente und Mitarbeiter bis 2030 zunehmend intensiver, was zum Einen an dem sinkenden Angebot an qualifizierten Bewerbern liegt, und zum Anderen an einer zunehmenden Fluktuation der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, sodass innerbetriebliches Logistikwissen häufig nicht aufgebaut oder weitergegeben werden kann. Die angespannte wirtschaftliche Situation schlägt sich auch in den jährlichen Wachstumsraten der Güterverkehrsleistung nieder, welche nur leicht über 0 % liegen. Um die wirtschaftliche Erholung nicht zu gefährden, wurden bis 2030 insgesamt kaum umweltrechtliche Vorgaben beschlossen um den Emissionsausstoß zu reduzieren. Hinzu kommt, dass es bei der in Deutschland angestrebten Energiewende zu Verzögerungen und inhaltlichen Änderungen kam, weshalb die erneuerbaren Energien bei der Stromerzeugung in Deutschland im Jahr 2030 nur 20,8 % beitragen.[196]

Das Umweltbewusstsein in der Bevölkerung hat sich seit 2015 nur wenig weiterentwickelt, trotz der zunehmenden Belastungen durch Emissionen – speziell in den Ballungsgebieten. Nachhaltig erzeugte Konsumgüter – egal ob Lebensmittel, Bekleidung o. Ä. – bleiben auch im Jahr 2030 ein Nischenmarkt, die Differenzierung im Wettbewerb findet zu weiten Teilen über den Preis statt. Die Mehrpreisbereitschaft der (End-)Kunden für nachhaltige Distribution ist daher begrenzt. Durch die fehlende frühzeitige Einführung von Umweltvorgaben in Ballungsgebieten ist die Lebensqualität in der Stadt in Summe geringer geworden, was u. a. an einer zunehmenden verkehrlichen Verstopfung der Innenstädte liegt. Insgesamt konnte sich in der Gesellschaft kein nachhaltiger Lebensstil durchsetzen. Stattdessen wird die Umweltsituation bis 2030 nur wenig beachtet – auch weil andere Probleme (wie die wirtschaftliche Stagnation) als deutlich größerer Risiken für die Bevölkerung eingestuft werden.

Die Etablierung des Onlineversandhandels sowie die demografisch getriebene Nachfrage nach Convenience-Produkten sind in 2030 deutliche Trends in der Distribution. Nachhaltige Aspekte spielen keine dominante Rolle bei den Kaufentscheidungen der Endkunden. Die Nachfragefrequenzen der Kunden haben sich im Vergleich zu 2015 nur geringfügig erhöht, u. a. auch, weil bspw. in der Bekleidungsindustrie die Zahl der jährlichen Kollektionen kaum gestiegen ist. Aufgrund des Kostendrucks, der gleichbleibenden Gütermenge und der geringen Kundennachfrage nach einer

[196] Siehe Schlüsselfaktor 14 in Kapitel 5.3.

zeitlich schnellen Distribution haben sich auch die Distanzen in der Distribution im Vergleich zu 2015 kaum verändert. Im Lebensmittelsegment finden neben Convenience-Produkten auch genetisch veränderte Nahrungsmittel einen großen Absatz, besonders, weil letztere günstig produziert und angeboten werden können. In der KEP-Branche wurden in den 2020-iger Jahren Tarifstrukturen, welche den emissionsarmen Versand fördern sollten, erprobt, konnten sich jedoch am Markt nicht durchsetzen.
Die Elektromobilität hat sich gegenüber dem Jahr 2015 weiterentwickelt, große technologische Durchbrüche konnten jedoch nicht erzielt werden. Die auf Lithium basierende Batterietechnologie wurde kontinuierlich weiterentwickelt, jedoch konnten sich batterieelektrischen Fahrzeugkonzepte aufgrund des starken politischen Einflusses der Automobilindustrie und anderer am Markt existierender Antriebstechnologien (bspw. die Wasserstoffzellen-Fahrzeuge, Gas-Fahrzeuge) nicht durchsetzen. Dennoch existiert ein vielfältiges Marktangebot an Elektrofahrzeugen, so dass diese in allen Fahrzeugklassen angeboten werden. Die Nutzlast dieser BEV ist jedoch geringer als die Nutzlast vergleichbarer konventionell angetriebener Fahrzeuge. Ebenso haben sich die Reichweiten nur geringfügig verbessert, so dass Elektrofahrzeuge durchschnittlich ca. 300 km zurücklegen können. Die Batterieproduktion ist weiterhin der Kostentreiber in der Automobilproduktion, welcher für die hohen Anschaffungspreise von Elektrofahrzeugen verantwortlich ist. Darüber hinaus konnten aufgrund der Heterogenität bzgl. der Antriebstechnologien kaum Skaleneffekte in der Automobilproduktion realisiert werden. Ebenso wie die Batterietechnologie nur geringe Fortschritte im Vergleich zu 2015 erreicht hat, konnte auch die Ladetechnologie nur geringfügig weiterentwickelt werden, was verhältnismäßig lange Ladezeiten und hohe Anschaffungskosten zur Folge hat. Die Betriebskosten von BEV entsprechen ungefähr denen von ICEV, was u. a. auch an den hohen Energiepreisen aufgrund der Umsetzungsdefizite bei der Energiewende liegt.

Den Bewertungen im Szenario 2030 II – „Stagnation“ liegen mehrere Annahmen zugrunde, welche nachfolgend erläutert werden und für alle im Kapitel 6.3 vorgenommenen Bewertungen gelten sollen. Bei denen der Bewertung zugrunde liegenden Fahrzeugen handelt es sich um ein batterieelektrisches Fahrzeug und ein dieselbetriebenes Pendant. Bei letzterem sollen erneut die Fahrzeugdaten des IVECO Daily 35S-13V verwendet werden, angepasst um einen den Entwicklungen im Szenario entsprechenden

Dieselverbrauch und Dieselpreis.[197] Neben den Entwicklungsfortschritten der Elektromobilität werden somit in diesem Szenario auch die Entwicklungsfortschritte der Diesel-Technologie berücksichtigt.[198] Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um Transporter (Kastenwagen) der Größenklasse 3,5 t. Die nachfolgende tabellarische Übersicht gibt die für die Bewertung benötigten Parameter der Fahrzeuge an.

	Elektrofahrzeug	IVECO Daily 35S-13V
Reichweite [km]	300	544
Ladedauer [h]	3	0,17
Nutzlast [t]	0,9	1,33
Anschaffungskosten [€/Fzg]	40.500	30.500
Ladeinfrastrukturkosten [€/Fzg]	1.500	anwendungsfallabhängig[199]
Betriebskosten [€/Fzg]	anwendungsfallabhängig[200]	anwendungsfallabhängig[201]
Wartungs- & Reparaturkosten [€/a]	2.460	3.690
Change-Kosten [€/Fzg]	1.000	0
CO_2e-Emissionen [kg/km]	0,204	0,398
Verbrauch [kWh/100km] [l/100km]	35,0	4,5

197 Vgl. Iveco (2016 b)

198 Die Diesel-Technologie wird im Rahmen der Bewertungsmodelle als Referenz mit einem Nutzwert 7 bewertet. Der Nutzwert 7 der Diesel-Technologie ist jedoch nur die Referenz innerhalb des jeweiligen Szenarios (2015, 2030 I, 2030 II). Der Nutzwert 7 der Diesel-Technologie im Szenario 2030 II ist daher nicht gleichzusetzen mit dem Nutzwert 7 der Diesel-Technologie in 2015.

199 Die Berechnung der Diesel-Infrastrukturkosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

200 Die Berechnung der Betriebskosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

201 Die Berechnung der Betriebskosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

weitere Annahmen	
Nutzungsdauer der Fahrzeuge [a]	8
Einsatztage pro Jahr [d]	313
Diesel-Preis [€/l]	1,46
Strom-Preis [€/kWh]	0,312
KFZ-Steuer [€/a]	294
KFZ-Steuerbefreiung für E-Fahrzeuge [a]	5
erhöhte Wartungs- & Reparaturkosten für konventionelle Fahrzeuge [%]	+ 50 %
Preis pro Tonne CO_2 (CO_2-Zertifikat) [€]	10,00

Tabelle 22: Fahrzeugparameter und weitere Annahmen für die Bewertung in 2030 II [202]

Die Leistungsparameter des batterieelektrischen Fahrzeugs wurden entsprechend den im Kapitel 5.3 entwickelten Projektionen gewählt.

6 Anwendung des Bewertungsmodells

In diesem Kapitel wird das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Bewertungsmodell (Kapitel 4) angewendet. Die Bewertung von sechs Anwendungsfällen findet dabei sowohl für das Jahr 2015, als auch für die beiden Szenarien für 2030 statt.

Bei denen der Bewertung zugrunde liegenden Fahrzeugen handelt es sich um ein batterieelektrisches Fahrzeug und ein dieselbetriebenes Pendant. Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um Transporter (Kastenwagen) der Größenklasse 3,5 t. Diese Einschränkung wurde im Rahmen der Bewertungen gewählt, da die für das Bewertungsmodell benötigten Parameter dieses Fahrzeugtyps sowohl für die batterieelektrische als auch konventionell betriebene Variante zur Verfügung stehen. Hinzu kommt, dass die Parameter dieses Fahrzeugtyps beim aktuellen Stand der Entwicklung von Elektrofahrzeugen im Jahr 2015 auch für die Zukunft mit ausreichender Genauig-

[202] Eigene Darstellung
Vgl. Iveco (2016 a); vgl. Iveco (2016 b), vgl. Smart e-User (2016)

keit prognostiziert werden können. In allen Anwendungsfällen wird die Bewertung daher exemplarisch auf 3,5 t Fahrzeuge angewendet.

6.1 Bewertung im Szenario 2015

Den Bewertungen für das Jahr 2015 liegen das batterieelektrische Fahrzeug IVECO e-Daily und das dieselbetriebene Pendant IVECO Daily 35S-13V zugrunde. Bei beiden Fahrzeugen handelt es sich um Transporter (Kastenwagen) der Größenklasse 3,5 t. Die nachfolgende tabellarische Übersicht gibt die für die Bewertung benötigten Parameter der Fahrzeuge an.

	IVECO Daily Electric	IVECO Daily 35S-13V
Reichweite [km]	88,4	544
Ladedauer [h]	8	0,17
Nutzlast [t]	0,77	1,33
Anschaffungskosten [€/Fzg]	89.500	30.500
Ladeinfrastrukturkosten [€/Fzg]	3.000	anwendungsfallabhängig[203]
Betriebskosten [€/Fzg]	anwendungsfallabhängig[204]	anwendungsfallabhängig[205]
Wartungs- & Reparaturkosten [€/a]	2.460	3.690
Change-Kosten [€/Fzg]	1.000	0
CO_2e-Emissionen [kg/km]	0,2428	0,318
Verbrauch [kWh/100km] [l/100km]	47,1	12,87

[203] Die Berechnung der Diesel-Infrastrukturkosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

[204] Die Berechnung der Betriebskosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

[205] Die Berechnung der Betriebskosten hängt von den anwendungsfallabhängigen Jahresfahrleistungen ab (Kapitel 4.4).

weitere Annahmen	
Nutzungsdauer der Fahrzeuge [a]	8
Einsatztage pro Jahr [d]	313
Diesel-Preis [€/l]	1,22
Strom-Preis [€/kWh]	0,21
KFZ-Steuer [€/a]	294
KFZ-Steuerbefreiung für E-Fahrzeuge [a]	5
erhöhte Wartungs- & Reparaturkosten für konventionelle Fahrzeuge [%]	+ 50 %
Preis pro Tonne CO_2 (CO_2-Zertifikat) [€]	6,20

Tabelle 23: Fahrzeugparameter und weitere Annahmen für die Bewertung in 2015[206]

Das batterieelektrische Fahrzeug IVECO Daily Electric besitzt zwei Natrium-Nickelchlorid-Akkumulatoren der Schweizer Firma MES-DEA, welcher eine Netzspannung von 278 V und eine Kapazität von 76 Ah besitzen. Insgesamt besitzt das batterieelektrische Fahrzeug somit eine verfügbare Batteriekapazität von 42,2 kWh.[207] Bei den genannten Batterien handelt es sich um Hochtemperaturbatterien, welche auch als ZEBRA-Batterien bezeichnet werden. Diese Batterie verwendet einen festen Elektrolyten (statt flüssigem Elektrolyten) und Elektroden in flüssiger und fester Form. ZEBRA-Batterien benötigen eine Betriebstemperatur von 300–350 °C, was den hohen Energieverbrauch des IVECO Daily Electric erklärt. Der Elektromotor des Fahrzeugs ist in der Lage 60 kW und 260 Nm zu realisieren, wodurch eine Spitzengeschwindigkeit von 70 km/h erreicht werden kann.[208]

Bei dem zur Bewertung als Referenz verwendeten, konventionell angetriebenen Fahrzeug, handelt es sich um den dieselbetriebenen IVECO Daily

[206] Eigene Darstellung

[207] Vgl. Iveco (2016 a); vgl. Iveco (2016 b), vgl. Smart e-User (2016)
Die verfügbare Batteriekapazität ist Grundlage der Berechnung. Es existiert bei einer vollständigen Ausschöpfung der verfügbaren Batteriekapazität noch eine Restladung, welche jedoch für die Traktion nicht zur Verfügung steht.

[208] Vgl. Iveco (2016 a)

35S-13V, welcher ein vergleichbares Fahrzeugmodell zum IVECO Daily Electric ist.[209]

Für alle nachfolgenden Bewertungen in 2015 sollen darüber hinaus die Annahmen gelten, dass die Nutzungsdauer des Fahrzeugs acht Jahre beträgt und sich das Fahrzeug an 313 Tagen im Jahr, d. h. an sechs Tagen pro Woche, in der Distribution im Einsatz befindet. Beide Annahmen sind sinnvoll, da sie die übliche Nutzungsdauer und Einsatzhäufigkeit für Fahrzeuge in gewerblichen Anwendungen in den betrachteten drei Bereichen wiedergeben. Zusätzlich wurde ein Dieselpreis von 1,22 Euro pro Liter angenommen, was dem Treibstoffpreis des Frühjahrs 2016 entspricht. Für den Strompreis wurde die Annahme von 0,21 Euro pro kWh getroffen. Dabei handelt es sich um Strom zu einem gewerblichen Tarif, welcher auch im Forschungsprojekt Smart e-User als Berechnungsgrundlage angenommen wurde (und welcher dem Marktpreis dieser Kundengruppe entspricht). Darüber hinaus wurde gemäß eines Maßnahmenpakets für Elektromobilität der Bundesregierung eine fünfjährige Steuerbefreiung für Elektrofahrzeuge in der Bewertung berücksichtigt.[210] Außerdem wurden für konventionell betriebene Fahrzeuge um 50 % erhöhte Wartungs- und Reparaturkosten angenommen, um den unterschiedlichen Eigenschaften der Antriebe gerecht zu werden.[211]

6.1.1 Distribution von Lebensmitteln

Die Distribution von Lebensmitteln innerhalb von Handelsunternehmen und zum Endkunden verbindet zahlreiche Quellen mit einer Vielzahl von Senken. Diese sind im gesamten, durch das Netz abzudeckenden Gebiet verteilt. Es gibt daher in jedem Teilgebiet sowohl Quellen als auch Senken. Die Distribution von Lebensmitteln findet zumeist über mehrere Distributionsstufen statt. Der Wettbewerb am Markt ist durch eine hohe Intensität gekennzeichnet und sehr dynamisch.

Zur Bewertung der Lebensmitteldistribution wurden im Rahmen dieser Arbeit die Distribution eines führenden deutschen Handelsunternehmens und eines auf die Distribution von Lebensmitteln spezialisierten Logistikdienstleisters betrachtet. Bei den Unternehmen handelt es sich um:

[209] Vgl. Iveco (2016 b)
[210] Vgl. BMWi (2016)
[211] Vgl. Smart e-User (2016)

- REWE Markt GmbH (stationärer Lebensmitteleinzelhandel)
- Kraftverkehr Nagel GmbH & Co. kg (führender Logistikdienstleister für Lebensmittel, speziell Tiefkühlprodukte)[212]

6.1.1.1 Stationärer Lebensmitteleinzelhandel

Der stationäre Lebensmitteleinzelhandel ist in Deutschland der dominante Distributionskanal für Lebensmittel und Getränke. Im deutschen stationären Lebensmitteleinzelhandel werden jährlich rund 165 Milliarden Euro umgesetzt, allein das stark wachsende Segment der Bio-Lebensmittel trägt dazu rund 8 Milliarden Euro bei, und gilt als ein wichtiger und schnell wachsender Teilmarkt im Lebensmitteleinzelhandel, welcher im Besonderen durch das in der Bevölkerung zunehmende Bewusstsein für Nachhaltigkeit getragen wird.[213] Obwohl im Lebensmitteleinzelhandel nicht ausschließlich Lebensmittel vertrieben werden, liegt der durchschnittliche Umsatzanteil von Lebensmitteln unter den fünf dominierenden Marktteilnehmern bei ca. 72 %, weshalb die REWE-Markt GmbH (mit einem Food-Umsatzanteil von ebenfalls 72 %) im Rahmen dieser Untersuchung als repräsentativer Anwendungsfall des Segments gelten kann.[214] Die Distribution von Non-Food Artikeln ist nicht Bestandteil dieses Kapitels.

Die REWE-Markt GmbH distribuiert ihre Waren mehrheitlich ein- oder zweistufig, abhängig von der Art des Guts und der Nachfragestruktur.[215] Die Distribution von FMCG findet zumeist einstufig statt, die von SMCG häufig zweistufig. Die REWE Markt GmbH besitzt in Deutschland ein Zentrallager und 16 regionale Läger. Die Anzahl der regionalen Läger ist abhängig von der regionalen Aufteilung Deutschlands in Verkaufsgebiete bzw. Niederlassungen. An jedes regionale Handelslager sind – abhängig von der Siedlungsstruktur des Gebiets – ca. 100 bis 120 Filialen angeschlossen. Die Distributionsstruktur des untersuchten Falls ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

---

[212] Die zur Bewertung verwendeten Informationen wurden im Rahmen der Expertengespräche mit Vertretern der REWE Group (Rewe-Zentral-AG) mit Fokus auf die REWE Markt GmbH und Kraftverkehr Nagel GmbH & Co. KG erhoben.

[213] Vgl. Statista (2016 c); vgl. Statista (2016 d)

[214] Vgl. Statista (2016 a); vgl. Statista (2016 b)

[215] Hier und im Folgenden vgl. Gudehus (2012 b), S. 997 ff; vgl. Metro MLG Logistik (2002), S. 16 ff; Bretzke (2008), S. 273–294

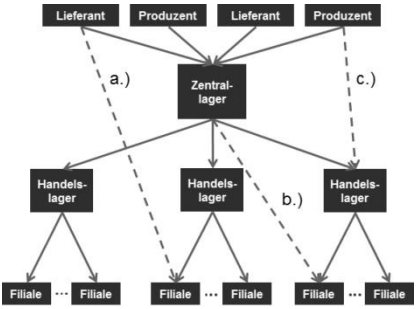


Abbildung 43: Typische Distributionsstruktur im stationären Lebensmitteleinzelhandel[216]

Die einstufige Distribution führt vom Produzenten oder Lieferanten entweder über das Zentrallager direkt in die Filialen, oder über ein Handelslager bzw. andere Umschlagpunkte in die Filialen (siehe b.) und c.) in Abbildung 43). Die zweistufige Distribution erfolgt im Vergleich dazu sowohl über das Zentral- als auch über ein Handelslager. Im Falle der REWE Markt GmbH betreibt das Handelsunternehmen die Logistikstandorte selbst. Darüber hinaus gibt es auch Direktverkehre von den Lieferanten bzw. Produzenten in die Filialen (siehe a.) in Abbildung 43). Güter die auf diese Weise distribuiert werden sind u. a. Getränke und frische Backwaren. Große Handelsunternehmen wie die REWE Group organisieren die Logistik ihrer Beschaffung und unternehmensinternen Distribution in größerem Umfang selbst, um ihre Distributionsaktivitäten hinsichtlich Transportkosten, Bestandskosten, Standzeiten (der Fahrzeuge), Transaktionskosten und Handling-Kosten zu optimieren. Die Folgen sind eine abnehmende Belieferung der Vielzahl einzelner Filialen aus dem Zentrallager und eine zunehmende Belieferung von regionalen Lägern und Umschlagstationen, in welchen die Warenströme verdichtet werden. Die zu distribuierenden Lebensmittel unterteilen sich in die Warengruppen der Frische-, Trocken- und Tiefkühlprodukte, in Obst und Gemüse sowie Fleisch und Getränke, mit jeweils unterschiedlichen Transport- und Lageranforderungen. Am Beispiel des befragten Unternehmens gestalten sich die Volumina der Distribution so, dass jährlich rund 1,2 Milliarden Kollis in ca. 44 Millionen Transporteinheiten abgewickelt werden. Durchschnittlich erhält eine Filiale zwischen 300 und 500 Kollis täglich. Das Ziel der Distribution ist es, eine möglichst hohe Warenverfügbarkeit zu gewährleisten, insbesondere im Bereich der Frischepro-

[216] Eigene Darstellung.

dukte und bei Obst und Gemüse. Zu diesem Zweck liegt die Wiederbeschaffungszeit dieser Produkte bei unter 24 Stunden, wohingegen die Wiederbeschaffungszeit von Trocken- und Tiefkühlprodukten von der zeitlichen Lage der nächsten Tour abhängt und häufig einen Zeitrahmen von 48 Stunden überschreitet. Die Nachfrage im Lebensmitteleinzelhandel ist sehr stark von saisonalen Zyklen und der Lage von Feiertagen abhängig. Absatzspitzen finden sich vor allem vor Hochfeiertagen wie Weihnachten, Ostern oder Pfingsten, aber auch vor gesetzlichen Feiertagen und Brauchtumstagen (bspw. Fastnacht, weltweite Sportveranstaltungen etc.). In der Distribution kommen LKW der verschiedensten Größenordnungen zum Einsatz, in der Mehrheit handelt es sich dabei um Fahrzeuge der Größenklasse 12 t und 20 t. Bei der Betrachtung der Besitzverhältnisse dieser Fahrzeuge zeigt sich, dass es sich bei rund 70 % der eingesetzten Flotte um Fahrzeuge von Subunternehmern – zumeist Spediteuren – handelt. Das untersuchte Unternehmen betreibt jedoch auch eigene Flotten, welchen in ausgewählten Gebieten eingesetzt werden. Die Filialbelieferung findet dabei in der Regel einmal täglich (morgens) statt. Die Fahrzeuge beliefern – abhängig von der Filialdichte im Zielgebiet – zwischen 2 und 4 Filialen und legen dabei durchschnittlich 180 km zurück. In der Regel fährt ein Fahrzeug eine tägliche Tour. Abhängig von der Filialdichte und dem Auftragsstand können jedoch auch zwei Touren gefahren werden.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel	
Reichweitenanforderung [km]	160–200
Nutzlastanforderungen [t]	1,33
Standzeit zwischen den Touren [h]	8–16
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,175
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	1
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	1
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	4
Marktdurchdringung [Nominalskala]	nicht gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	450.720
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	73,1
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	8,1
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	18,8
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	50
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	50

Tabelle 24: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel in 2015

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Lebensmitteln im stationären Lebensmitteleinzelhandel 2,1 beträgt, bei Kosten von 75.867,24 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei

159.321,21 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0 bei Kosten von 19.248,24 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 134.737,68 €. Da die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge jedoch derzeit nicht serienmäßig am Markt verfügbar sind, kommt das K.O.-Kriterium der Bewertung zum Tragen, weshalb sich die Elektromobilität in diesem Anwendungsfall unter den gegebenen Bedingungen insgesamt nicht wirtschaftlich einsetzen lässt.

6.1.1.2 Logistikdienstleister in der Distribution von Lebensmitteln

Der Anteil von fremdvergebenen Logistikleistungen in der Konsumgüterindustrie beträgt über 63 %. Davon entfallen wiederum ungefähr 90 % auf Logistikdienstleister und lediglich der Rest auf IT-Dienstleister und Logistik-Beratungen. Zu den am häufigsten ausgelagerten Leistungen gehören Transport, Lagerei und Retouren-Handling.[217] Die auf Lebensmittellogistik spezialisierten Logistikdienstleister spielen in der Lebensmittelindustrie eine bedeutende Rolle. Exemplarisch wird daher der in Deutschland führende Spezialist für Lebensmitteltransporte und Konsumgüter-Kontraktdienstleistungen, die Kraftverkehr Nagel GmbH & Co. KG bewertet.[218]

Das Unternehmen unterhält in Deutschland 27 Distributionsstandorte und zusätzlich 70 weitere Warehousing-Standorte, welche jedoch per Kontrakt exklusiv an einen Kunden gebunden sind. Zwischen den 27 Distributionsstandorten spannt sich ein Direktverkehrsnetz. Abhängig von den vertraglichen Vereinbarungen mit dem jeweiligen Kunden sind insbesondere die Transportdienstleistungen sehr individuell vereinbart. In der Regel findet die nationale Distribution für den Kunden zweistufig statt, anhängig vom individuellen Fall kann es aber auch zu ungebrochenen Transporten von der Quelle bis zur Senke kommen, wie die nachfolgende Abbildung verdeutlicht.

[217] Vgl. Miebach Consulting (2014); vgl. Statista (2016 e)
[218] Vgl. Kille, Schwemmer (2014), S. 170; vgl. Statista (2016 f)

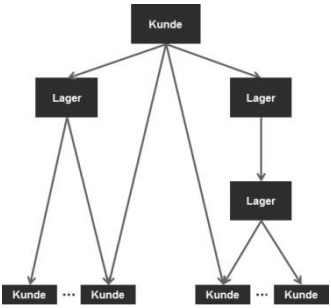


Abbildung 44: Typische Distributionsstruktur von auf Lebensmittel spezialisierten Logistikdienstleistern[219]

Das Spektrum der in diesem Segment zu handhabenden Waren umfasst (Ultra-) Frischeprodukte, Trocken- und Tiefkühlprodukte sowie flüssige Güter. Die Sicherung der Kühlkette (bei temperatursensiblen Waren), die durchgängige Rückverfolgung der Produkte vom Lieferanten bis zur Filiale, sowie die Berücksichtigung besonderer Hygienevorschriften sind daher in der Distribution von Lebensmitteln von besonderer Bedeutung. Darüber hinaus muss sich das untersuchte Unternehmen besonderen Flexibilitätsanforderungen stellen, da die Kundennachfrage saisonale Schwankungen aufweist. Übliche Nachfragespitzen stellen die Weihnachts- und Osterzeit, die Grillsaison (Sommerzeit) und die kurzen, feiertagsreichen Wochen im Mai dar. Durch die hohe Kundenindividualität der Logistikdienstleistungen lassen sich die umzuschlagenden Volumina pro Lager oder Senke kaum allgemeingültig quantifizieren. Das befragte Unternehmen gab die Größenordnung von 400-500 t pro Tag an, als Einschätzung der täglich transportierten Gütermengen. Ebenso kundenindividuell wie die Volumina gestalten sich die Nachfrage- bzw. Lieferfrequenzen. Üblicherweise wird ein Auftrag oder eine Bestellung jedoch binnen 24h realisiert. Es gibt aber auch Kunden, mit denen eine mehrfach tägliche Belieferung vereinbart ist. Die Kraftverkehr Nagel GmbH & Co. KG verfügt über verhältnismäßig viel firmeneigene Transportfahrzeuge und Auflieger.[220] Insgesamt muss in der Distribution von Lebensmittellogistikdienstleistern zwischen Verteilfahrzeugen (im Regelfall zwischen 7,5–18 t) und Fahrzeugen für den Fernver-

[219] Eigene Darstellung.

[220] In traditionsreichen mittelständischen Unternehmen in Deutschland ist dies jedoch eher die Regel als die Ausnahme. Der Hauptgrund ist das historische Wachstum des Unternehmens und die Tatsache, dass der Trend zur Fremdvergabe erst seit knapp 15 Jahren von Bedeutung ist.

kehr (schwere LKW und Sattelzüge) unterschieden werden.[221] Durch die hohe Individualität der Kundenaufträge, lassen sich die durchschnittlichen Tourlängen der Verteilverkehre, sowie die Tourdauern und die Standzeiten in der Senke nicht zweckmäßig bestimmen. Ebenso kundenindividuell gestalten sich die vereinbarten Lieferfrequenzen, welche von einer mehrfach täglichen Belieferung bis hin zu einer Belieferung in größeren Intervallen stattfinden.

Dieser Anwendungsfall besitzt die folgenden anwendungsfallabhängigen Parameter, welche der Bewertung zugrunde liegen:

[221] Das Unternehmen gab an, ca. 1.200 Fahrzeuge für den Fernverkehr (davon 2/3 als Eigentum, der Rest ist gemietet oder geleast) und ca. 2.500 zusätzliche Fahrzeuge, welche Subunternehmern gehören und vom genannten Logistikdienstleister beplant werden, zu besitzen. Ähnlich verhält es sich mit den kleineren Verteilfahrzeugen, von denen der Dienstleister rund 400 Stück besitzt (nahezu alle im Eigentum). Hinzukommen nochmal ca. 1.700 Verteilfahrzeuge, welche durch Subdienstleister gestellt werden.

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	100–500
Nutzlastanforderungen [t]	1,33
Standzeit zwischen den Touren [h]	2–10
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,175
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	1
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	1
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	4
Marktdurchdringung [Nominalskala]	nicht gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	751.200
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	56,6
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	37,3
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	6,1
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	50
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	50

Tabelle 25: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister in 2015

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Lebensmitteln durch spezialisierte Logistikdienstleister 2,4 beträgt, bei Kosten von 78.955,84 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei

189.494,02 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0, bei Kosten von 26.140,521 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 182.981,47 €. Da die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge jedoch derzeit nicht serienmäßig am Markt verfügbar sind, kommt das K.O.-Kriterium der Bewertung zum Tragen, weshalb sich die Elektromobilität in diesem anwendungsfall insgesamt nicht einsetzen lässt.

6.1.2 Fashion-Distribution

In der Textil- und Bekleidungsindustrie ist es üblich, dass die Produzenten oder Handelsunternehmen ihre Distribution an spezialisierte Logistik- oder KEP-Dienstleister auslagern. Derzeit werden knapp 50 % aller Bekleidungsprodukte im stationären Fachhandel abgesetzt, weitere rund 20 % über den E-Commerce – und somit unter logistischer Erfüllungshilfe von KEP-Dienstleistern.[222] Die meisten Bekleidungs- und Textilprodukte werden kartoniert als Stückgut oder als Paket versendet, teilweise werden die Waren auch hängend befördert. Eine Spezialanforderung an die sog. Fashion-Distribution (Distribution von Bekleidung) sind zusätzliche Services wie bspw. das Aufbügeln, Verpacken und Etikettieren. Da eine detailliierte Betrachtung der Distribution von KEP-Dienstleistern im nachfolgend erfolgt, werden an dieser Stelle nur die spezialisierten Logistikdienstleister betrachtet, welche den stationären Handel und die E-Commerce Anbieter beliefern.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Expertengespräche mit zwei im Markt der Fashion-Distribution führenden Unternehmen geführt.[223] Bei den befragten Unternehmen handelt es sich um:

- Hellmann Worldwide Logistics GmbH & Co. KG (breit aufgestellter, internationaler Logistikdienstleister)
- Meyer & Meyer Textillogistik GmbH & Co. KG (auf die Distribution von Mode- und Fashionartikeln spezialisierter Logistikdienstleister)[224]

[222] Vgl. Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels e.V. (2016), S. 22

[223] Die befragten Unternehmen sind aufgrund ihrer Wettbewerbssituation und aufgrund ihrer Ausgestaltung des Distributionssystems als repräsentativ zu bewerten.

[224] Die nachfolgend dargestellten Informationen wurden im Rahmen der Expertengespräche mit Vertretern von Hellmann Worldwide Logistics GmbH & Co. KG und Meyer & Meyer GmbH & Co. KG erhoben.

Die in der Fashion-Distribution tätigen, befragten Unternehmen besitzen beide einen regionalen Fokus.[225] Je nach Unternehmen existieren entweder spezielle Textillogistikstandorte oder allgemeine Distributionsstandorte, aus denen neben Textilien und Bekleidung auch andere Güter distribuiert werden. Diese werden aus den Standorten entweder direkt an die Kunden (B2B) distribuiert oder nochmals erneut in einem Logistikstandort oder Cross-Dock umgeschlagen. Es kann jedoch auch vorkommen, dass die Waren direkt vom Hafen oder Flughafen (bei Importwaren) oder vom Produzenten zu den Kunden distribuiert werden. Die Distribution erfolgt somit – abhängig vom jeweiligen Kunden bzw. Auftraggeber – direkt, einstufig oder zweistufig (a.), b.) und c.) siehe nachfolgende Abbildung). Nach Aussagen beider Gesprächspartner überwiegt derzeit der Anteil zweistufig distribuierter Waren. Das Netzwerk beider Unternehmen lässt sich als Hub-and-Spoke Netzwerk mit Direktverkehrskomponenten beschreiben.

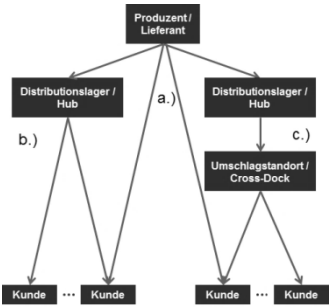


Abbildung 45: Typische Distributionsstruktur in der Fashion-Logistik[226]

In der Fashion-Logistik spielt darüber hinaus auch die Handhabung von Retouren eine zunehmend wichtige Rolle, da viele Kunden Wechselbehälter einsetzen und es zunehmend zu Saisonrücklaufsendungen kommt. Bei beiden Unternehmen werden vorwiegend kartonierte Waren (auch liegende Ware genannt; rund 70 % des zu distribuierenden Volumens), sowie hängende Waren (ca. 30 % des Volumens) distribuiert. Im Durchschnitt über alle Kunden befinden sich je Karton ca. 25 Teile. Bei den distribuierten

Weitere verwendete Literatur: Vgl. Kille, Schwemmer (2014), S. 197 ff; vgl. Statista (2016 l); vgl. Statista (2016 m); vgl. Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels e.V. (2016)

225 Im Rahmen der DTL - Deutschen Textil Logistik, einem kooperativen Zusammenschluss mehrerer Fashion-Dienstleister, verantworten beide Dienstleister die Distribution in bestimmten geografisch abgegrenzten Gebieten in Deutschland.

226 Eigene Darstellung.

Gütern handelt es sich um Mode- und Fashionartikel (Bekleidung), deren Transportanforderungen gering sind – lediglich die hängende Ware benötigt eine dementsprechende Ausrüstung der Ladungsträger. Eine Aussage bzgl. der durchschnittlich pro Kunde, Tag oder Tour distribuierten Mengen konnte aufgrund der hohen Kundenindividualität durch die befragten Unternehmen nicht getroffen werden. Darüber hinaus schwanken die Distributionsvolumina sehr stark saisonal. Die Lieferzeiten werden mit den Kunden vertraglich vereinbart und betragen in der Regel 24 oder 48 Stunden. Die Zahl der Nachbestellungen oder kurzfristigen Lieferanfragen nimmt nach Aussage der Gesprächspartner jedoch kontinuierlich zu. Zusätzlich übernehmen beide Unternehmen in Ihren Logistikstandorten neben der Bevorratung für ihre Kunden auch andere Mehrwertaufgaben, wie bspw. das Umpacken, Etikettieren oder Aufbügeln der Waren. Die Logistikstandorte werden dabei vom jeweiligen Logistikdienstleister selbst betrieben. Bei den befragten Unternehmen liegt die Selbsteintrittsquote im Transport zwischen 0 und 5 %, bei den vertraglich gebundenen Subunternehmern handelt es sich zumeist um kleinere Speditionen im Selbsteintritt. Im Fernverkehr und auf den Hauptläufen kommen Wechselbrückenfahrzeuge sowie Glieder- und Sattelzüge zum Einsatz, während die Distribution auf der letzten Meile vornehmlich unter Zuhilfenahme von 7,5 t und 12 t Fahrzeugen durchgeführt wird. Die Touren in der Distribution auf der letzten Meile besitzen zumeist nur wenige Stopps, weshalb die Subunternehmer häufig 2 bis 3 Touren täglich durchführen – abhängig von der jeweiligen Tourlänge und den Lieferzeitanforderungen der Kunden. Eine durchschnittliche Tour auf der letzten Meile in Ballungsgebieten hat eine Länge von unter 200 km, während sie im ländlichen Gebiet bis zu 400 km lang sein kann. Die Lieferfrequenzen reichen von einer mehrfach täglich Belieferung, bis hin zu längeren Intervallen von 96 Stunden.[227] Vor allem die Belieferung der Kunden bzw. Filialen in ländlichen Gebieten findet tendenziell in größeren Intervallen statt, während die Frequenzen in Ballungsgebieten tendenziell kürzer sind. Je nach kundenindividueller Nachfrage kann es auch zu Einrichtung von Shuttle-Verkehren kommen, welche bis zu 7 Mal täglich verkehren. Die Lieferfrequenzen mit den großen Handelshäusern sind vertraglich festgelegt. Die Standzeit in den jeweiligen Senken ist dabei ebenso heterogen und kundenabhängig wie die Tourlängen und Lieferfre-

[227] Einige Dienstleister bieten ihren Kunden auch Expressleistungen an, wie bspw. eine Belieferung binnen 8 oder 12 Stunden (auch um der starken Konkurrenz seitens der KEP-Dienstleister zu begegnen).

quenzen und kann zwischen wenigen Minuten und mehreren Stunden liegen. Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution	
Reichweitenanforderung [km]	200–400
Nutzlastanforderungen [t]	1
Standzeit zwischen den Touren [h]	2–8
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,175
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	1
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	3
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	1
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	4
Marktdurchdringung [Nominalskala]	nicht gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	751.200
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	69,4
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	17,4
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	13,2
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	70
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	30

Tabelle 26: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution in 2015

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Bekleidung 1,4 beträgt, bei Kosten von 135.352,87 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 189.494,02 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0, bei Kosten von 26.140,21 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 182.981,47 €. Da die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge jedoch derzeit nicht serienmäßig am Markt verfügbar sind kommt das K.O.-Kriterium der Bewertung zum Tragen, weshalb sich die Elektromobilität in diesem anwendungsfall insgesamt nicht einsetzen lässt.

6.1.3 KEP-Distribution

Zur Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von KEP-Dienstleistern wurden im Rahmen dieser Arbeit verschiedene Unternehmen betrachtet. Bei KEP-Dienstleistern gilt es zu unterscheiden, ob es sich um ein Kurier-, Express- oder Paketdienstleister handelt und welchen Kundenfokus das Unternehmen besitzt. Hinsichtlich des letzten Punkts soll im Verlauf dieser Arbeit bei den Paketdiensteistern zwischen einer business-to-business (B2B) und business-to-customer (B2C) Ausrichtung unterschieden werden.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden Expertengespräche mit typischen Unternehmen aus den einzelnen Bereichen geführt.[228] Bei den befragten Unternehmen handelt es sich um:

- Deutsche Post AG (Marktführer auf dem deutschen KEP-Markt; in dieser Arbeit im Rahmen des B2C-Segments betrachtet)
- Hermes Logistik Gruppe Deutschland GmbH (führender Spezialist für handelsnahe KEP-Dienstleistungen; in dieser Arbeit im Rahmen des B2C-Segments betrachtet)
- DPD Dynamic Parcel Distribution GmbH & Co. KG (Dienstleister für nationale und internationale Paket- und Expressdienstleistungen; in dieser Arbeit im Rahmen des B2B-Segments betrachtet)
- United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. OHG (Dienstleister für nationale und internationale Paketdienstleistungen; in dieser Arbeit im Rahmen des B2B-Segments betrachtet)

[228] Die befragten Unternehmen sind aufgrund ihrer Wettbewerbssituation und aufgrund ihrer Ausgestaltung des Distributionssystems als repräsentativ zu bewerten.

- GO! General Overnight & Express Logistik GmbH (Dienstleister für nationale und internationale Kurier- und Expressendungen; in dieser Arbeit im Rahmen des Kurier- und Expresssegments betrachtet)[229]

6.1.3.1 Kurier- und Expressdienstleister

Das Marktsegment der Kurier- und Expressdienstleistungen ist geprägt von wenigen, auch international tätigen Großunternehmen und vielen kleinen, häufig regional tätigen Einzelunternehmen und Vermittlungszentralen. Ein wichtiger Unterschied zwischen Express- und Kurierdienstleistungen ist, dass das Spektrum der Expressdienste sehr heterogen ist und von der klassischen Spedition bis zum Overnight-Dienst reicht. Darüber hinaus transportieren Expressdienste im Gegensatz zu Kurierdiensten die Sendung nicht direkt exklusiv und persönlich, sondern über ein Depotnetzwerk ans Ziel. Der Markt internationaler und nationaler Kurier- und Expressdienste ist verhältnismäßig stark konzentriert und wuchs im 2014 in Deutschland um fast 2 % an. Bei den Kurier- und Expressdienstleistungen dominieren B2B Sendungen. Eine weitere Besonderheit ist, dass es bei Kurier- und Expressdienstleistungen für gewöhnlich keine Retouren gibt. Im Jahr 2014 hatte der deutsche Markt für Kurierdienstleistungen ein Volumen von 3,85 Mrd. Euro, der Markt für Expressdienstleistungen ein Volumen von 3,95 Mrd. Euro. Da sich beide Segmente aus logistischer Sicht sehr ähnlich sind, sollen sie nachfolgend gemeinsam betrachtet werden.

Die GO! General Overnight & Express Logistik GmbH besitzt in Deutschland 70 Depots, welche über ein Nachtliniennetz (Direktverkehre) miteinander verbunden sind. Zusätzlich betreibt das Unternehmen in Hessen einen großen zentralen Hub, welcher primär der Behandlung internationaler Sendungen dient. Bei nationalen Sendungen erfolgt die Distribution zweistufig, bei internationalen Sendungen zumeist drei- bis vierstufig. In Deutschland ist jedem der 70 Depots ein Zustellgebiet zugeordnet, welches jedoch – abhängig von der Siedlungs- und Wirtschaftsstruktur des Gebiets – unterschiedlich groß sein kann. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Direktverkehrsnetz einer zweistufigen Distribution.

[229] Die nachfolgend dargestellten Informationen wurden im Rahmen der Expertengespräche mit Vertretern der Deutschen Post AG, Hermes Logistik Gruppe Deutschland GmbH, DPD Dynamic Parcel Distribution GmbH & Co. KG, United Parcel Service Deutschland Inc. & Co OHG und GO! General Overnight & Express Logistik GmbH erhoben.
Weitere verwendete Literatur: Vgl. BIEK (2015), S. 7 ff; vgl. Kille, Schwemmer (2014), S. 141 ff; vgl. GO! (2016)

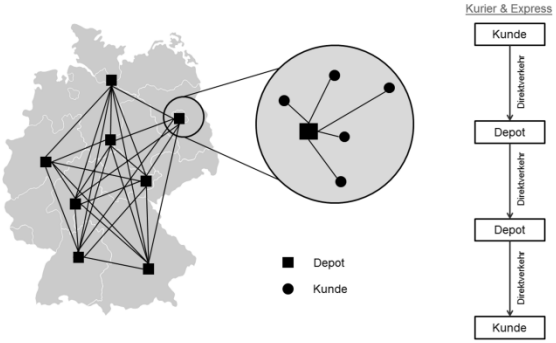


Abbildung 46: Zweistufiges Direktverkehrsnetz[230]

Bei den Sendungen handelt es sich zumeist um Pakete, Päckchen und Dokumentensendungen. In der Regel werden temperaturgeführte Sendungen oder Gefahrgut nicht transportiert. Auf der regionalen Ebene dominieren spontane Sendungen, die taggleich zugestellt werden. Auf der internationalen und nationalen Ebene hingegen werden die Sendungen nachmittags oder abends beim Kunden abgeholt bzw. am Depot angeliefert, über Nacht ins Zieldepot befördert, um vormittags zugestellt werden zu können. Jede Relation im Direktverkehrsnetz wird täglich bedient. Die Einhaltung des Zeitversprechens bei der Zustellung ist bei Kurier- und Expressdienstleistern das zentrale Argument im Wettbewerb, weshalb sich die Distributionsstruktur auf die schnelleren Direktverkehre mit möglichst wenig Umschlagshandlungen pro Sendung stützt, anstatt auf ein Hub-and-Spoke System. Es handelt sich somit zumeist um Sendungen der Kategorie „time definite“ d. h. individuell vereinbarten oder taggleichen Zustellterminen (zumeist bei regionalen Aufträgen). Die Sendungen werden somit zu definierten Zeitpunkten beim Kunden abgeholt und zugestellt. Das Sendungsaufkommen bei Kurier- und Expressendungen schwankt sowohl saisonal als auch während eines Monats.[231] Die Distributionsvolumina sind nach Anga-

[230] Eigene Darstellung.
Die Feinzustellung im Einzugsgebiet eines Depots kann je nach Auftragslage auch als Milk-Rund erfolgen, zur Veranschaulichung der Unterschiede zum Hub-and-Spoke System sind in der Abbildung nur Direktfahren dargestellt.

[231] So existieren bspw. Auftragsspitzen zwischen September und November, im Frühjahr sowie zum Monatsende, was sich auch durch die zu diesen Zeiträumen üblicherweise anfallenden administrativen Berichtszyklen von Unternehmen erklären lässt. Zusätzlich gab das befragte Unternehmen an, die Auswirkungen von regionalen Veranstaltungen wie wichtigen nationalen oder internationalen Messen und Kongressen zu spüren, welche ebenfalls zu einer Zunahme der (regionalen) Auftragsvolumina führen.

ben der Gesprächspartner sehr heterogen und kundenindividuell. In der Regel sind die Sendungen eher klein. Ein Kundenauftrag besteht häufig aus nur einem oder wenigen Paketen oder Päckchen. Die Zustellung findet vorwiegend mittels Direktfahrten statt und die Sendungen werden persönlich oder mithilfe elektronischer Hilfsmittel permanent begleitet. Das befragte Unternehmen gab an, dass die Transportdurchführung zu einem sehr großen Teil (über 90 %) von z. T. vielen kleinen, ausschließlich regional agierenden Subdienstleistern übernommen wird.[232] Das befragte Unternehmen agiert nach eigenen Angaben häufig nur als eine Art Vermittlungszentrale für einzelne Aufträge und stellt die Depotinfrastruktur zur Verfügung. Die durchschnittliche Tourlänge eines Auftrags beträgt in urbanen Gebieten ca. 15–20 km, pro Tag werden zwischen 8 und 10 Touren durch einen Fahrer gefahren. Bei den dabei zum Einsatz kommenden Fahrzeugen handelt es sich um PKW oder (Klein-)Transporter. Auf den Hauptläufen werden Gliederzug- oder Wechselbrückenfahrzeuge eingesetzt.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

[232] Je nach Ausgestaltung des Vertrags zwischen Kurier- oder Expressunternehmen und den Subdienstleistern, können letztere für die Zustellung und Abholung in bestimmten geografischen Gebieten zuständig sein oder auch nur einzelne Aufträge übernehmen.

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	120–200
Nutzlastanforderungen [t]	0,5
Standzeit zwischen den Touren [h]	1–16
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,175
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	3
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	3
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	7
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	550.880
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	69,2
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	23,1
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	7,7
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	90
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	10

Tabelle 27: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister in 2015

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Kurier- und Expresssendungen 3,4 beträgt, bei Kosten von 45.380,12 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 154.292,41 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen

Gesamtnutzwert von 7,0, bei Kosten von 18.099,58 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 126.697,05 €. Die für diesen Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind aktuell serienmäßig am Markt verfügbar, weshalb das K.O.-Kriterium bei der Bewertung nicht zum Tragen kommt.

6.1.3.2 B2B-Paketdienstleister

Der Markt der Paketsendungen umfasst mit rund 53 % den größten Anteil des KEP-Marktes und erwirtschaftete 2014 8,8 Mrd. Euro.[233] Das Sendungsvolumen im Paketmarkt in 2014 ist im Vergleich zum Vorjahr um 4,6 % gestiegen besonders der Anteil an B2C-Sendungen stieg mit 7 % stark an, aber auch bei den B2B-Sendungen konnte ein Anstieg der Sendungsmengen um über 2 % verzeichnet werden. Wachstumstreiber waren vor allem der E-Commerce und internationalen Sendungen, welche ebenfalls um mehr als 10 % anstiegen. Die nationalen Paketsendungen verzeichnen ebenfalls ein Wachstum von 4,6 %. Bei Paketdienstleistern handelt es sich um Systemdienstleister mit einer hohen Standardisierung, Automatisierung und Vereinheitlichung der Prozesse. Im Paketsegment findet keine Ausrichtung auf Einzelsendungen statt. Das System ist mengenorientiert und realisiert Kosten- und Effizienzvorteile über Skaleneffekte. Hinzu kommt, dass die letzte Meile häufig für bis zu 50 % der Logistikkosten verantwortlich ist das die Kunden in der Regel sehr detaillierte Vorstellungen und hohe Erwartungen daran haben, wie die Zustellung auf diesem letzten Stück der Transportkette erfolgen soll. Diese Erwartungen betreffen sowohl den Zeitpunkt als auch den Ort der Zustellung, die beide auch vermehrt kurzfristig durch den Kunden verändert werden. Betrachtete Unternehmen im Segment der B2B-Paketdienstleister:

- DPD Dynamic Parcel Distribution GmbH & Co. KG (nachfolgende DPD genannt)
- United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. OHG (nachfolgend UPS genannt)

Alle befragten Unternehmen in der Paketdistribution greifen – unabhängig von ihrem jeweiligen Marktfokus – auf ein Hub-and-Spoke System zurück, um die Auslastung der Transporte auf den einzelnen Relationen zu erhöhen und so Skaleneffekte zu realisieren. Bei nationalen Paketsendungen erfolgt

[233] Hier und im Folgenden vgl. BIEK (2015), S. 7 ff

die Distribution zumeist zwei- oder dreistufig, bei internationalen Sendungen auch vierstufig. Die nachfolgende Abbildung veranschaulicht das Hub-and-Spoke System von Paketdienstleistern.

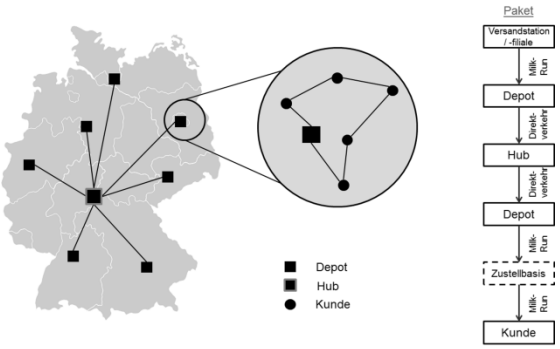


Abbildung 47: Mehrstufiges Hub-and-Spoke System[234]

Die im B2B-Segment führenden und im Rahmen dieser Arbeit befragten Paketdienstleister besitzen in Deutschland jeweils rund 75 Depots bzw. Paketzentren, welche das Bundesgebiet in eine gleiche Anzahl von Niederlassungen oder Zustellgebieten aufteilen. Von der geografischen Lage her sind die Standorte des Hub-and-Spoke Netzes so platziert, dass zwischen den Depots – abhängig von der jeweiligen Siedlungsstruktur und -dichte – ein Abstand von ungefähr 150–200 km existiert, was somit je Depot zu einen ungefähren Zustellradius von 75–100 km führt. Darüber hinaus betreiben die betreffenden Paketdienstleister zwischen 3 und 5 Hub-Standorte in Deutschland, bei welchen es sich um größere Verteil- und Konsolidierungsstandorte handelt, denen jeweils eine bestimmte Anzahl an Depots zugeordnet ist.[235] Zwischen den Hub-Standorten existiert ein Direktverkehrsnetz, so dass es nicht den einen zentralen Knoten gibt, über den jede Sendung befördert wird. In der Praxis kann es – abhängig von der Auslastung einzelner Relationen – auch vorkommen, dass FTL eines Depots direkt an ein entsprechendes Ziel-Depot oder Ziel-Hub gesendet werden, so dass nur LTL in jedem Fall über ein Versand-Hub laufen. Die befragten Unternehmen sind bemüht, die Stufigkeit des Transports gering zu halten, um die eigenen Kosten zu optimieren. Ungefähr 70 % aller Sendungen werden daher zweistufig distribuiert, der Rest dreistufig. Bei den durch

[234] Eigene Darstellung.

[235] Hinzu kommen noch wenige spezialisierte Hub-Standorte, wie bspw. ein Air-Hub für den internationalen Versand.

Paktdienstleister beförderten Sendungen handelt es sich um Pakete, Päckchen und Dokumentensendungen. Nicht befördert werden Sprengstoffe und Gefahrgutsendungen (höherer Klassen). Darüber hinaus finden die Transporte nicht temperaturgeführt statt. Paketsendungen besitzen eine feste Regellaufzeit, d. h. im Unterschied zu Kurier- und Expressdienstleistungen existieren keine garantierten Zustellzeiten. In der Regel findet die Zustellung im nationalen Versand e+1[236] statt, d. h. die Zustellung erfolgt am nächsten Werktag. Paketdienstleister besitzen eine Gewichtsbeschränkung der Sendungen (i. d. R. beträgt das Gewicht einer Paketsendung – je nach Anbieter – maximal 31,5 kg bis 70 kg). Im Durchschnitt über alle Sendungen beträgt das Paketgewicht unter 10 kg. Abhängig von der Größe des Depots befinden sich täglich ca. 140.000–190.000 Sendungen im Umschlag.[237] Das Sendungsaufkommen unterliegt saisonalen Schwankungen, sowohl unterjährig als auch im Monatsverlauf. Bei B2B Verkehren unterscheidet sich die Stoppdichte mitunter deutlich von B2C-Verkehren, da bei einem Stopp im Regelfall mehrere Pakete z. T. auch mehrere Sendungen ausgeliefert werden. Der Fuhrpark der befragten Paketdienstleister ist leicht unterschiedlich strukturiert. UPS gab an, das steigende Sendungsvolumen mittels tendenziell größerer Fahrzeuge zu bewältigen und verwendet dazu 7,5 t Fahrzeuge, welche z. T. mit zwei Zustellern besetzt werden. Da die Fahrzeuge größer sind, bleibt die Fahrzeuganzahl der Flotte konstant, während DPD angab, die Zahl ihrer Zustellfahrzeuge (3,5 t Transporter) zu erhöhen, um dem steigenden Sendungsaufkommen gerecht zu werden. So gab DPD an, derzeit rund 8.000 Zustellfahrzeuge deutschlandweit im Einsatz zu haben (mehrheitlich Größenklasse 3,5 t), während UPS ca. 4.000 Fahrzeuge (7,5 t-Fahrzeuge) einsetzt. Unabhängig von den Größenklassen der Zustellfahrzeuge werden die Sendungen auf den Hauptläufen mit Gliederzügen oder Wechselbrückenfahrzeugen transportiert, von welchen im Fernverkehr bei beiden befragten Unternehmen ca. 1.000 Stück täglich zum Einsatz kommen. Auch bzgl. der Besitzverhältnisse der Fahrzeuge verfolgen beide Unternehmen unterschiedliche Ansätze. DPD besitzen keine eigene Flotte, sondern beschäftigt sowohl auf den Hauptläufen als auch auf der Zustellung der letzten Meile Subunternehmer. Dem gegenüber steht der Ansatz von UPS, eine eigene Flotte zu unterhalten. UPS besitzt ca. 60 % der im Fuhrparkt eingesetzten Fahrzeuge selbst. Grund

[236] Bedeutet: Tag des Eingangs der Sendung + 1 Werktag

[237] 100 t entsprechen nach Aussagen der Gesprächspartner etwa 15.000 Sendungen.

für diese Entscheidung bei UPS ist zum einen die auf diese Weise mögliche Individualisierung der Fahrzeugaufbauten, und zum anderen die realisierbaren Kostenvorteile, wenn nur die Fahrzeugplattform erworben wird und die Aufbauten selbst installiert werden. Zusätzlich betreibt dieser Paketdienstleister auch eigene Werkstätten mit eigenem Werkstattpersonal. Das strategische Ziel dieses Unternehmens ist die vollständige Integration des Transports und aller dazugehöriger Services ins Unternehmen, um auf diese Weise eine größtmögliche Flexibilität und Dynamik realisieren zu können. Eine durchschnittliche Tour hat bei beiden Unternehmen eine Länge von rund 120 km. In urbanen Gebieten sind es zumeist unter 45 km, in ländlichen Gebieten mitunter auch über 120 km Tourlänge.[238] Pro Tour werden in der Regel zwischen 60 und 120 Kunden bedient.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

[238] Aufgrund der heterogenen Tourlängen wurde die Reichweitenanforderung von 120 km in den geführten Interviews mehrfach benannt, weshalb sie für die Bewertung übernommen wird.

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	45 - 120
Nutzlastanforderungen [t]	1,0
Standzeit zwischen den Touren [h]	8–16
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,175
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	8
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	206.580
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	70,9
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	17,9
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	11,3
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	70
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	30

Tabelle 28: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister in 2015

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von B2B-Paketsendungen 4,7 beträgt, bei Kosten von 28.682,09 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 134.805,81 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutz-

wert von 7,0, bei Kosten von 13.648,51 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 95.539,60 €. Die für diesen Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind aktuell serienmäßig am Markt verfügbar, weshalb das K.O.-Kriterium bei der Bewertung nicht zum Tragen kommt.

6.1.3.3 B2C-Paketdienstleister

Zu den im Rahmen dieser Arbeit im B2C-Segment befragten Unternehmen sind:

- Deutsche Post AG (nachfolgende Deutsche Post genannt)
- Hermes Logistik Gruppe Deutschland GmbH (nachfolgend Hermes genannt)

Die Distributionsstruktur der betrachteten Paketdienstleister im B2C-Segment entspricht ebenfalls dem Hub-and-Spoke System, jedoch unterhalten die B2C-Dienstleister in der Regel weniger Depots bzw. Niederlassungen, dafür häufig zusätzliche Satellitendepots. Die Zahl der Depots liegt bei den beiden befragten Unternehmen deutschlandweit bei ca. 30, an welche jeweils 5-10 Satellitenstandorte angeschlossen sind.[239] Eine weitere Besonderheit im B2C-Segment ist, dass die Paketdienstleister in geografischer Nähe zu ihren Großkunden (häufig große Onlinehändler oder Versandhäuser) spezialisierte Standorte entwickeln, welche exklusiv für diesen Kunden den Versand übernehmen. Im B2C-Segment ist daher eine deutlich stärkere Quellgebietsorientierung zu erkennen. Darüber hinaus wird auch im B2C-Segment nicht jede Sendung streng über alle Knoten des Netzes befördert, da auch hier aus wirtschaftlichen Gründen die Stufigkeit gering gehalten wird. Der Transport nationaler Sendungen findet trotz des genannten Ziels der Reduktion der Umschlagshäufigkeit aufgrund der existierenden Satellitendepots 2- bis 4-stufig statt. Das Leistungsspektrum der B2C-Paketdienstleister umfasst neben Paketen und Päckchen auch Dokumenten- und Tütensendungen sowie den Transport von Waffen und Gefahrgut, welche von qualifiziertem Personal begleitet werden. Ein durchschnittliches Päckchen oder Paket in Deutschland (im nationalen Versand) ist ca. 4,4 kg schwer und hat ein Volumen von 18 – 27 l. Alle befragten Unternehmen gaben jedoch an, dass ein Trend der Heterogenisierung der Sendungen beobachtbar ist, d. h., dass eine solche „durchschnittliche

[239] Hermes betreibt derzeit noch 75 Depotstandorte im Bundesgebiet, jedoch ist das Unternehmen bestrebt die Zahl der Depots bis 2017/18 auf 30 zu reduzieren.

Sendung“ in der Realität selten existiert, da die Kunden zunehmend in allen Größen und Gewichtsklassen versenden. Paketsendungen besitzen keine feste Regellaufzeit, in bestimmten Tarifen kann jedoch ein fester Zustellzeitpunkt vereinbart werden (time definite). In der Regel findet die Zustellung im nationalen Versand e+1 statt, d. h. die Zustellung erfolgt am nächsten Werktag. Neben der „time definite“ Zustellung bieten die B2C-Dienstleister in zunehmendem Maß auch eine e+0, d. h. taggleiche Zustellung an (same day delivery).[240] Des Weiteren existieren saisonale Schwankungen im Sendungsaufkommen, die sich an den Ferienzeiten und an Feiertagen orientieren. Die befragten Unternehmen stellten klar fest, dass das Sendungsaufkommen an Montagen deutlich geringer ist, schlechtes Wetter das Sendungsaufkommen positiv beeinflusst und das Sendungsaufkommen vor Ostern und Weihnachten deutlich steigt, während es in den Ferienzeiten deutlich zurückgeht. Die Deutsche Post stellt an einem normalen Werktag ca. 3,5 Millionen Paketsendungen pro Tag zu. Das Unternehmen Hermes stellt an einem normalen Werktag ca. 1 Mio. Sendungen zu. Beide Unternehmen bieten nachhaltige Transportdienstleistungen an, die von den Kunden nachgefragt werden. Jedoch ist die Mehrpreisbereitschaft für einen emissionsneutralen Transport durch die Kunden (d. h. sowohl die Handelsunternehmen als Auftraggeber als auch die Empfänger einer Sendung, welche im Bestellvorgang häufig den Dienstleister auswählen können) derzeit gering. Eine Besonderheit der Paketdistribution im B2C-Teilmarkt ist die Abwicklung von Retouren. Da die Onlinehändler und Versandhäuser ihren Kunden gesetzlich vorgegebene Wiederrufs- und Rückgaberechte anbieten, muss der vertraglich verpflichtete Paketdienstleister auch diese Retouren abwickeln. Die Retourenquote ist dabei abhängig vom Produkt bzw. von der Produktgruppe und von der Geschwindigkeit der Zustellung des eigentlichen Kaufs.[241] Hinsichtlich der Größe des eigenen Fuhrparks unterscheiden sich die beiden befragten Unternehmen deutlich. Während die Deutsche Post ca. 42.600 Zustellfahrzeuge (deutschlandweit) besitzt und über 90 % aller Zustellungen in der letzten Meile selbst durchführt, besitzt Hermes nur rund 600 eigene Zustellfahrzeuge und gab an, ca.

[240] Diese Anforderung an die Zustellung wird aktuell von großen Auftraggebern (bspw. Amazon EU S.à.r.l.) gestellt, welche dieses Zeitversprechen ihrerseits zur Differenzierung im Wettbewerb einsetzen und diese Anforderung an ihre Vertragspartner aus dem B2C-Segment weitergeben.

[241] Die Onlinehändler haben festgestellt, dass die Retourenquote sog. Spontankäufe deutlich sinkt, je schneller der Kunde sein Produkt zugestellt bekommt. Dies ist ein Treiber der Einführung des taggleichen Versands.

92 % aller Transporte in der Distribution an Subunternehmer, z. T. auch den kompletten Betrieb von Satellitendepots, fremdvergeben zu haben.[242] In der Zustellung (Distribution auf der letzten Meile) setzten beide Unternehmen Transporter (3,5 t) und leichte Nutzfahrzeuge ein (Caddy-Größe). Nach Angaben der Deutschen Post werden für die Paketzustellung Fahrzeuge mit einem Ladevolumen von 18 m^3 eingesetzt, der Einsatz kleinerer Zustellfahrzeuge (mit z. T. nur 4 m^3 Ladevolumen) wird bereits heute sukzessive, aufgrund des steigenden Sendungsaufkommens, reduziert. Die Tourlänge in der Zustellung an einem durchschnittlichen Tag im urbanen Gebiet liegt bei beiden Unternehmen bei ca. 30 km, in ländlichen Gebieten bei bis zu 150 km. Im Unterschied zum B2B-Segment liegen die Stopps im B2C-Segment tendenziell dichter beieinander, während die Stoppdauer gleichzeitig eher kürzer ist, da in den meisten Fällen pro Stopp nur eine Sendung zugestellt wird.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

[242] Während der Grad der Fremdvergabe der Distribution auf der letzten Meile stark unterschiedlich ist, sind in beiden Fällen die Hauptläufe komplett fremdvergeben.

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	30–150
Nutzlastanforderungen [t]	0,65
Standzeit zwischen den Touren [h]	8–16
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,175
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	5
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	8
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	225.360
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	70,5
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	21,1
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	8,4
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	80
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	20

Tabelle 29: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister in 2015

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von B2C-Paketsendungen 4,7 beträgt, bei Kosten von 29.083,32 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 136.691,61 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutz-

wert von 7,0, bei Kosten von 14.067,26 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 98.554,84 €. Die für diesen Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind aktuell serienmäßig am Markt verfügbar, weshalb das K.O.-Kriterium bei der Bewertung nicht zum Tragen kommt.

6.1.4 Ergebnisdarstellung der Bewertung in 2015

Die Auswertung aller Bewertungen in 2015 zeigt, dass der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen unter den heutigen Rahmenbedingungen nur für die KEP-Dienstleister möglich ist, da die für die anderen Anwendungsfällen benötigten Fahrzeugklassen derzeit nicht als batterieelektrische Modelle am Markt verfügbar sind. Die Rangfolge der Bewertungen zeigt, dass sich batterieelektrische Fahrzeuge derzeit am sinnvollsten in der B2B- und B2C-Paketdistribution einsetzen lassen.

Rang	Nutzenpunkte	Kosten / Nutzenpunkt	Gesamtkosten	Anwendungsfall
1	4,7	28.682,09 €	134.805,81 €	B2B-PDL
2	4,7	29.083,32 €	136.691,61 €	B2C-PDL
3	3,4	45.380,12 €	154.292,41 €	KE-DL
4	2,4 (K.O.)	78.955,84 €	189.494,02 €	L-LDL
5	2,1 (K.O.)	75.867,24 €	159.321,21 €	LEH
6	1,4 (K.O.)	135.352,87 €	189.494,02 €	F-LDL

Tabelle 30: Ranking der Bewertungsergebnisse Elektromobilität in 2015[243]

Die Begründung dieser Reihenfolge ergibt sich aus den Bewertungsergebnissen bzgl. der Reichweiten-, Ladedauer- und Nutzlastanforderungen der KEP-Anwendungsfälle. Die Leistungsparameter der Elektromobilität erfüllen diese Anforderungen bereits heute zu weiten Teilen, wenn auch noch nicht vollständig. Der Einsatz von BEV kann insgesamt über alle Anwendungsfälle als sehr mangelhafte bis befriedigende Lösung bezeichnet werden.[244] Die Reihenfolge der Referenzbewertungen der konventionellen Antriebstechnologie entspricht teilweise dem Ranking der Elektromobilitätsbewertungen.

[243] Erläuterung der verwendeten Abkürzungen: B2B/B2C-Paketdienstleister (B2B/B2C-PDL), Kurier- und Expressdienstleister (KE-DL), auf Lebensmittel spezialisierter Logistikdienstleister (L-LDL), auf Fashion spezialisierter Logistikdienstleister (F-LDL), Lebensmitteleinzelhandel (LEH).

[244] Vgl. Werteskala Abbildung 22

Rang	Nutzenpunkte	Kosten / Nutzenpunkt	Gesamtkosten	Anwendungsfall
1	7,0	13.648,51 €	95.539,60 €	B2B-PDL
2	7,0	14.079,26 €	98.554,84 €	B2C-PDL
3	7,0	19.248,24 €	134.737,68 €	LEH
4	7,0	18.099,58 €	126.697,05 €	KE-DL
5	7,0	26.140,21 €	182.981,47 €	L-LDL
5	7,0	26.140,21 €	182.981,47 €	F-LDL

Tabelle 31: Ranking der Bewertungsergebnisse konventioneller Antriebstechnologie in 2015[245]

Die größten Abweichungen zwischen den Bewertungsergebnissen von konventionellen und batterieelektrischen Fahrzeugen bestehen in den Anwendungsfällen der Fashion-Distribution sowie in der Distribution der Lebensmitteleinzelhändler und Lebensmittel-Logistikdienstleister. Die in diesen Anwendungsfällen zu bewältigenden Distanzen in der Distribution und die zu befördernden Distributionsvolumina sind für die derzeitige Leistungsfähigkeit batterieelektrischer Fahrzeuge ungeeignet, weshalb ein Einsatz technisch nicht sinnvoll ist. Darüber hinaus werden bei den beiden Anwendungsfällen der Logistikdienstleister (F-LDL und L-LDL) die Kostenziele stärker als in den anderen Anwendungsfällen gewichtet. Da zur Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität die aktuellen Marktpreise für Strom, Diesel, Ladeinfrastruktur und aktuelle Fahrzeuganschaffungskosten verwendet wurden, sind es u. a. die Kostenaspekte, welche sich negativ auf das Gesamtergebnis auswirken.

Die nachfolgende Abbildung visualisiert alle Bewertungsergebnisse für 2015.

[245] Erläuterung der verwendeten Abkürzungen: B2B/B2C-Paketdienstleister (B2B/B2C-PDL), Kurier- und Expressdienstleister (KE-DL), auf Lebensmittel spezialisierter Logistikdienstleister (L-LDL), auf Fashion spezialisierter Logistikdienstleister (F-LDL), Lebensmitteleinzelhandel (LEH).

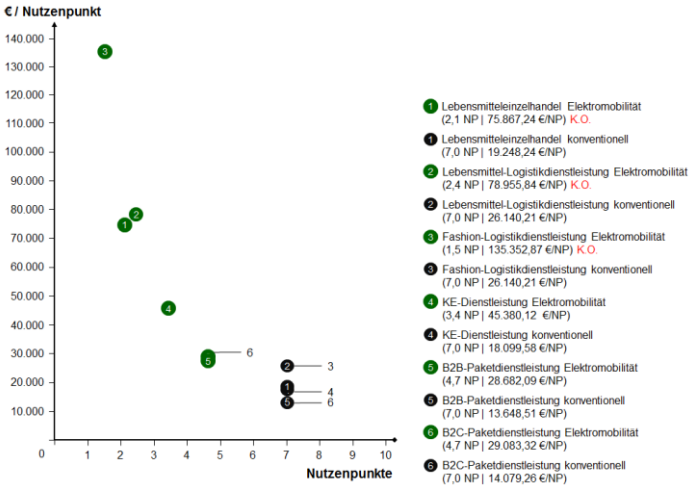


Abbildung 48: Bewertungsergebnisse für 2015[246]

Die Abbildung verdeutlicht, dass die drei bereits angesprochenen, derzeit für den Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen weniger geeigneten Anwendungsfälle, sich verhältnismäßig weit von den Bewertungsergebnissen der KEP-Anwendungsfälle entfernt befinden und derzeit nur einen geringen Nutzen zu hohen Kosten liefern.

Die Ableitung von Implikationen auf Basis dieser Bewertungsergebnisse erfolgt in Kapitel 7.

6.2 Bewertung im Szenario 2030 I – „Fortschritt“

Für alle nachfolgenden Bewertungen im Szenario 2030 I sollen die Annahmen gelten, welche in Übereinstimmung mit den entwickelten Szenarien zugrunde gelegt wurden und in Tabelle 21 dargestellt sind. Die textliche Beschreibung der Szenario-Situation im konkreten Anwendungsfall erfolgt im weiten Verlauf der Bewertungen für 2030 I nur kurz, da das Szenario bereits im Kapitel 5.7.1 beschrieben wurde.

[246] Eigene Darstellung

6.2.1 Distribution von Lebensmitteln

Zur Bewertung der Lebensmitteldistribution im Szenario 2030 I wurden im Rahmen dieser Arbeit auf dieselben Anwendungsfälle wie bei der Bewertung in 2015 zurückgegriffen.

6.2.1.1 Stationärer Lebensmitteleinzelhandel

Der stationärer Lebensmitteleinzelhandel ist in Deutschland auch im Szenario 2030 I der dominante Distributionskanal für Lebensmittel und Getränke, obwohl der Anteil der per E-Commerce abgesetzten Lebensmittel deutlich angestiegen ist. Der Absatz über den E-Commerce liegt dabei auch in der Hand der jeweiligen Handelsunternehmen, welche die Distribution der online bestellten Lebensmittel durchführen. Aufgrund der Bündelungseffekte der Warenströme, welche zu einer höheren Auslastung in der Distribution führen, können die Lebensmittelhändler auch die online Bestellten Waren in ihrem herkömmlichen Distributionssystem abwickeln, wodurch Kosten- und Laufzeitvorteile ggü. externen Dienstleistern erzielt werden. Gleichzeitig haben die Lebensmitteleinzelhändler ihre Filialdichte in den Ballungsgebieten erhöht, um Marktanteile zu gewinnen und näher am Endverbraucher sein zu können. Die online bestellten Lebensmittel werden aus bestehenden Filialen oder sog. Dark-Stores direkt zum Endkunden distribuiert. Aufgrund der kurzen Distanzen in der Distribution dieser Waren können die Lebensmittelhändler ihren Onlinekunden eine zeitnahe (taggleiche) Lieferung und hohe Flexibilität kostengünstig anbieten. Ein weiterer Effekt des dichteren Filialnetzes sind deutlich erhöhte Lieferfrequenzen. Die innerstädtischen Filialen sind zumeist kleiner dimensioniert (aufgrund der räumlich begrenzen Fläche), bieten aber dennoch das Vollsortiment an. Da Lagerflächen in diesen Filialen nicht vorhanden sind, aber dennoch eine hohe Versorgungssicherheit des Sortiments angestrebt wird, werden diese Filialen mehrfacht täglich beliefert. Die höhere Filialdichte in den Ballungsgebieten führt darüber hinaus auch zu einer höheren Dichte der Regionalläger in diesen Gebieten, so dass die mehrfach tägliche Filialbelieferung aufgrund der geringeren Distanzen realisiert werden kann. Der genannte Zuwachs an Flexibilität und Kundennähe wird über eine veränderte Stufigkeit der Distribution erreicht, welche im aktuellen Anwendungsfall im Szenario 2030 I zumeist zwei- bis dreistufig erfolgt. Im Vergleich zur Situation in 2015 ist somit eine Umschlagstufe in der Distribution hinzugekommen.

Die zunehmende Individualisierung der Kundennachfrage führt im Bereich der Lebensmittel zu einer gestiegenen Sortimentstiefe, welche direkt positiv auf die zu distribuierenden Gütermengen wirkt. Die Mengen in der Distribution sind auch aufgrund des höheren Retouren-Aufkommens angestiegen, denn die Lebensmittelhändler sind dazu übergegangen, nicht abgesetzte Waren nicht mehr über die einzelnen Filialstandorte zu entsorgen, sondern diese zu den Lagerstandorten zurückzuführen, um sie anschließend (bspw. in Form von Energiegewinnung über Biomasse) zu verwerten. Dies ist nur ein Aspekt des gestiegenen Nachhaltigkeitsbewusstseins und -engagements, welches von den Endkunden eingefordert wird. Die veränderten Kundenanforderungen führen ebenfalls zu einer Verschiebung der Gewichtung der (unternehmensinternen) Leistungs-, Kosten- und Nachhaltigkeitsziele. Die Nachhaltigkeitsziele sollen in diesem Anwendungsfall im Szenario 2030 I mit 30 % gewichtet werden. Das Leistungsziel (zu welchem auch die Flexibilität und Robustheit der Distribution gehören) soll mit 60 % gewichtet werden. Die anwendungsfallabhängigen Gewichtungen auf der 3. Zielebene sollen analog zu ihrer Ausprägung in 2015 beibehalten werden.

Die Größe der in der Distribution zum Einsatz kommenden Fahrzeuge hat sich aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen ebenfalls geändert. Zur Versorgung der innerstädtischen Filialen werden im Szenario 2030 I zunehmend Transporterfahrzeuge und leichte LKW eingesetzt (3,5–7 t), da diese im Innenstadtgebiet flexibler eingesetzt werden können. Die größeren Fahrzeuge der Größenklasse 12 t und 20 t kommen jedoch darüber hinaus weiterhin zum Einsatz. Aufgrund der vorteilhaften Anschaffungs- und Betriebskosten der Elektromobilität veränderten sich die Besitzverhältnisse der Flotte, so dass die Handelsunternehmen in 2030 den größten Teil der in der Distribution im Einsatz befindlichen Fahrzeuge selbst besitzen. Die Filialbelieferung findet mehrfach täglich statt, die Zahl der zu beliefernden Filialen pro Tour ist gestiegen. Trotz geringerer Distanzen in der Distribution sind die durchschnittlichen Tour-Kilometer durch die veränderte Lieferfrequenz im Vergleich zu 2015 auf 250 km angestiegen.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel	
Reichweitenanforderung [km]	100–400
Nutzlastanforderungen [t]	1,33
Standzeit zwischen den Touren [h]	1–8
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	7
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	626.000
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	60
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	10
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	30
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	50
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	50

Tabelle 32: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel in 2030 I

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Lebensmitteln im stationären Lebensmitteleinzelhandel 7,4 beträgt, bei Kosten von 12.771,09 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 95.783,16 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebe-

nen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0, bei Kosten von 23.879,45 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 167.156,14 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.2.1.2 Logistikdienstleister in der Distribution von Lebensmitteln

Der Anwendungsfall der auf die Distribution von Lebensmitteln spezialisierten Logistikdienstleister im Szenario 2030 I gestaltet sich wie folgt.

Die Kundenaufträge haben in ihrer Kundenindividualität weiter zugenommen, so dass die Flexibilität eine der wichtigsten Anforderungen an die Distribution bleibt und das Leistungsziel entsprechend gewichtet wird. Die Zahl der Distributionsstandorte hat sich deutschlandweit aufgrund der Kundenindividualität erhöht, die Stufigkeit der nationalen Distribution bleibt jedoch unverändert (in der Regel zweistufig). Die Stärke der saisonalen Schwankungen hat weiter zugenommen, was die Anforderungen an die Flexibilität des Dienstleisters erhöht. Insgesamt haben sich in diesem Anwendungsfall die zu distribuierenden Gütermengen erhöht. Gleichzeitig haben die Lieferfrequenzen zugenommen (was die Standzeiten zwischen den Touren negativ beeinflusst), da die Kunden ihre Nachfrage verstetigen. Dies führt in zunehmendem Maße zu mehrfach täglichen Belieferungen oder der Einrichtung von Shuttle-Verkehren. Um die kundenseitig geforderte Flexibilität sicherzustellen, haben sich die Distanzen in der Distribution (auch durch zusätzliche Standorte) verringert. Die Distanz zwischen Kunde und Distributionsstandort hat sich ggü. 2015 verringert. Aufgrund der gestiegenen Lieferfrequenzen und der Heterogenität der Kundenaufträge hat sich die Länge einer mittleren Tour (über alle Distributionsaktivitäten in Deutschland) auf 300 km leicht erhöht. Dies führt insgesamt zu steigenden Jahresfahrleistungen pro Fahrzeug, durch welche ein höherer Servicegrad in der Distribution und kürzere Lieferzeiten realisiert werden können. Die Zunahme der Berücksichtigung individueller Kundenanforderungen führt bei Logistikdienstleistern bei der Distribution von Nahrungsmitteln aufgrund der Flexibilität zu einer Heterogenisierung der Geschäftsprozesse, was letztlich ein Kostentreiber ist. Die Kosten sollen in diesem Szenario ähnlich stark gewichtet werden wie in 2015, was dem Kostendruck dieses Anwendungsfalls gerecht wird.

Aspekte der Nachhaltigkeit in der Distribution werden von den Kunden nachgefragt, die nachhaltige Abwicklung des Kundenauftrags am Markt zunehmend vorausgesetzt. Das Nachhaltigkeitsziel wird daher in 2030 stärker gewichtet. Gerade im Umfeld der Lebensmittelindustrie spielen Aspekte der Nachhaltigkeit in 2030 bei den Endverbrauchern eine bedeutende Rolle, was eine Kundenanforderung darstellt, welche letztlich auch die in diesem Bereich tätigen Logistikdienstleister erreicht.

Zur Sicherstellung eines hohen Servicegrads in der Distribution setzt das Unternehmen überwiegend eigene Fahrzeuge ein, welche in den Verteilverkehren im Regelfall den Fahrzeuggrößen 7,5–18 t angehören. Die besonderen Transportanforderungen von Lebensmitteln spielen darüber hinaus in der Distribution weiterhin eine wichtige Rolle.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	200–500
Nutzlastanforderungen [t]	1,33
Standzeit zwischen den Touren [h]	1–4
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	8
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	876.400

Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	45
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	35
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	20
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	50
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	50

Tabelle 33: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister in 2030 I

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Lebensmitteln durch spezialisierte Logistikdienstleister 7,6 beträgt, bei Kosten von 15.141,00 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 115.071,62 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0 bei Kosten von 29.867,11 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 209.068,79 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.2.2 Fashion-Distribution

Der Anwendungsfall der auf die Distribution von Bekleidung spezialisierten Logistikdienstleister im Szenario 2030 I gestaltet sich wie folgt.

Die Distributionsstruktur im Anwendungsfall der Fashion-Distribution hat sich dahingegen verändert, dass die Zahl der Distributionsstandorte zur Versorgung der Ballungsgebiete deutlich zugenommen hat, während das ländliche Gebiet von wenigen großen Standorten aus versorgt wird. Die Standorte in den Ballungsgebieten fallen kleiner aus, sie führen aber dazu, dass sich die Lieferfrequenzen in der Distribution (in diesen Gebieten) erhöht haben. Die Veränderung ist kundenseitig getrieben, da die Kundenanforderungen an Flexibilität und Liefergeschwindigkeit (< 24 h) gegenüber 2015 deutlich zugenommen haben. Die hohe Zahl jährlicher Kollektionen wirkt sich darüber hinaus auf die Lieferfrequenzen und auch auf die Retour-Volumina aus (Saisonrücklaufware). Um die Belieferung und das Retouren-Handling (über alle Kunden) zu vereinheitlichen, werden in diesem Anwendungsfall flächendeckend Wechselbehälter eingesetzt. Einige weni-

ge Kunden ohne Retouren beziehen ihre Waren kartoniert. Hängende Ware wird nur noch im Einzelfall transportiert. Eine Spezialanforderung sind zusätzliche Services, wie bspw. das Aufbügeln, Verpacken und Etikettieren, was in 2030 besonders auch bzgl. der Rücklaufsendungen von den Kunden angefragt wird. Darüber hinaus schwanken die Distributionsvolumina sehr stark saisonal. Im ländlichen Gebiet gibt es bzgl. der Lieferfrequenzen eine andere Entwicklung: Hier haben die Lieferfrequenzen abgenommen (die Belieferungen finden mehrmals wöchentlich statt), dafür haben jedoch die Mengen pro Lieferung zugenommen. Möglich wird dies, da die Verkaufsflächen in diesen Gebieten zusätzliche Lagerflächen besitzen.

Eine Besonderheit in diesem Anwendungsfall ist die Sensibilität des Endkunden hinsichtlich der Nachhaltigkeitsbemühungen entlang der Wertschöpfungskette von Bekleidungsartikeln. Neben der Bekleidungsproduktion und Aspekten der sozialen Nachhaltigkeit steht auch die Distribution durch Logistikdienstleister in die Filialen der Händler im Blickpunkt der Betrachtung. Das Nachhaltigkeitsziel hat daher im Zielsystem an Bedeutung gewonnen und wird stärker gewichtet. Zusätzlich ist die Qualität der Distribution (und somit auch die Flexibilität und Zuverlässigkeit) ein stark gewichtetes Ziel (Leistungsziel).

Die Selbsteintrittsquote im Transport der Waren ist gegenüber 2015 leicht gestiegen, dennoch werden auch in 2030 in diesem Anwendungsfall die Mehrzahl der Transporte an vertraglich gebundene Subunternehmer fremdvergeben. Im Fernverkehr und auf den Hauptläufen kommen Wechselbrückenfahrzeuge sowie Glieder- und Sattelzüge zum Einsatz, während die Distribution auf der letzten Meile vornehmlich unter Zuhilfenahme von 7,5 t und 12 t Fahrzeuge durchgeführt wird. Die Touren in der Distribution auf der letzten Meile besitzen zumeist nur wenige Stopps. Die Tourlängen in Ballungsgebieten und im ländlichen Raum unterscheiden sich deutlich. Eine durchschnittliche Tour auf der „letzten Meile“ in Ballungsgebieten hat eine Länge von ca. 100 km, während sie im ländlichen Gebiet bis zu 550 km lang sein kann.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution	
Reichweitenanforderung [km]	100–550
Nutzlastanforderungen [t]	1
Standzeit zwischen den Touren [h]	2–8
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	8
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	813.800
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	60
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	20
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	20
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	70
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	30

Tabelle 34: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution in 2030 I

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Bekleidung 8,3 beträgt, bei Kosten von 13.124,94 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 110.249,50 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0,

bei Kosten von 28.370,20 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 198.591,38 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.2.3 KEP-Distribution

Im Rahmen der KEP-Distribution werden im Szenario 2030 I die analogen Anwendungsfälle des Kapitels 6.1.3 bewertet.

6.2.3.1 Kurier- und Expressdienstleister

Die Distributionsstruktur des anhand der GO! General Overnight & Express Logistik GmbH entwickelten Anwendungsfalls für Kurier- und Expressdienstleister hat sich im Szenario 2030 I nur geringfügig verändert. Das Versorgungsgebiet wird weiterhin in einzelne Bereiche unterteilt, welche von einem Depot aus versorgt werden. Die Distanzen in der Distribution haben sich daher nicht verändert. Die Einhaltung des Zeitversprechens bei der Zustellung ist das zentrale Argument im Wettbewerb, weshalb sich die Distributionsstruktur weiterhin auf die schnelleren Direktverkehre mit möglichst wenig Umschlagshandlungen pro Sendung stützt, anstatt auf ein Hub-and-Spoke System. Besonders in den innerstädtischen Ballungsgebieten sind Kurier- und Expressdienstleister dazu übergegangen, ortsvariable City-Hubs (bspw. in Form einer Wechselbrücke oder eines Containers) zur effizienteren Konsolidierung der Sendungsmengen einzusetzen. Auf diese Weise erhöhen die Dienstleister ihre Kundennähe und können flexibler auf spontane Auftragseingänge oder -änderungen reagieren. Neben der Geschwindigkeit der Sendungsbeförderung stellt die Nachhaltigkeit der Distribution ein wettbewerbsrelevantes Merkmal dar, da dies sowohl von den Kunden gefordert als auch von administrativer Seite in Teilen (bspw. in bestimmten geografischen Gebieten) vorgegeben ist. Das Nachhaltigkeitsziel wird in diesem Szenario daher in seiner Gewichtung auf 20 % angehoben. Insgesamt sind die Sendungsmengen auch in diesem Anwendungsfall angestiegen, die Sendungsgrößen je Auftrag sind jedoch konstant (und weiterhin kundenindividuell) geblieben. Die Zustellungen finden vorwiegend mittels Direktfahrten statt und die Sendungen werden persönlich oder mithilfe elektronischer Hilfsmittel permanent begleitet. Der Kunde kann seine Sendung jederzeit nachverfolgen und auch kurzfristig den Bestimmungsort variieren. Diese Flexibilitätsanforderung führt zu einer stärkeren Kurzfristigkeit der Tourenplanung, eine Entwicklung, die die Stand-

zeit zwischen zwei Aufträgen reduziert. Insgesamt hat sich die Reichweitenanforderung in diesem Anwendungsfall – getrieben durch die Zunahme der Distributionsvolumina und die Flexibilitätsanforderungen der Kunden – erhöht. Bei den dabei zum Einsatz kommenden Fahrzeugen handelt es sich auch 2030 um PKW oder (Klein-)Transporter. Jedoch befindet sich die Mehrheit der in der Distribution eingesetzten Flotte in Besitz des Unternehmens, die Outsourcing-Quote in der Zustellung ist ggü. 2015 gesunken. Diese Entwicklung ermöglicht eine flexiblere und qualitativ höherwertige Distributionsleistung, da das Unternehmen unmittelbar steuernd in die Distributionsprozesse eingreifen kann (und nicht wie in 2015 als eine Art Auftragsvermittlungszentrale ggü. den eigenen Subunternehmern agiert).

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	150-300
Nutzlastanforderungen [t]	0,5
Standzeit zwischen den Touren [h]	1–6
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	9
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	563.400
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	60
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	20
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	20
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	90
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	10

Tabelle 35: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister in 2030 I

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Kurier- und Expresssendungen 8,4 beträgt, bei Kosten von 10.828,70 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 90.961,04 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Ge-

samtnutzwert von 7,0, bei Kosten von 22.382,50 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 156.677,72 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.2.3.2 B2B-Paketdienstleister

Die zu distribuierenden Gütermengen auf dem B2B-Markt sind in diesem Szenario für 2030 deutlich angestiegen. Aufgrund der in den Innenstädten befindlichen, tendenziell kleiner werdenden Verkaufsflächen (welche keine Lagerflächen besitzen) haben sich die B2B-Dienstleister in der Versorgung des stationären Handels etabliert. Die Distributionsstruktur hat sich dahingehend verändert, dass besonders bei der Versorgung in Ballungsgebieten die Stufigkeit der Distribution um eine Stufe erhöht wurde (von mehrheitlich zwei- zu dreistufig). Um die gewachsenen Distributionsvolumina mit der geforderten Flexibilität und Geschwindigkeit zuzustellen, sind die Unternehmen dieses Anwendungsfalls dazu übergegangen, Satellitenstandorte in der Umgebung eines Depots zu eröffnen und auf diese Weise die Kundennähe zu erhöhen. Dafür wurden im betrachteten Anwendungsfall kleine Konsolidierungsflächen im Innenstadtgebiet eingerichtet. Die Distanzen auf der letzten Meile haben sich durch diese zusätzliche Stufe in der Distribution verringert. Die im B2B-Segment tätigen Unternehmen greifen dabei jedoch weiterhin auf ein Hub-and-Spoke System zurück, um die Auslastung der Transporte auf den einzelnen Relationen zu erhöhen, und so Skaleneffekte zu realisieren.

Die Kundennachfrage hat sich in diesem Szenario so verändert, dass die Kunden kurzfristig bestellen und eine möglichst zeitnahe Lieferung wünschen. Auch bei der Versorgung des Handels erfolgt die Distribution daher zunehmend mehrfach täglich sowie taggleich.[247] Hinzu kommt, dass nachhaltiger Versand in der Tarifgestaltung der etablierte Standard ist, die Kunden also keine gesonderte Mehrpreisbereitschaft für die nachhaltige Distribution entwickeln müssen. Aufgrund der Sichtbarkeit der Verteilfahrzeuge im Straßenbild engagieren sich die im B2B-Segment tätigen Unternehmen insbesondere im Bereich Nachhaltigkeit, um den eigenen Markenkern zu entwickeln und Wettbewerbsvorteile zu erreichen. Eine emissionsneutrale Distribution ist daher im Zielsystem der Unternehmen fest verankert, was dem Nachhaltigkeitsziel eine höhere Gewichtung als in anderen

[247] Die führt trotz einer gestiegenen Kundennähe zu einer insgesamt zunehmenden Tagesfahrleistung einzelner Fahrzeuge.

Anwendungsfällen zuteilwerden lässt. Darüber hinaus treibt die Individualität der Nachfrage das Angebot zusätzlicher Services, so dass die in der B2B-Distribution tätigen Unternehmen ihren Kunden u. a. auch eine temperaturgeführte Sendungsbeförderung anbieten. Dazu gehören auch garantierte Zustellzeiten (auch taggleich). Das Sendungsaufkommen unterliegt in 2030 größeren saisonalen Schwankungen als 2015, da die Nachfrage des Endkunden beim Händler direkt auf die Nachfrage des Händlers bei seinem B2B-Dienstleister wirkt.

Die bevorzugte Fahrzeuggröße in der Distribution sind 7,5 t Fahrzeuge. Die 2015 teilweise im Einsatz befindlichen 3,5 t-Transporter sind 2030 aufgrund der gestiegenen Sendungsmengen zu klein, um sinnvoll eigesetzt zu werden. Darüber hinaus existiert in diesem Anwendungsfall 2030 ein Trend zum „Insourcing" des Fuhrparks, da die Systemdienstleister darüber Kostenvorteile realisieren können, und das Serviceniveau (welches in einem umkämpften Markt wettbewerbsrelevant ist) kurzfristig steuernd beeinflussen können. Eine durchschnittliche Tour hat 2030 eine Länge von rund 120 km. In urbanen Gebieten sind bis zu 45 km, in ländlichen Gebieten häufig auch um die 200 km Tourlänge vorzufinden.[248]

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

[248] Aufgrund der geringeren Kundensichte im ländlichen Gebiet soll die maximale Reichweitenanforderung in diesem Anwendungsfall und Szenario mit 200 km festgelegt werden.

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	45–200
Nutzlastanforderungen [t]	1,0
Standzeit zwischen den Touren [h]	1-8
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	10
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	306.740
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	50
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	15
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	35
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	70
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	30

Tabelle 36: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister in 2030 I

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von B2B-Paketsendungen 8,3 beträgt, bei Kosten von 8.577,15 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 71.190,37 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert

von 7,0, bei Kosten von 16.245,18 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 113.716,23 €. Die für diesen Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind aktuell serienmäßig am Markt verfügbar, weshalb das K.O.-Kriterium bei der Bewertung nicht zum Tragen kommt.

6.2.3.3 B2C-Paketdienstleister

Die Distributionsstruktur der B2C-Paketdienstleister entspricht 2030 ebenfalls dem Hub-and-Spoke System. Die Zahl der Satellitenstandorte je Depot hat jedoch zugenommen, insgesamt ist das Distributionsnetzwerk stärker quell- und zielgebietsorientiert als in 2015. Aufgrund des Wachstums des E-Commerce haben die B2C-Dienstleister viele kundenindividuelle Standorte in unmittelbarer Kundenähe (Standort des Onlinehändlers) und zahlreiche (z. T. innerstädtische) Micro-Hub-Standorte in unmittelbarer Nähe der Empfänger (Endkunden) errichtet. Da die Kunden des Onlinehändlers die Versandoption auswählen, die Paketdienstleister aber vertraglich an den Onlinehändler gebunden sind, besitzt die Kundennachfrage im B2C-Segment eine besondere Struktur. Die Mehrzahl der Endkunden bzw. der Empfänger ist in Ballungsgebieten angesiedelt und stellen hinsichtlich Flexibilität und Geschwindigkeit neue Herausforderungen an die B2C-Dienstleister. Neben einem in 2030 selbstverständlich emissionsarmen bzw. -neutralen Transport im Rahmen der Distribution, findet besonders die empfängerseitige Anpassung der Zustellzeitpunkte und -orte großen Zuspruch durch die Endkunden. Kurzfristige Tour-Änderungen oder ein Rückstau von Sendungen aufgrund eines veränderten Zustellungsortes beeinflussen die Profitabilität der Geschäftsprozesse. Eine Abfederung dieser Effekte über eine Veränderung des Tarifs ist nicht möglich, da die Verhandlungsmacht der Onlinehändler (als langfristig gebundene Versender) mit ihren Sendungsmengen gegenüber den auf Skaleneffekte ausgerichteten Systemen der B2C-Paketdienstleiter sehr hoch ist. Insgesamt existiert 2030 in der B2C-Distribution eine große Nachfrage nach taggleichem Versand (besonders bzgl. online bestellter Konsumgüter). Darüber hinaus haben die Paketdienstleister feste Regellaufzeiten für reguläre Sendungen eingeführt, jede Sendung ist somit „time definite“. Die Bedeutung von Retouren ist in diesem Segment im Vergleich zur Situation in 2015 deutlich angestiegen. Bei Bekleidung liegt die Retourenquote einiger Onlinehändler um die 75 %. Retouren-Handling und Zustellung sind jedoch aufgrund der flächendeckenden Einführung von Paketbriefkästen in 2030

kaum eine Herausforderung, da die Endkunden ihre (vorab gemeldeten) Retouren aus ihrem Paketbriefkasten abholen lassen was zu einer Zustellquote (im 1. Zustellversuch) bei der Zustellung mittels Paketbriefkasten von oberhalb 90 % führt.

Ähnlich wie B2B-Dienstleister sind die im B2C-Segment tätigen Unternehmen dazu übergegangen, die Flotten selbst zu betreiben. Fahrzeuge unterhalb der Größe der 3,5 t-Transporter können aufgrund der Sendungsmengen nicht zielführend in der Distribution eingesetzt werden. Geografisch begrenzte Emissionsvorgaben und das hohe Umweltbewusstsein der Endkunden und der Bevölkerung unterstützen (auch aufgrund der angesprochenen Sichtbarkeit der Zustellfahrzeuge im Straßenbild) den Einsatz alternativer Antriebstechnologien. Hier kommt erneut die hinsichtlich der Kundenanforderungen existierende Dualität zum Tragen. Der Onlinehändler legt großen Wert auf eine zuverlässige, wirtschaftliche und schnelle Zustellung, während der Endkunde bzw. der Empfänger besonders hinsichtlich der Serviceleistungen Flexibilität und Nachhaltigkeit sensibilisiert ist. Der B2C-Dienstleister muss alle genannten Anforderungen erfüllen, um im Wettbewerb zu bestehen, da trotz der vertraglichen Bindung mit dem Onlinehändler der Empfänger die Versandoption auswählt. Daher werden die Gewichtungen auf der 2. Zielebene in diesem Anwendungsfall und Szenario gleichverteilt. Die Tourlänge in der Zustellung an einem durchschnittlichen Tag im urbanen Gebiet liegt bis 2030 bei nur ca. 15 km, in ländlichen Gebieten bei bis zu 100 km. Im Unterschied zum B2B-Segment liegen die Stopps im B2C-Segment auch 2030 tendenziell dichter beieinander, während die Stoppdauer gleichzeitig eher kürzer ist, da in den meisten Fällen pro Stopp nur eine Sendung zugestellt wird. Aufgrund der höheren Flexibilität, der gestiegenen Sendungsmengen und der größeren Kundennähe findet die Zustellung z. T. zweimal täglich statt, d. h. es werden pro Fahrzeug täglich bspw. eine Vormittags- und eine Abendtour gefahren.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	15–100
Nutzlastanforderungen [t]	0,65
Standzeit zwischen den Touren [h]	1-8
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	9
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	9
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	10
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	143.980
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	33,3
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	33,3
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	33,3
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	80
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	20

Tabelle 37: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister in 2030 I

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von B2C-Paketsendungen 6,5 beträgt, bei Kosten von 8.886,80 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 58.652,87 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert

von 7,0, bei Kosten von 12.353,19 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 86.472,35 €. Die für diesen Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind aktuell serienmäßig am Markt verfügbar, weshalb das K.O.-Kriterium bei der Bewertung nicht zum Tragen kommt.

6.2.4 Ergebnisdarstellung der Bewertung in 2030 I

Die Auswertung aller Bewertungen im Szenario 2030 I – „Fortschritt" zeigt, dass der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen unter den im Szenario angenommenen Rahmenbedingungen in allen bewerteten Anwendungsfällen technisch-wirtschaftlich sinnvoll erscheint. Das Szenario 2030 I erhöhte im Kern die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution, gewichtete die Nachhaltigkeitsziele stärker und nahm darüber hinaus positiv veränderte Leistungsparameter der batterieelektrischen Fahrzeuge (Reichweite, Ladedauer, Nutzlast) an. Die Rangfolge der Bewertungen in 2030 I zeigt, dass sich BEV unter den getroffenen Annahmen am sinnvollsten in den KEP-Anwendungsfällen einsetzen lässt.

Rang	Nutzenpunkte	Kosten / Nutzenpunkt	Gesamtkosten	Anwendungsfall
1	8,3	8.577,15 €	71.190,37 €	B2B-PDL
2	6,5	8.886,80 €	58.652,87 €	B2C-PDL
3	8,4	10.828,70 €	90.961,04 €	KE-DL
4	7,4	12.771,09 €	95.783,16 €	LEH
5	8,3	13.124,94 €	110.249,50 €	F-LDL
6	7,6	15.141,00 €	115.071,62 €	L-LDL

Tabelle 38: Ranking der Bewertungsergebnisse Elektromobilität in 2030 I[249]

Der Anwendungsfall der B2C-Paketdienstleister zeichnet sich durch die Besonderheit aus, dass aufgrund der geringen Jahresfahrleistung im Anwendungsfall die Kosten des Einsatzes von batterieelektrischen Fahrzeugen die Kosten des Einsatzes konventionell angetriebener Fahrzeuge übersteigen. Da darüber hinaus aufgrund der spezifischen Kundenanforderungen des Anwendungsfalls die Gewichtungen der Leistungs-, Kosten- und Nachhaltigkeitsziele gleichverteilt wurden, wirkt sich die nachteilige Kostensituation verhältnismäßig stark auf das Gesamtergebnis aus. Trotz des daraus resultierenden verhältnismäßig geringen Gesamtnutzwertes für den Einsatz

[249] Erläuterung der verwendeten Abkürzungen: B2B/B2C-Paketdienstleister (B2B/B2C-PDL), Kurier- und Expressdienstleister (KE-DL), auf Lebensmittel spezialisierter Logistikdienstleister (L-LDL), auf Fashion spezialisierter Logistikdienstleister (F-LDL), Lebensmitteleinzelhandel (LEH).

von Elektromobilität in der B2C-Paketdistribution, ist diese Bewertung aufgrund der Kosten/Nutzenpunkt als vorteilhafter zu bewerten, da dieses Kriterium gemäß Kapitel 4.7 zur Ermittlung der Vorteilhaftigkeit einer Alternative dient. Die Begründung der Rangfolge ergibt sich aus den Bewertungsergebnissen bzgl. der Reichweiten-, Ladedauer- und Nutzlastanforderungen je Anwendungsfall. Die im Szenario 2030 I angenommenen Leistungsparameter der Elektromobilität erfüllen die Anforderungen der Anwendungsfälle bei gleichzeitig geringeren Kosten. Dies führt dazu, dass der Einsatz von BEV in allen Anwendungsfällen als gute oder sehr gute Lösung bewertet wurde.[250] Die Reihenfolge der Referenzbewertungen der konventionellen Antriebstechnologie entspricht teilweise dem Ranking der Elektromobilitätsbewertungen.

Rang	Nutzenpunkte	Kosten / Nutzenpunkt	Gesamtkosten	Anwendungsfall
1	7,0	12.353,19 €	86.472,35 €	B2C-PDL
2	7,0	16.245,18 €	113.716,23 €	B2B-PDL
3	7,0	22.382,53 €	156.677,72 €	KE-DL
4	7,0	23.879,45 €	167.156,14 €	LEH
5	7,0	28.370,20 €	198.591,38 €	F-LDL
6	7,0	29.867,11 €	209.068,79 €	L-LDL

Tabelle 39: Ranking der Bewertungsergebnisse konventioneller Antriebstechnologie in 2030 I[251]

Besonders hinsichtlich der Kosten je Nutzenpunkt liegen die Bewertungsergebnisse beider Technologien im Vergleich zur Bewertung in 2015 deutlich dichter beisammen.
Die nachfolgende Abbildung visualisiert alle Bewertungsergebnisse für das Szenario 2030 I.

[250] Vgl. Werteskala Abbildung 22: Verwendete Werteskala

[251] Erläuterung der verwendeten Abkürzungen: B2B/B2C-Paketdienstleister (B2B/B2C-PDL), Kurier- und Expressdienstleister (KE-DL), auf Lebensmittel spezialisierter Logistikdienstleister (L-LDL), auf Fashion spezialisierter Logistikdienstleister (F-LDL), Lebensmitteleinzelhandel (LEH).

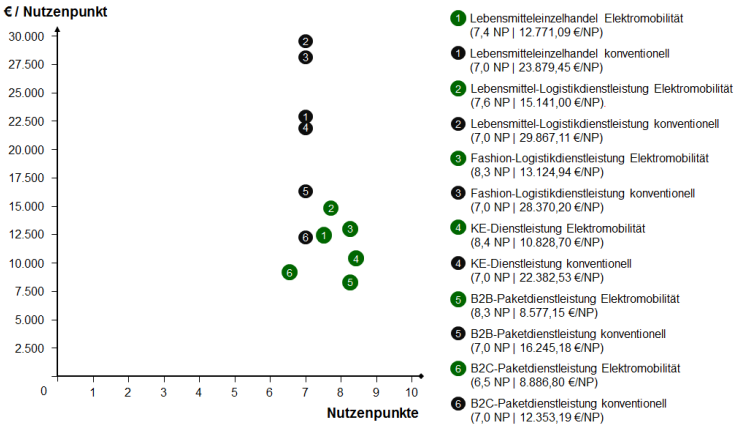


Abbildung 49: Bewertungsergebnisse für Szenario 2030 I[252]

Die Abbildung verdeutlicht, dass der Einsatz von Elektromobilität in jedem bewerteten Anwendungsfall technisch-wirtschaftlich vorteilhaft ggü. dem Einsatz konventionell angetriebener Fahrzeuge ist.

Die Ableitung von Implikationen auf Basis dieser Bewertungsergebnisse erfolgt in Kapitel 7.

6.3 Bewertung im Szenario 2030 II – „Stagnation“

Für alle nachfolgenden Bewertungen im Szenario 2030 II sollen die Annahmen gelten, welche in Übereinstimmung mit den entwickelten Szenarien zugrunde gelegt wurden und in Tabelle 22 dargestellt sind. Die textliche Beschreibung der Szenario-Situation im konkreten Anwendungsfall erfolgt im weiten Verlauf der Bewertungen für 2030 II nur kurz, da das Szenario bereits im Kapitel 5.7.2 beschrieben wurde.

6.3.1 Distribution von Lebensmitteln

Zur Bewertung der Lebensmitteldistribution im Szenario 2030 II wurden im Rahmen dieser Arbeit auf dieselben Anwendungsfälle wie bei der Bewertung in 2015 zurückgegriffen.

[252] Eigene Darstellung

6.3.1.1 Stationärer Lebensmitteleinzelhandel

Der stationäre Lebensmitteleinzelhandel ist in Deutschland im Szenario 2030 II der dominante Distributionskanal für Lebensmittel und Getränke, der Anteil der per E-Commerce abgesetzten Lebensmittel konnte gegenüber 2015 nur geringfügig ansteigen. Die Distribution der online bestellten Waren ist an Subdienstleister fremdvergeben, da diese Verkehre nur geringfügig ausgelastet sind und eine (für das Handelsunternehmen nicht wirtschaftliche) Zusatzleistung für nur wenige Endkunden darstellen. In diesem Szenario hat sich die Filialdichte der Lebensmitteleinzelhändler in den Ballungsgebieten ebenfalls erhöht, wobei es sich dabei um kleinere Filialen mit einem eingeschränkten Sortiment handelt. Die online bestellten Lebensmittel werden aus wenigen Standorten heraus zum Endkunden distribuiert. Aufgrund der stagnierenden Gütermengen führt das dichtere Filialnetz nur zu moderat gestiegenen Lieferfrequenzen. Die Veränderung ergibt sich aus der Tatsache, dass Lagerflächen in den kleinen Filialen nicht vorhanden sind aber dennoch eine hohe Versorgungssicherheit des (eingeschränkten) Sortiments angestrebt wird. Die Filialen werden daher bedarfsabhängig mehrfacht täglich beliefert. Die höhere Filialdichte in den Ballungsgebieten führt – entgegen der Entwicklung im Szenario 2030 I – nicht zu einem Anstieg der Zahl der Regionalläger. Die Stufigkeit der Distribution bleibt damit unverändert gegenüber 2015.

Der Kundenwunsch nach Individualisierung wirkt auf die Sortimentstiefe und ist dem Convenience-Trend gewichen. Nachhaltigkeit spielt im Lebensmitteleinzelhandel vor allem hinsichtlich der Produktion von Nahrungsmitteln und der verwendeten Rohstoffe eine Rolle. Ein ganzheitliches Nachhaltigkeitsbewusstsein, welches die gesamte Wertschöpfungskette betrifft, hat sich bei den Verbrauchern nicht entwickelt.

Die veränderten Kundenanforderungen führen zu einer Verschiebung der Gewichtung der (unternehmensinternen) Leistungs-, Kosten- und Nachhaltigkeitsziele. Die Kostenziele sollen in diesem Anwendungsfall im Szenario 2030 II mit 25 % gewichtet werden. Das Leistungsziel soll mit 70 % gewichtet werden, das Nachhaltigkeitsziel mit 5 %. Die anwendungsfallabhängigen Gewichtungen auf der 3. Zielebene sollen analog zu ihrer Ausprägung in 2015 beibehalten werden.

Die Größe der in der Distribution zum Einsatz kommenden Fahrzeuge hat sich aufgrund der veränderten Rahmenbedingungen ebenfalls verändert. Zur Versorgung der innerstädtischen Filialen werden im Szenario 2030 II zunehmend Transporterfahrzeuge und leichte LKW eingesetzt (3,5–7 t), da

diese im Innenstadtgebiet flexibler eingesetzt werden können. Die größeren Fahrzeuge der Größenklasse 12 t und 20 t kommen jedoch darüber hinaus weiterhin zum Einsatz. Gemäß dem in Kapitel 5.7.2 entwickelten Szenario, bleiben die Distanzen in der Distribution gegenüber 2015 unverändert.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel	
Reichweitenanforderung [km]	160–200
Nutzlastanforderungen [t]	1,33
Standzeit zwischen den Touren [h]	4–12
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	5
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	450.720
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	70
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	25
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	5
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	50

Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	50

Tabelle 40: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls stationärer Lebensmitteleinzelhandel in 2030 II

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Lebensmitteln im stationären Lebensmitteleinzelhandel im Szenario 2030 II 4,3 beträgt, bei Kosten von 25.840,93 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 113.700,09 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0, bei Kosten von 13.439,18 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 94.074,29 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.3.1.2 Logistikdienstleister in der Distribution von Lebensmitteln

Der Anwendungsfall, der auf die Distribution von Lebensmitteln spezialisierten Logistikdienstleister im Szenario 2030 II, gestaltet sich wie folgt.

Die Kundenaufträge haben in ihrer Individualität weiter zugenommen, so dass die Flexibilität eine der wichtigsten Anforderungen an die Distribution bleibt. Jedoch sind die Kunden der Logistikdienstleister deutlich preissensibler als im Szenario 2030 I, was dazu führt, dass für diese Bewertung das Leistungs- und das Kostenziel entsprechend stärker gewichtet werden. Die Zahl der Distributionsstandorte hat sich deutschlandweit trotz der individuellen Kundenaufträge kaum erhöht, die Stufigkeit der nationalen Distribution bleibt unverändert (in der Regel zweistufig). Um dennoch die Kundenindividualität bedienen zu können, ist ein hohes Maß an Flexibilität in der Distribution nötig – auch weil Kundennachfrage weiterhin saisonal (vergleichbar zu 2015) schwankt. Insgesamt haben sich in diesem Anwendungsfall die zu distribuierenden Gütermengen nicht erhöht. Die Lieferfrequenzen haben insgesamt moderat zugenommen, sind jedoch weiterhin sehr heterogen und hängen von individuellen Kunden ab. Die Distanz zwischen Kunde und Distributionsstandort hat sich gegenüber 2015 nicht verändert.

Die Kunden in diesem Anwendungsfall entscheiden vorwiegend aufgrund des Preis-Leistungsverhältnisses einer Dienstleistung, Aspekte der Nachhaltigkeit spielen kaum eine Rolle. Der Kostendruck wird vom Logistikdienst-

leister an seine in der Distribution tätigen Subunternehmer weitergegeben. Um flexibel auf Veränderungen bzgl. der wirtschaftlichen Situation des Unternehmens reagieren zu können, ist der Großteil der Distributionsverkehre fremdvergeben.
In diesem Anwendungsfall werden im Rahmen der Verteilverkehre im Szenario 2030 II vornehmlich die Fahrzeuggrößen 7,5–18 t eingesetzt. Die besonderen Transportanforderungen von Lebensmitteln spielen darüber hinaus in der Distribution weiterhin eine wichtige Rolle.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	100–500
Nutzlastanforderungen [t]	1,33
Standzeit zwischen den Touren [h]	1–4
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	5
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	751.200
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	55
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	40
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	5
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	50
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	50

Tabelle 41: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister in 2030 II

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Lebensmitteln durch spezialisierte Logistikdienstleister 3,4 beträgt, bei Kosten von 42.035,85 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 147.125,49 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetrie-

benen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0 bei Kosten von 16.458,48 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 115.209,15 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.3.2 Fashion-Distribution

Der Anwendungsfall der auf die Distribution von Fashion spezialisierten Logistikdienstleister im Szenario 2030 II gestaltet sich wie folgt.

Aufgrund der im Szenario 2030 II beschriebenen Preissensibilität der Kunden befinden sich die Logistikdienstleister im Anwendungsfall der Fashion-Distribution in einem intensiven Wettbewerb mit den B2B-Paketdienstleistern. Da diese die Skaleneffekte ihres auf hohe Distributionsmengen ausgerichteten Distributionssystems nutzen können, und darüber den Kunden auch eine hohe Flexibilität anbieten, haben sich die in der Fashion-Distribution tätigen Unternehmen auf besonders hochwertige Fashion-Artikel und Kunden fokussiert. Sie versorgen daher zumeist große Warenhäuser und Kunden mit einer hochwertigen Produktpalette. Die Versorgung von kleinen Filialen in Fußgängerzonen oder Einkaufscentern wird in diesem Szenario in großen Teilen durch die günstigeren B2B-Paketdienstleister übernommen. Die Distributionsstruktur hat sich dahingehend verändert, dass einzelne Distributionsstandorte sich teilweise ausschließlich auf die Versorgung von wenigen Kunden ausrichten, wodurch diesen Kunden ein hohes Maß an Servicequalität geboten werden kann. Neben Zusatzleistungen beliefert der Dienstleister seinen Kunden gemäß dessen individuellen Wünschen, was dazu geführt hat, dass die Lieferfrequenzen sich moderat erhöht haben. Eine wichtige Aufgabe, welche mit vergleichbarer Servicequalität von den konkurrierenden B2B-Dienstleistern nicht erbracht wird, ist das Retouren-Handling (Saisonrücklaufware).
Eine Besonderheit in diesem Anwendungsfall ist die Sensibilität der Kunden hinsichtlich des Preises. Das Kostenziel hat daher im Zielsystem an Bedeutung gewonnen und wird stärker gewichtet. Zusätzlich ist die Qualität der Distribution (und somit auch die Flexibilität und Zuverlässigkeit) ein stark gewichtetes Ziel (Leistungsziel). Die Selbsteintrittsquote im Transport der Waren ist gegenüber 2015 nahezu unverändert, die Mehrzahl der Transporte wird an vertraglich gebundene Subunternehmer fremdvergeben. Im

Fernverkehr und auf den Hauptläufen kommen Wechselbrückenfahrzeuge sowie Glieder- und Sattelzüge zum Einsatz, während die Distribution auf der letzten Meile vornehmlich unter Zuhilfenahme von 7,5 t und 12 t Fahrzeuge durchgeführt wird. Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution	
Reichweitenanforderung [km]	200–400
Nutzlastanforderungen [t]	1
Standzeit zwischen den Touren [h]	2–8
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	5
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	751.200
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	60
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	35
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	5
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	70
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	30

Tabelle 42: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Fashion-Distribution in 2030 II

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Bekleidung 3,8 beträgt, bei Kosten von 37.724,48 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 147.125,49 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0 bei Kosten von 16.458,48 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 115.209,15 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.3.3 KEP-Distribution

Im Rahmen der KEP-Distribution werden im Szenario 2030 II die analogen Anwendungsfälle des Kapitels 6.1.3 bewertet.

6.3.3.1 Kurier- und Expressdienstleister

Die Distributionsstruktur des Anwendungsfalls ist gegenüber der Situation in 2015 unverändert. Das Versorgungsgebiet wird weiterhin in einzelne Bereiche, welche von einem Depot aus versorgt werden, unterteilt. Die Distanzen in der Distribution haben sich daher nicht verändert. Die Einhaltung des Zeitversprechens bei der Zustellung bleibt das zentrale Argument im Wettbewerb, weshalb sich die Distributionsstruktur weiterhin auf die schnelleren Direktverkehre mit möglichst wenig Umschlagshandlungen pro Sendung stützt. Neben der Geschwindigkeit der Sendungsbeförderung stellt der Preis der Distribution ein wettbewerbsrelevantes Merkmal dar. Das Kostenziel wird in diesem Szenario daher in seiner Gewichtung auf 40 % angehoben. Insgesamt sind die Sendungsmengen in diesem Anwendungsfall konstant geblieben. Die Zustellungen finden vorwiegend mittels Direktfahrten statt und die Sendungen werden persönlich oder mithilfe elektronischer Hilfsmittel permanent begleitet. Der Kunde kann seine Sendung jederzeit nachverfolgen und gegen einen Aufpreis kurzfristig den Bestimmungsort variieren. Die Reichweitenanforderung ist in diesem Anwendungsfall gegenüber der Situation in 2015 unverändert. Bei den dabei zum Einsatz kommenden Fahrzeugen handelt es sich auch in 2030 um PKW oder (Klein-)Transporter. Die Mehrheit der in der Distribution eingesetzten Fahrzeuge gehört vertraglich gebundenen Subdienstleistern. Diese Entwicklung ermöglicht eine flexiblere und qualitativ den Kundenanforderungen entsprechende Distributionsleistung, welche gleichzeitig kostengünstig durchgeführt werden kann.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	120–200
Nutzlastanforderungen [t]	0,5
Standzeit zwischen den Touren [h]	1–16
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	5
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	400.640
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	55
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	40
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	5
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	90
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	10

Tabelle 43: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls Kurier- und Expressdienstleister in 2030 II

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von Kurier- und Expresssendungen 4,4 be-

trägt, bei Kosten von 24.574,82 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 108.129,19 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert von 7,0, bei Kosten von 12.935,97 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 90.551,82 €. Die in diesem Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind alle serienmäßig am Markt verfügbar.

6.3.3.2 B2B-Paketdienstleister

Die zu distribuierenden Gütermengen auf dem B2B-Markt sind in diesem Szenario für 2030 gegenüber 2015 nahezu konstant. B2B-Dienstleister übernehmen sowohl auf dem Land als auch im urbanen Gebiet in weiten Teilen flächendeckend die Versorgung von Handelsfilialen in der Konsumgüterindustrie. Die Anbieter sind in der Lage, ihren Kunden eine preisgünstige und zuverlässige Versorgung anzubieten, solange die Waren kartoniert werden können. Die Distributionsstruktur bleibt gegenüber der Situation in 2015 unverändert, neue Distributionsstandorte wie bspw. City-Hubs wurden nicht eröffnet. Die im B2B-Segment tätigen Unternehmen greifen weiterhin auf ein Hub-and-Spoke System zurück, um die Auslastung der Transporte auf den einzelnen Relationen zu erhöhen und so Skaleneffekte zu realisieren.

Die Kundennachfrage hat sich in diesem Szenario so verändert, dass die Kunden eine qualitativ hochwertige und gleichzeitig preisgünstige Distributionsleistung erwerben wollen, Nachhaltigkeitsthemen spielen dabei nur eine untergeordnete Rolle. Nachhaltiger Versand wird zusätzlich bepreist und wird nur von wenigen Kunden gewählt. Dementsprechend werden die Leistungs- und Kostenziele in diesem Szenario stärker gewichtet.

Die bevorzugte Fahrzeuggröße in der Distribution sind 7,5 t Fahrzeuge, da sich diese von ihrem Laderaumvolumen für die z. T. großen gewerblichen Sendungen ideal eignen. Durch die größere Dimensionierung der Fahrzeuge können auch Nachfragespitzen (saisonale Schwankungen) abgefangen werden. Die Flotte gehört in diesem Anwendungsfall zu überwiegenden Teilen dem B2B-Paketdienstleister, ist jedoch häufig unter einer anderen Firmierung tätig.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister	
Reichweitenanforderung [km]	45–120
Nutzlastanforderungen [t]	1,0
Standzeit zwischen den Touren [h]	4–16
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	7
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	5
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	206.580
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	55
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	35
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	10
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	70
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	30

Tabelle 44: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2B-Paketdienstleister in 2030 II

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von B2B-Paketsendungen 4,8 beträgt, bei Kosten von 17.661,62 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 86.541,96 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert

von 7,0, bei Kosten von 10.986,03 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 76.902,22 €. Die für diesen Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind aktuell serienmäßig am Markt verfügbar, weshalb das K.O.-Kriterium bei der Bewertung nicht zum Tragen kommt.

6.3.3.3 B2C-Paketdienstleister

Die Distributionsstruktur der B2C-Paketdienstleister entspricht 2030 ebenfalls dem Hub-and-Spoke System. Auch in diesem Szenario wurden Paketbriefkästen vielerorts eingeführt, jedoch vor dem Hintergrund der Minimierung der Kosten, denn jeder Fehlversuch in der Zustellung (bspw. weil der Empfänger nicht angetroffen wurde) erhöht die Kosten der Distribution. Die B2C-Dienstleister sind zunehmend quellgebietsorientiert strukturiert, und sind teilweise vom Sendungsvolumen weniger vertraglich gebundener Kunden abhängig. Die Stufigkeit der Distribution ist gegenüber 2015 unverändert.

Die zentralen Kundenanforderungen richten sich an die Geschwindigkeit, Zuverlässigkeit und Nachverfolgbarkeit der Distribution, sowie an deren Preis. Nachhaltiger Versand ist mit geringen Zusatzkosten möglich, jedoch wählen nur wenige Kunden diese Möglichkeit. Entsprechend diesen Präferenzen gewichten sich die Ziele in diesem Anwendungsfall, das Nachhaltigkeitsziel soll weitestgehend marginalisiert werden. Die Paketdienstleister haben feste Regellaufzeiten für ihre Sendungen eingeführt und bieten auch taggleiche Zustellungen an. Die flexible Variation von Zustellzeitpunkt und -ort wird durch die Endkunden kaum nachgefragt und wird nur in wenigen Fällen angeboten.

Der Fuhrparkt gehört in diesem Anwendungsfall mehrheitlich den B2C-Anbietern, teilweise werden jedoch abgegrenzte geografische Regionen durch Subdienstleister versorgt. Die Tourlängen in der Zustellung haben sich ggü. 2015 nicht verändert.

Der Bewertung liegen folgende, anwendungsfallspezifische Parameter zugrunde:

anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister	
Reichweitenanforderung [km/Tour]	30–150
Nutzlastanforderungen [t/Fzg]	0,65
Standzeit zwischen den Touren [h]	4–16
CO_2e-Emissionsziel [kg/km]	0,147
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Reichweitenanforderung [Ordinalskala, 1-10]	9
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Nutzlastanforderung [Ordinalskala, 1-10]	8
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Ladedaueranforderung [Ordinalskala, 1-10]	9
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf das Emissionsziel [Ordinalskala, 1-10]	10
qualitative Bewertung der Anwendbarkeit von Elektromobilität in Bezug auf die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution [Ordinalskala, 1-10]	5
Marktdurchdringung [Nominalskala]	gegeben
mittlere Fahrleistung über die Nutzungsdauer [km]	225.360
Gewichtung Leistungsziel (2. Zielebene) [%]	60
Gewichtung Kostenziel (2. Zielebene) [%]	35
Gewichtung Nachhaltigkeitsziel (2. Zielebene) [%]	5
Gewichtung Sicherstellung der techn. Leistungsfähigkeit (3. Zielebene) [%]	80
Gewichtung Sicherstellung Nutzlastanforderung (3. Zielebene) [%]	20

Tabelle 45: Anwendungsfallabhängige Parameter des Anwendungsfalls B2C-Paketdienstleister in 2030 II

Die Bewertung ergibt, dass der Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution von B2C-Paketsendungen 4,9 beträgt, bei Kosten von 18.087,97 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes von Elektromobilität liegen bei 88.631,05 €. Die Referenztechnologie der konventionellen, dieselbetriebenen Fahrzeuge besitzt einen Gesamtnutzwert

von 7,0, bei Kosten von 11.174,74 €/Nutzenpunkt. Die Gesamtkosten des Einsatzes konventioneller, dieselbetriebener Fahrzeuge liegen bei 78.223,15 €. Die für diesen Anwendungsfall benötigten Fahrzeuge sind aktuell serienmäßig am Markt verfügbar, weshalb das K.O.-Kriterium bei der Bewertung nicht zum Tragen kommt.

6.3.4 Ergebnisdarstellung der Bewertung in 2030 II

Die Auswertung aller Bewertungen im Szenario 2030 II – „Stagnation" zeigt, dass der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen unter den im Szenario angenommenen Rahmenbedingungen in allen bewerteten Anwendungsfällen technisch-wirtschaftlich weniger sinnvoll als im Szenario 2030 I erscheint. Gleichzeitig stellen die Bewertungsergebnisse jedoch eine Verbesserung gegenüber 2015 dar. Das Szenario 2030 II erhöhte im Kern die Preissensibilität der Kunden und somit die Gewichtung der Kostenziele. Gleichzeitig wurden die Nachhaltigkeitsziele nur sehr gering gewichtet, wodurch ihr Einfluss auf das Bewertungsergebnis gering ist. Hinzu kommt, dass dieses Szenario eine weniger starke Entwicklung der Leistungsparameter der BEV annimmt. Die Rangfolge der Bewertungen in 2030 II zeigt, dass sich Elektromobilität unter den getroffenen Annahmen am sinnvollsten in den KEP-Anwendungsfällen einsetzen lässt.

Rang	Nutzenpunkte	Kosten / Nutzenpunkt	Gesamtkosten	Anwendungsfall
1	4,9	17,661,62 €	85.641,96 €	B2B-PDL
2	4,8	18.087,97 €	88.631,05 €	B2C-PDL
3	4,4	24.574,82 €	108.129,19 €	KE-DL
4	4,3	25.840,93 €	113.700,09 €	LEH
5	3,8	37.724,48 €	147.125,49 €	F-LDL
6	3,4	42.035,85 €	147.125,49 €	L-LDL

Tabelle 46: Ranking der Bewertungsergebnisse Elektromobilität in 2030 II[253]

Ähnlich den Rangfolgen der Bewertungen in 2015 und 2030 I ist der Einsatz von Elektromobilität unter den im Szenario 2030 II getroffenen Annahmen für die KEP-Anwendungsfälle am vorteilhaftesten. Entwicklungsfortschritte in der Technologienentwicklung der batterieelektrischen Fahrzeuge und eine gleichzeitige Konzentration auf Wirtschaftlichkeitsaspekte führen zu

[253] Erläuterung der verwendeten Abkürzungen: B2B/B2C-Paketdienstleister (B2B/B2C-PDL), Kurier- und Expressdienstleister (KE-DL), auf Lebensmittel spezialisierter Logistikdienstleister (L-LDL), auf Fashion spezialisierter Logistikdienstleister (F-LDL), Lebensmitteleinzelhandel (LEH).

Nutzwerten, welche gemäß der verwendeten Werteskala tragfähige, ausreichende und befriedigende Lösungen beschreiben.

Rang	Nutzenpunkte	Kosten / Nutzenpunkt	Gesamtkosten	Anwendungsfall
1	7,0	10.986,00 €	76.902,22 €	B2B-PDL
2	7,0	11.174,74 €	78.223,15 €	B2C-PDL
3	7,0	12.936,04 €	90.551,82 €	KE-DL
4	7,0	13.439,20 €	94.074,29 €	LEH
5	7,0	16.458,48 €	115.209,15 €	F-LDL
5	7,0	16.458,48 €	115.209,15 €	L-LDL

Tabelle 47: Ranking der Bewertungsergebnisse konventioneller Antriebstechnologie in 2030 II

Die Reihenfolge der Referenzbewertungen der konventionellen Antriebstechnologie entspricht in diesem Szenario dem Ranking der Elektromobilitätsbewertungen. Hinsichtlich der Kosten je Nutzenpunkt liegen die Bewertungsergebnisse beider Technologien im Vergleich zur Bewertung in 2015 deutlich dichter beisammen.

Die nachfolgende Abbildung visualisiert alle Bewertungsergebnisse für 2030 II.

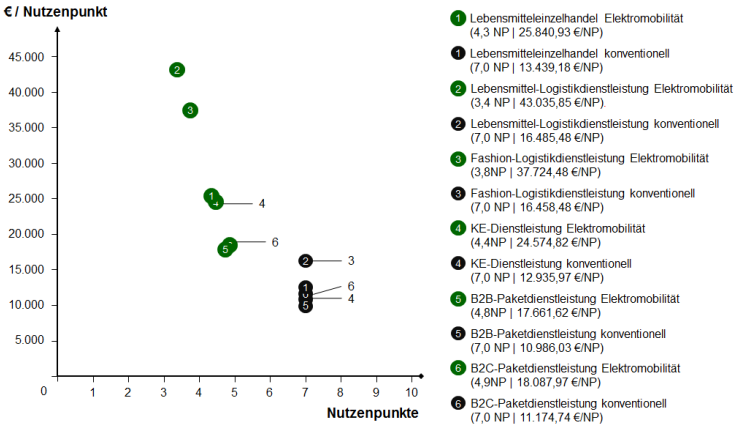


Abbildung 50: Bewertungsergebnisse für Szenario 2030 II[254]

[254] Eigene Darstellung

Die Abbildung verdeutlicht, dass sich der Einsatz von Elektromobilität, außer in den Anwendungsfällen der Logistikdienstleister (L-LDL und F-LDL), der technisch-wirtschaftlich sinnvollen Anwendung annähert.
Die Ableitung von Implikationen auf Basis dieser Bewertungsergebnisse erfolgt in Kapitel 7.

7 Implikationen der Bewertungen

Dieses Kapitel thematisiert die Implikationen der für das Jahr 2015 und die Szenarien 2030 I und 2030 II durchgeführten Bewertungen. Die Bewertungen zeigen auf, dass der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution technisch-wirtschaftlichen deutlich attraktiver werden wird. Die nachfolgende Abbildung visualisiert diese Entwicklung.

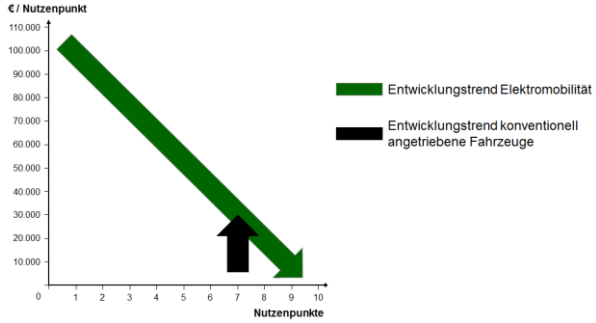


Abbildung 51: Entwicklung der Bewertungsergebnisse über alle Szenarien[255]

Der Vergleich aller Bewertungen zeigt, dass sich die Elektromobilität hinsichtlich ihres technisch-wirtschaftlich sinnvollen (und somit vorteilhaften) Einsatzes in Richtung der Bewertungen der konventionell angetrieben Fahrzeuge entwickelt. Die Bewertungsergebnisse der konventionellen Technologie sind in allen Szenarien bzgl. ihres Nutzens unverändert, da sie als Referenz für die Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität dienen. Jedoch verändern sich die Kosten je Nutzenpunkt unter den in den Szenarien getroffenen Annahmen negativ.

[255] Eigene Darstellung

7.1 Sensitivitäten

Aufgrund der Struktur des in dieser Arbeit entwickelten Bewertungsmodells haben die Wahl der Gewichtungen und Kompensationsfaktoren einen großen Einfluss auf das Bewertungsergebnis (siehe Kapitel 4.3 und 4.5). Da die Kompensationsfaktoren für den im Rahmen dieser Arbeit zu bewertenden Untersuchungsgegenstands festgelegt wurden und nicht veränderlich sind, wird der von ihnen ausgehende Einfluss auf das Bewertungsergebnis nicht betrachtet. Jedoch wurden die Gewichtungen des Leistungs-, Kosten- und Nachhaltigkeitsziels (2. Zielebene) anwendungsfallabhängig erhoben, weshalb ihr Einfluss auf das Bewertungsergebnis nachfolgend betrachtet wird. Grundlage der Betrachtung sind die Rahmenbedingungen des Jahres 2015 und exemplarisch die Anwendungsfälle der

- Lebensmittel-Logistikdienstleister
  (geringer Gesamtnutzwert in 2015; vergleichsweise hohe Leistungsanforderungen an die Elektromobilität; vergleichsweise hohe Gewichtung der Kosten; geringe Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution)
- B2B-Paketdienstleister
  (höchster Gesamtnutzwert in 2015; vergleichsweise geringe Leistungsanforderungen an die Elektromobilität; im Vergleich geringe Gewichtung der Kosten; hohe Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution).

Zur Untersuchung des Einflusses der Gewichtung des Leistungsziels auf den Gesamtnutzwert wird die Gewichtung dieses Ziels auf der 2. Zielebene stufenweise verändert. Die Relation der Gewichtung der beiden anderen Ziele auf der 2. Zielebene wird beibehalten. Die Sensitivität des Gesamtnutzwerts auf eine zunehmende Gewichtung des Leistungsziels zeigt, dass bei einem Anwendungsfall, in welchem die Leistungsanforderungen durch die Elektromobilität verhältnismäßig gut erfüllt werden (bspw. B2B-PDL,), der Gesamtnutzwert der Bewertung mit zunehmender Gewichtung des Leistungsziels steigt. Der gegenteilige Zusammenhang konnte für einen Anwendungsfall, welcher hohe Leistungsanforderungen an die Elektromobilität stellt die nicht erfüllt werden (L-LDL), identifiziert werden. Mit zunehmender Gewichtung des Leistungsziels entwickelt sich der Gesamtnutzwert der Bewertung in diesem Fall negativ.

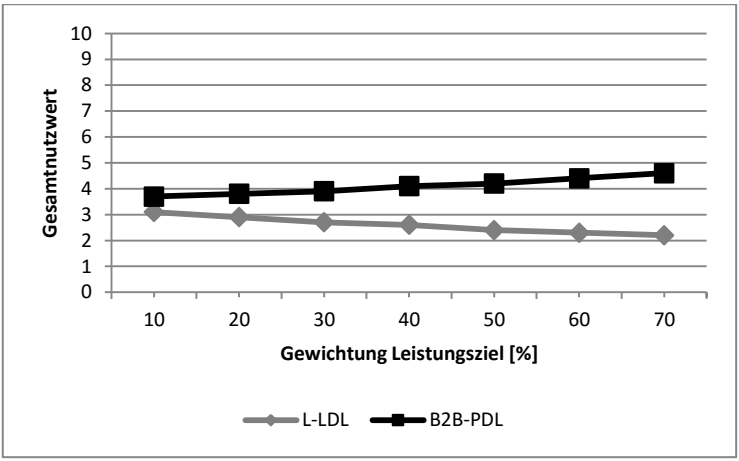


Abbildung 52: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der veränderten Gewichtung des Leistungsziels[256]

Die Leistungsparameter der Elektromobilität haben somit in ihrer Gewichtung einen nachweisbaren Einfluss auf den Gesamtnutzwert der Bewertung. Nachfolgend wird die weitere Betrachtung des Einflusses einzelner Bewertungskriterien der funktionellen Gruppe des Leistungsziels vorgenommen.

Der Einfluss der Gewichtung des Kostenziels auf den Gesamtnutzwert gestaltet sich tendenziell negativ, was an der in 2015 nachteiligen Kostenbilanz der Elektromobilität liegt. Mit zunehmender Gewichtung des Kostenziels verringert sich im beispielhaft betrachteten Fall der B2B-PDL der Gesamtnutzwert, da die verhältnismäßig vorteilhaften Teilnutzwerte des Leistungs- und Nachhaltigkeitsziels entsprechend weniger stark gewichtet werden. Im Fall der L-LDL gestaltet sich die Kostenbilanz der Elektromobilität in 2015 ebenso nachteilig, jedoch sind die Teilnutzwerte des Leistungs- und Nachhaltigkeitsziels in 2015 ebenfalls verhältnismäßig niedrig, sodass eine stärkere Gewichtung der Kosten den Gesamtnutzwert nicht verändert.

[256] Eigene Darstellung

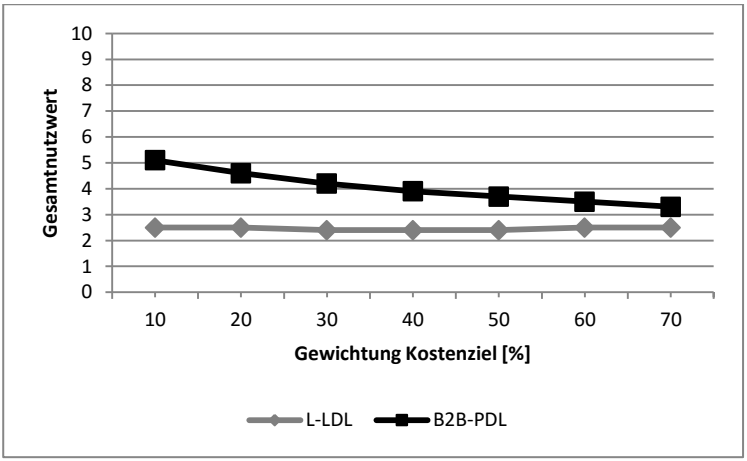


Abbildung 53: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der veränderten Gewichtung des Kostenziels[257]

Bei einer nachteiligen Kostenbilanz der Elektromobilität wirkt eine stärkere Gewichtung des Kostenziels negativ auf den Gesamtnutzwert. Bei einer vorteilhaften Kostenbilanz gestaltet sich dieser Zusammenhang andersherum. Die weitere Betrachtung des Einflusses einzelner Bewertungskriterien der funktionellen Gruppe des Kostenziels wird nachfolgend vorgenommen.

Eine zunehmende Gewichtung des Nachhaltigkeitsziels beeinflusst den Gesamtnutzwert der Bewertung in allen betrachteten Anwendungsfällen positiv. Da die Elektromobilität die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution besser bedienen kann als die Referenztechnologie, und gleichzeitig bzgl. der Emissionen in allen betrachteten Szenarien vorteilhafte Teilnutzwerte erzeugt, steigt mit zunehmender Gewichtung des Nachhaltigkeitsziels der Gesamtnutzwert signifikant an. Eine zunehmende Betonung von Nachhaltigkeit im Zielsystem der betrachteten Anwendungsfälle lässt sich daher als starker Treiber für den Einsatz von Elektromobilität in der Distribution identifizieren.

[257] Eigene Darstellung

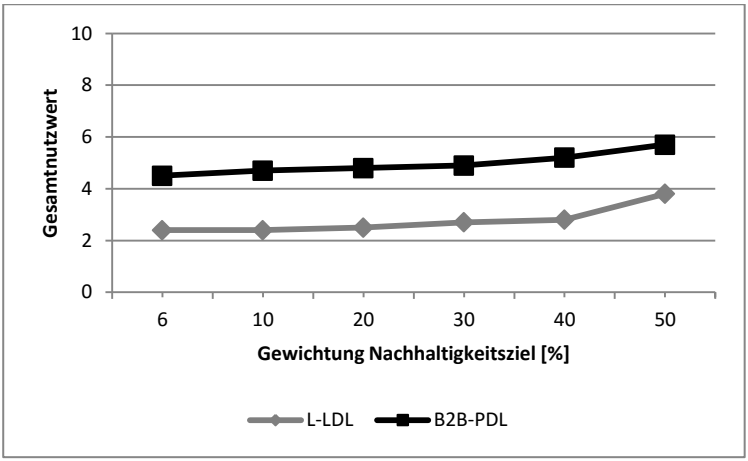


Abbildung 54: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der veränderten Gewichtung des Nachhaltigkeitsziels[258]

Die weitere Betrachtung des Einflusses einzelner Bewertungskriterien der funktionellen Gruppe des Nachhaltigkeitsziels wird nachfolgend vorgenommen indem die Sensitivitäten des Gesamtnutzwerts auf die veränderten Zielerträge der Bewertungskriterien der Elektromobilität betrachtet werden.

Es zeigt sich, dass veränderte Zielerträge der Reichweite und Ladedauer von batterieelektrischen Fahrzeugen weder einzeln noch gemeinsam einen nachweisbaren Einfluss auf den Gesamtnutzwert der Bewertung haben. Dies liegt vor allem an den bei der Wertsynthese festgelegten Kompensationsfaktoren p_{41} (= 1,2), p_{31} (= 5) und p_{21} (= 5) in der funktionellen Gruppe des Leistungsziels, welche eine Kompensation nachteiliger Nutzlast-Bewertungen verhindern.[259] Dies bedeutet, dass die Zielerträge der Elektromobilität hinsichtlich der Reichweite, Ladedauer und Nutzlast vorteilhaft ausfallen müssen, um den Gesamtnutzwert positiv zu beeinflussen.

[258] Eigene Darstellung
[259] Vgl. Kapitel 4.5

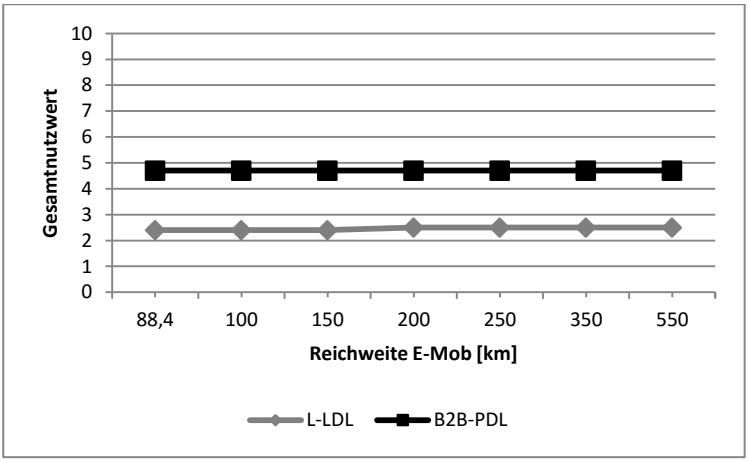


Abbildung 55: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Reichweite der Elektromobilität[260]

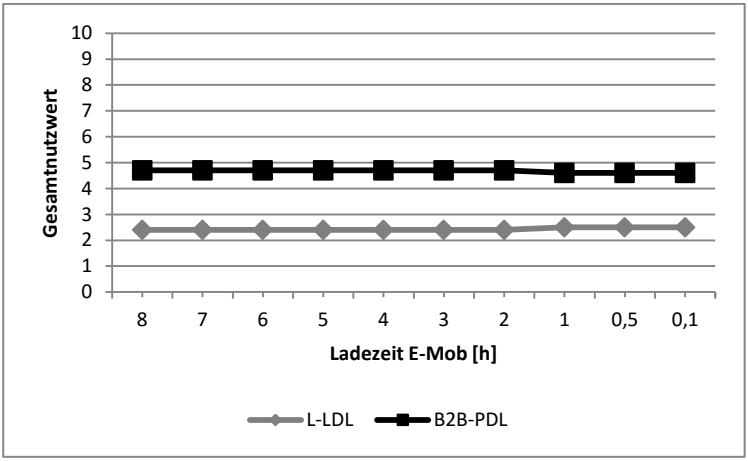


Abbildung 56: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Ladezeit der Elektromobilität[261]

[260] Eigene Darstellung
[261] Eigene Darstellung

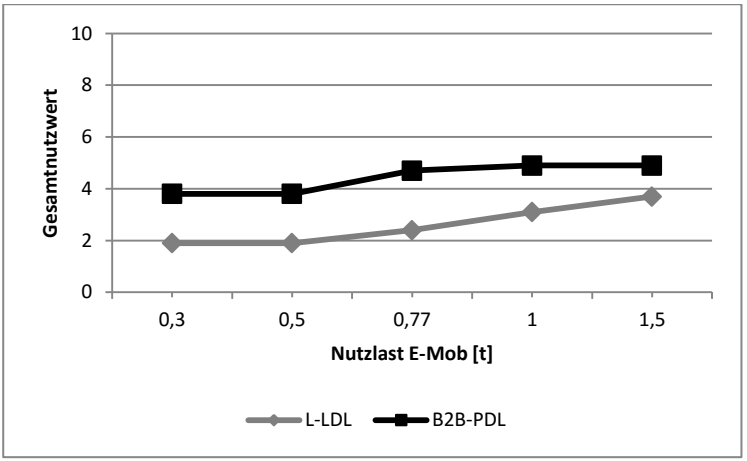


Abbildung 57: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Reichweite und Ladezeit (gemeinsam) der Elektromobilität[262]

Im Rahmen des entwickelten Bewertungsmodells besitzt der Zielertrag der Nutzlast der Elektromobilität einen signifikanten Einfluss auf den Gesamtnutzwert der Bewertung. Die Nutzlast wird bei der Wertsynthese des Teilnutzwerts des Leistungsziels (2. Zielebene) auf der 3. Zielebene anwendungsfallabhängig gewichtet. Der positive Einfluss auf den Gesamtnutzwert nimmt mit steigender Gewichtung der Nutzlast zu (siehe Abbildung 57). Trotz des Kompensationsfaktors p_{21} (= 5) ist der Einfluss des Zielertrags der Nutzlast evident. Dieser Zusammenhang, dass der Nutzen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der batterieelektrischen Fahrzeuge stärker durch die Nutzlast als durch die verfügbare Reichweite oder benötigte Ladedauer determiniert wird, ist hinsichtlich des Untersuchungsgegenstands des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution nachvollziehbar. Eine Batterieleistung, welche es ermöglicht, die geforderten Nutzlasten zu befördern, wird auch entsprechende Reichweiten zulassen, da beide Bewertungskriterien durch die Leistungsfähigkeit der Batterie determiniert werden. Um abzuschätzen, welche Batterieleistung im konkreten Anwendungsfall benötigt wird, eignet sich nach Überprüfung der Sensitivitäten des Gesamtnutzwerts bzgl. der Leistungsparameter eher die Nutzlast als Indikator, als die Reichweite eines batterieelektrischen Fahrzeugs.

[262] Eigene Darstellung

Die Veränderung der Zielerträge der Anschaffungs- und Infrastrukturkosten batterieelektrischer Fahrzeuge besitzen einzeln und gemeinsam einen messbaren Einfluss auf den Gesamtnutzwert der Bewertung. Beide Bewertungskriterien verwenden bei der Wertsynthese verhältnismäßig geringe Kompensationsfaktoren ($p_{43} = 2$; $p_{32} = 2$). Es zeigt sich, dass besonders das Delta der Anschaffungskosten beider Technologien einen erheblichen Einfluss auf das Bewertungsergebnis des Kostenziels hat. Die Infrastrukturkosten werden hingegen weniger stark gewichtet und besitzen daher nur einen leichten Einfluss auf den Gesamtnutzwert der Bewertung.

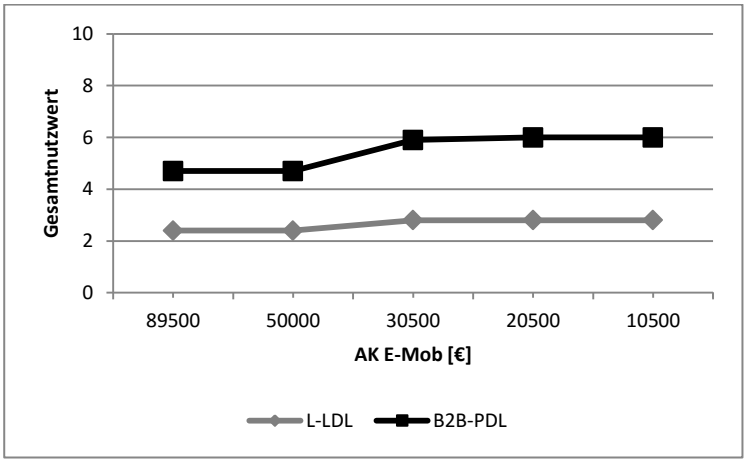


Abbildung 58: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Anschaffungskosten der Elektromobilität[263]

[263] Eigene Darstellung

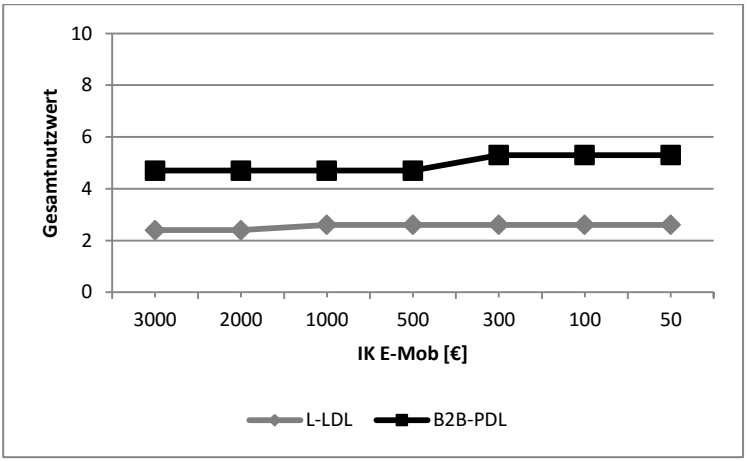


Abbildung 59: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Infrastrukturkosten der Elektromobilität[264]

Der Einfluss der gemeinsamen Veränderung der Zielerträge der Anschaffungs- und Infrastrukturkosten fällt deutlicher aus, da beide Bewertungskriterien einen gleichgerichteten Einfluss auf den Gesamtnutzwert besitzen. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass die Anschaffungskosten der hauptsächliche Treiber dieses Zusammenhangs sind.

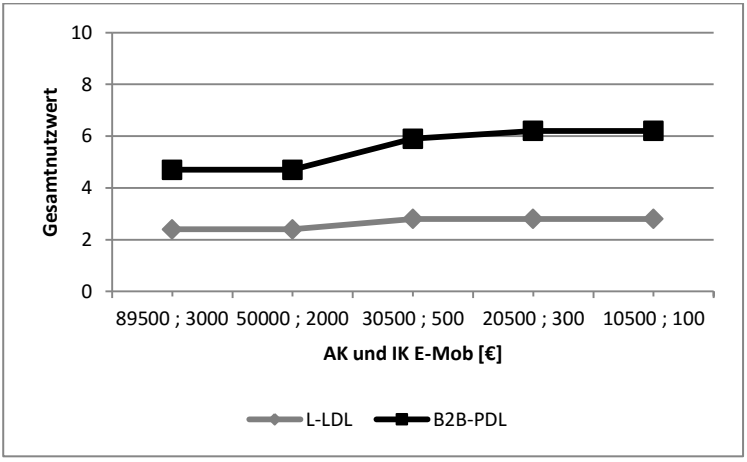


Abbildung 60: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. veränderter Zielerträge der Reichweite und Ladezeit (gemeinsam) der Elektromobilität[265]

[264] Eigene Darstellung

Die Betriebskosten wurden ebenfalls bzgl. ihres Einflusses auf den Gesamtnutzwert untersucht. Gemäß der Berechnungsvorschrift der Betriebskosten werden diese ausschließlich durch die Höhe der Stromkosten beeinflusst, da die Nutzungsdauer und der Verbrauch im spezifischen Anwendungsfall für die Fahrleistung gegeben sind. Zur Untersuchung der Sensitivität des Gesamtnutzwerts auf veränderte Betriebskosten der Elektromobilität wurde daher der Strompreis variiert.

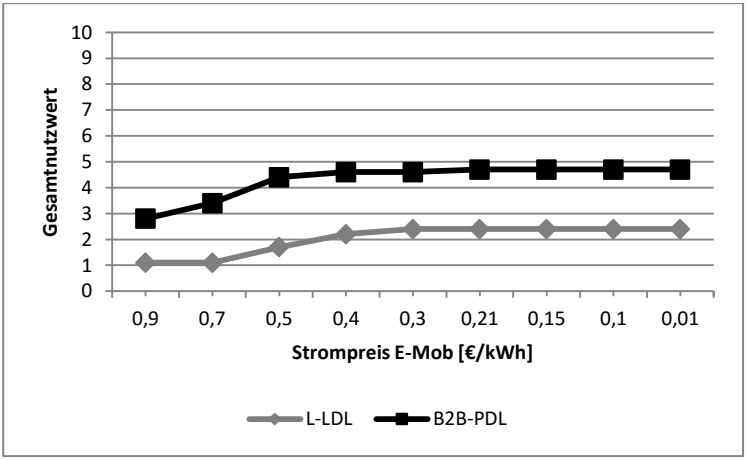


Abbildung 61: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der Veränderung des Strompreises[266]

Es zeigt sich, dass der Strompreis über die Betriebskosten einen Einfluss auf den Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution besitzt. Jedoch ist dieser Einfluss ab dem Punkt, an welchem die Betriebskosten der Elektromobilität geringer sind als die Betriebskosten des konventionell dieselbetriebenen Fahrzeugs eine Begrenzung, da sich der Teilnutzwert ab diesem Punkt aufgrund der Zielfunktion der Betriebskosten (Kapitel 4.4) oberhalb des Teilnutzwerts der Referenztechnologie befindet. Gemäß Formel 5 werden zur Ermittlung des erwähnten Break-Even Punkts die Betriebskosten beider Technologien gleich gesetzt. Anschließend wird die Gleichung nach dem Strompreis aufgelöst.

[265] Eigene Darstellung
[266] Eigene Darstellung

$$
\begin{aligned}
& Jahreskilometer\ [km] \\
* \quad & Nutzungsdauer\ [a] \\
* \quad & Verbrauch\ EMob\ \left[\frac{kWh}{km}\right] \\
* \quad & Strompreis\ \left[\frac{€}{kWh}\right] \\
+ & \begin{pmatrix} (Nutzungsdauer\ [a] - 5) \\ * KFZ\ Steuer[€] \\ +Wartungs\ \ Reparaturkosten\ [€] \\ * Nutzungsdauer\ [a] \end{pmatrix}
\end{aligned}
$$

$$
=
$$

$$
\begin{aligned}
& Jahreskilometer\ [km] \\
* \quad & Nutzungsdauer\ [a] \\
* \quad & Verbrauch\ Diesel\ \left[\frac{l}{km}\right] \\
* \quad & Dieselpreis\ \left[\frac{€}{l}\right] \\
+ & \begin{pmatrix} Nutzungsdauer\ [a] \\ * KFZ\ Steuer[€] \\ +Wartungs\ \ Reparaturkosten\ [€] \\ * 1{,}5 \\ * Nutzungsdauer\ [a] \end{pmatrix}
\end{aligned}
$$

Formel 9: Ermittlung des Break-Even Punkts der Betriebskosten der Elektromobilität und der Referenztechnologie

Für den Fall des L-LDL in 2015 ergibt sich unter Verwendung der getroffenen Annahmen in Kapitel 6.1.1.2 ein Strompreis von 0,337 €/kWh, bei welchem die Betriebskosten der Elektromobilität den Betriebskosten der Referenztechnologie entsprechen. Abbildung 61 ist zu entnehmen, dass ab diesem Punkt der Gesamtnutzwert der Bewertung trotz eines abnehmenden Strompreises unverändert bleibt. Im Anwendungsfall des B2B-PDL ergibt sich unter Verwendung der getroffenen Annahmen in Kapitel 6.1.3.2 ein Strompreis von 0,348 €/kWh, bei welchem die Betriebskosten der Elektromobilität den Betriebskosten der Referenztechnologie entsprechen (ebenfalls Abbildung 61). In Konsequenz bedeutet dies, dass ein Strompreis unterhalb des ermittelten, anwendungsfallabhängigen Break-Even Punkts keinen nachweisbaren Einfluss auf den Gesamtnutzwert der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität besitzt.

In einem letzten Schritt wurden die Sensitivitäten des Gesamtnutzwerts der Bewertung bzgl. der Veränderung der Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution und hinsichtlich der CO_2e-Emissionsvorgaben untersucht. Es zeigt sich, dass die Veränderung des Emissions-Ziels, welches gemäß Kapitel 4.4 für die Ermittlung des Zielwerts des Bewertungskriteriums CO_2e-Emissionen von Bedeutung ist, keinen Einfluss auf den Gesamtnutzwert hat.

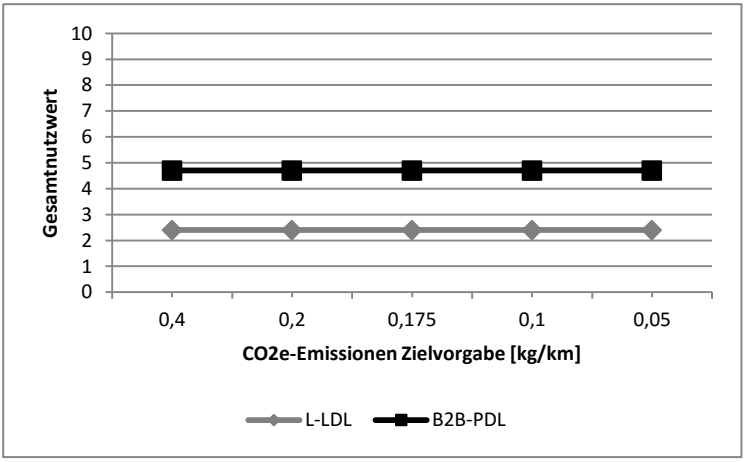


Abbildung 62: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der Veränderung des Emissions-Ziels[267]

Ähnlich verhält sich die Sensitivität des Gesamtnutzwerts der Bewertung gegenüber einer Veränderten Bewertung der Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution.

[267] Eigene Darstellung

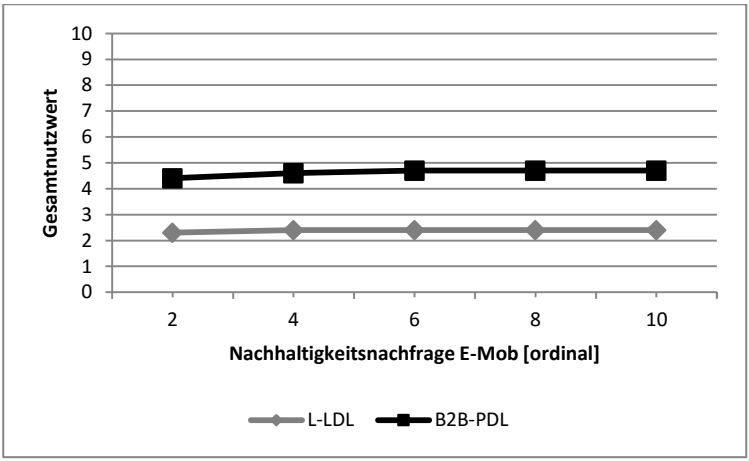


Abbildung 63: Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der Veränderung der Nachhaltigkeitsnachfrage[268]

Der Einfluss der Bewertung der Nachhaltigkeitsnachfrage steigt mit der Gewichtung des Nachhaltigkeitsziels im Zielsystem des Anwendungsfalls (siehe Bsp. B2B-PDL). Zusammenfassend ist zu erkennen, dass die Zielwerte der Bewertungskriterien CO2e-Emissionen und Nachhaltigkeitsnachfrage keinen signifikanten Einfluss auf die Ausprägung des Gesamtnutzwerts besitzen.

Die nachfolgende Wortwolke visualisiert die Stärke des Einflusses der Zielwerte aller im Bewertungsmodell verwendeten Kriterien (4. Zielebene) und Gewichtungen (2. Zielebene) auf die Ausprägung des Gesamtnutzwerts.

Abbildung 64: Wortwolke Sensitivitäten[269]

Es zeigt sich, dass der Gesamtnutzwert der Bewertung besonders sensitiv auf eine Erhöhung der Nutzlast, auf die sinkenden Anschaffungskosten und

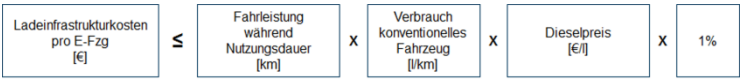
[268] Eigene Darstellung
[269] Eigene Darstellung

die steigende Gewichtung von Nachhaltigkeitskennzahlen im Zielsystem des Anwenders reagiert. Ein leicht positiver Einfluss geht darüber hinaus von sinkenden Ladeinfrastruktur- und Betriebskosten aus. Zusätzlich konnte nachgewiesen werden, dass eine zunehmende Gewichtung von Kostenkennzahlen – in Anhängigkeit vom Anwendungsfall und den verwendeten Kostengrößen – negativ auf den Gesamtnutzwert wirkt.

7.2 Indikator für den Einsatz von Elektromobilität in der Distribution

Die vergleichende Betrachtung aller bewerteten Anwendungsfälle in 2015 und in den Szenarien 2030 I und 2030 II weist auf einen Indikator hin, welcher potenziellen Anwendern von Elektromobilität in der Distribution eine ungefähre Abschätzung ermöglicht, ob Elektromobilität in ihrer Distribution technisch-wirtschaftlich sinnvoll anwendbar ist.

Wenn die Ladeinfrastrukturkosten eines batterieelektrischen Fahrzeugs in einem gegebenen Anwendungsfall gleich oder geringer sind als die Infrastrukturkosten eines konventionell, dieselbetriebenen Fahrzeugs, dann empfiehlt sich für diesen Anwender eine detaillierte Überprüfung des Elektrofahrzeugeinsatzes. Häufig, so zeigen es die Ergebnisse dieses Bewertungsmodells, kann Elektromobilität mit Nutzenvorteilen in der Distribution eingesetzt werden, sobald diese Bedingung erfüllt ist. Angelehnt an Formel 3 lässt sich die formulierte Bedingung, welche den Indikator ausmacht, wie folgt beschreiben:



Formel 10: Indikator für den technisch-wirtschaftlich sinnvollen Einsatz von Elektromobilität in der Distribution[270]

Dieser Indikator umfasst auf der einen Seite die Kosten für die Ladeinfrastruktur eines batterieelektrischen Fahrzeugs, welche sich aus der Anschaffung und Installation der Ladeinfrastruktur ergeben.[271] Auf der anderen Seite setzen sich die im Bewertungsmodell verwendeten Infrastrukturkosten konventioneller Fahrzeuge aus einem Prozent des Produkts der an-

[270] Eigene Darstellung

[271] Hierbei ist es wichtig die Ladeinfrastrukturkosten pro Ladepunkt zu verwenden. Viele Ladesäulen besitzen mehr als einen Ladepunkt. Die Ladeinfrastrukturkosten umfassen die Kosten für die technische Infrastruktur sowie für die Kosten für Installation und Anschluss der technischen Infrastruktur.

wendungsfallabhängig Fahrleistung, des kilometerabhängigen Dieselverbrauchs und des Dieselpreises zusammen. Auf diese Weise kann der Indikator anwendungsfallabhängig als Bemessungsbasis herangezogen werden, welche unmittelbar den aktuellen Dieselpreis und die zurückgelegten Kilometer berücksichtigt. Mit zunehmender Fahrleistung steigen die Infrastrukturkosten in Abhängigkeit vom Dieselpreis an. Dies führt dazu, dass die Bedingung des Indikators bei tendenziell hohen Fahrleistungen und einem hohen Dieselpreis erfüllt ist. Damit werden die Betriebskostenvorteile der Elektromobilität bei hohen Fahrleistungen berücksichtigt und, über die Höhe der Dieselkosten, auch gesellschaftliche Rahmenbedingungen. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass die Höhe des Dieselpreises den gesellschaftlichen Handlungsdruck hinsichtlich nachhaltigen Handelns wiederspiegelt, welcher wiederum Einfluss auf die Entwicklungsgeschwindigkeit von Batterietechnologien, die kundenseitige Nachhaltigkeitsnachfrage sowie auf die Anschaffungskosten von batterieelektrischen Fahrzeugen hat.

In nahezu allen im Rahmen dieser Arbeit bewerteten Anwendungsfällen zeigt sich die Bedingung des Indikators stets bei einem Gesamtnutzwert der Elektromobilität ≥ 7 erfüllt. Eine Ausnahme bildet der Anwendungsfall der Kurier- und Expressdienstleister im Szenario 2030 I, bei welchem die Bedingung mit einer Differenz von 14 € nicht erfüllt wird.[272] Die Ursache ist in den in diesem Anwendungsfall und Szenario niedrigen Jahresfahrleistungen zu sehen.

7.3 Implikationen auf die Lebensmittel-Distribution

Exemplarisch wurden für die Lebensmittel-Distribution in dieser Arbeit zwei Anwendungsfälle betrachtet, der stationäre Lebensmitteleinzelhandel und Lebensmittel-Logistikdienstleister.

Die im Lebensmitteleinzelhandel tätigen Handelsunternehmen verantworten ihre Distribution bereits heute zu großen Teilen selbst. Zukünftig wird sich die Nachfrage der Verbraucher in den Ballungsgebieten konzentrieren, in welchen die Handelsunternehmen ein dichteres Netz an Handelsfilialen aufbauen werden. Aufgrund von räumlichen und baulichen Begrenzungen ist eine Vielzahl dieser Filialen im Innenstadtgebiet kleiner dimensioniert

[272] Im Anwendungsfall der Kurier- und Expressdienstleister im Szenario 2030 I wird die Indikatorbedingung knapp mit 500 € (Ladeinfrastrukturkosten Elektromobilität) zu 486 € (Infrastrukturkosten Diesel) bei einem Gesamtnutzwert des Einsatzes von Elektromobilität von 8,4 nicht erfüllt.

und bietet den Kunden nicht das gesamte Vollsortiment. Durch eine sich verändernde Kundennachfrage werden sich die Frequenzen der Filialbelieferung erhöhen, sodass eine Handelsfiliale zukünftig mehrfach täglich beliefert wird. Dies gewährleistet, trotz eines verkleinerten Sortiments und fehlender Lagerflächen in den Handelsfilialen, die hohe Verfügbarkeit und Frische der Waren. Um ein im städtischen Gebiet dichter werdendes Filialnetz in zunehmender Frequenz mit Waren zu versorgen, bietet der Einsatz von Elektromobilität den Unternehmen zukünftig Vorteile. Durch fehlende lokale CO_2e-Emissionen und geringe Lärmemissionen lassen sich Flexibilitätsvorteile, sowohl bzgl. des tageszeitlichen Einsatzes als auch bzgl. der räumlichen Zugangsmöglichkeiten, realisieren. Da bei höheren Lieferfrequenzen tendenziell kleinere Fahrzeuge eingesetzt werden können, welche im Innenstadtgebiet flexibler manövrieren, wird die Elektromobilität bereits bei verhältnismäßig kleinen Leistungsverbesserungen (im Vergleich zu 2015) technisch einsetzbar. Im ländlichen Gebiet wird sich die Dichte der Filialen – und somit auch die Distanzen in der Distribution – nur geringfügig verändern, jedoch werden auch hier die Lieferfrequenzen zur Gewährleistung einer hohen Servicequalität tendenziell ansteigen. Um bei der Versorgung der Filialen eine kurze Wiederbeschaffungszeit zu realisieren, könnten Handelsunternehmen zukünftig dazu übergehen, größere Ballungsgebiete aus räumlich nahen Regional- oder Satellitenlagern zu versorgen. Dies senkt die Distanzen in der Distribution und reduziert die Lieferzeiten, wodurch die Distribution – abhängig von den technologischen Weiterentwicklungen der Elektromobilität – vollständig elektromobil, wirtschaftlich sinnvoll umgesetzt werden kann.

Elektromobilität wird zukünftig nicht nur aufgrund der durch die Kundennachfrage getriebenen, sich ändernden Struktur- und Leistungsparameter der Distribution technisch-wirtschaftlich sinnvoll einsetzbar, die Technologie besitzt auch das Potenzial den kundenseitig wachsenden LOHAS Anforderungen zu begegnen. Bereits heute zeigen Studien im Handel, dass bzgl. der Kundenpräferenzen im Lebensmittelbereich „regional“ vor „bio“ kommt.[273] Regional erzeugte Lebensmittel werden von den Kunden gegenüber nachhaltig erzeugten Lebensmitteln präferiert. Beide Trends greifen Aspekte der Nachhaltigkeit auf und bewegen sich somit in einem Themenfeld, in welchem auch eine elektromobile, nachhaltige Distribution zu einem Wettbewerbsfaktor werden kann. Bzgl. der in dieser Arbeit entwi-

[273] Vgl. A.T. Kearney (2013); vgl. A.T. Kearney (2014)

ckelten Szenarien zeigt sich, dass die Technologie der Elektromobilität in diesem Anwendungsfall zukünftig mit steigendem Nutzen zu gleichzeitig sinkenden Kosten (im Vergleich zu 2015) eingesetzt werden kann. Hinzu kommt, dass eine zunehmende Filialdichte in Innenstadtgebieten auch das Risiko der Regulierung des Innenstadtzugangs (bspw. City-Maut, Umweltzonen, Zugangsbeschränkungen) für das Unternehmen erhöht. Durch den Einsatz von Elektromobilität kann ein Unternehmen diesem Risiko begegnen. Die Bewertungen dieses Anwendungsfalls zeigen, dass das zukünftige Potenzial des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel verhältnismäßig groß ist. Zunehmende Kundenerwartungen und Flexibilitätsanforderungen werden den Einsatz von Elektromobilität mittel- bis langfristig zur prädestinierten Distributionslösung für Ballungsgebiete werden lassen, während im ländlichen Gebiet konventionell angetriebene Fahrzeuge aufgrund ihrer Leistungsmerkmale (hohe Nutzlasten und Reichweiten, keine infrastrukturellen Veränderungen) auch zukünftig noch vermehrt eingesetzt werden.

Ein weiteres Potenzial der Elektromobilität ist die Kompatibilität dieser Technologie hinsichtlich neuer, sich bereits heute abzeichnender Geschäftsmodelle. Derzeit werden in Deutschland, im Vergleich zu anderen Ländern, nur wenige Lebensmittel online gekauft. Gemäß der getroffenen Eingrenzungen dieser Arbeit wurde dieser Fall im Rahmen des B2C-Anwendungsfalls betrachtet. Es ist jedoch denkbar, dass diese Distributionsaktivitäten zukünftig von den Handelsunternehmen übernommen werden. Sie besitzen mit ihren Filialen bereits kundennahe „Versandstandorte“ und können im Rahmen hoher Lieferfrequenzen in der Filialbelieferung die Zustellung von Lebensmitteln (aus den Filialen an die Verbraucher) als Dual-Use-Case der Elektromobilität einsetzen. Elektromobile Fahrzeuge befinden sich somit tagsüber (und abends) entweder in der Filial- oder Kundenbelieferung. Dies erhöht die Auslastung der Fahrzeuge und beeinflusst die Wirtschaftlichkeit der Elektromobilität positiv.

Die nachfolgende Abbildung gibt die Bewertungsergebnisse des Einsatzes von Elektromobilität im Anwendungsfall des stationären Lebensmitteleinzelhandels wieder.

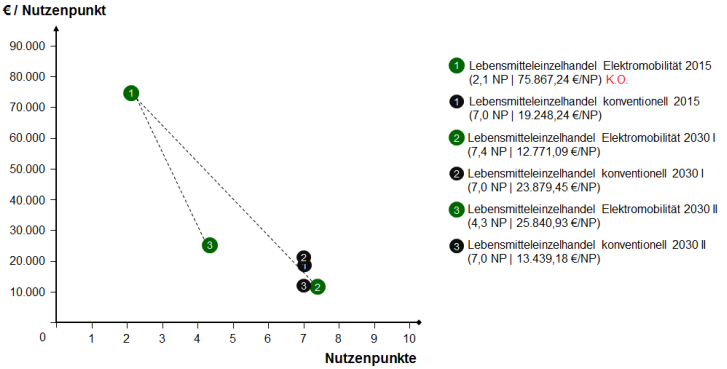


Abbildung 65: Bewertungsergebnisse stationärer Lebensmitteleinzelhandel[274]

Es zeigt sich, dass der Einsatz von Elektromobilität im Lebensmitteleinzelhandel zukünftig mit Nutzenvorteilen und erheblichen Kostenvorteilen einhergeht. Das zukünftige Potenzial der Elektromobilität in diesem Anwendungsfall ist als mittel bis hoch zu bezeichnen. Die Gründe dafür liegen in sich bereits heute abzeichnenden Verbrauchertrends, welche die Logistikanforderungen des Anwendungsfalls zukünftig verändern werden. Höhere Lieferfrequenzen, abnehmende Distanzen in der Distribution (insb. In Ballungsgebieten durch eine erhöhte Stufigkeit der Distribution), erhöhte Flexibilitäts- und Nachhaltigkeitsanforderungen sind dabei die Treiber, welche den Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge in der Distribution dieses Anwendungsfalls begünstigen werden.

[274] Eigene Darstellung

Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel

Pro BEV-Technologie	Contra BEV-Technologie	Anforderungen an BEV-Technologie
■ Technologie im Segment der 3,5 t-Nutzfahrzeuge bereits 2015 im urbanen Gebiet einsetzbar ■ Erfüllung der LOHAS-Anforderungen der Endkunden	■ Nutzlast und Reichweite nur im Szenario 2030 I – Fortschritt ausreichend, um BEV im Anwendungsfall vollumfänglich einzusetzen	■ Realisierung von Reichweiten von ca. 400 km ■ Verfügbarkeit von einsatzfähigen 7,5 t und 12 t Fahrzeugen mit entsprechender Nutzlast ■ Realisierung geringer Ladedauern

Logistikanforderungen in 2030	Urbane Gebiete
■ Hohe Lieferfrequenzen in der Distribution, um um Verfügbarkeit und Qualität der Waren zu gewärleisten ■ Kurze Wiederbeschaffungszeiten ■ Hohe Filialdichte in Ballungsgebieten ■ Einsatz tendenziell kleinerer Fahrzeuge (≤ 12 t) ■ Kundenseitige LOHAS-Anforderungen betreffen neben den Produkten auch die dazugehörigen Logistikdienstleistungen ■ Kombination von stationärem und online Lebensmitteleinzelhandel – Verknüpfung „herkömmlicher" Distribution mit neuen Geschäftsmodellen/Logistik-Services für den Endkunden – Filialen als kundennahe Versandstandorte	■ Versorgung von Ballungsgebeiten aus Regional- oder Satellitenlägern ■ Einsatz von Fahrzeugen mit geringen lokalen CO_2e- und Lärmemissionen (Flexibilitätsvorteile, Risikodiversifikation)
	Ländliche Gebiete
	■ Filialdichte wird weniger stark zunehmen als in Ballungsgebieten ■ Konventionell angetriebene Fahrzeuge bleiben Bestandteil der Distribution

Abbildung 66: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel[275]

Im Vergleich zum stationären Lebensmitteleinzelhandel haben die Bewertungen gezeigt, dass die auf die Distribution von Lebensmitteln spezialisierten Logistikdienstleister aufgrund der hohen Leistungs- und Kostenanforderungen (hohe Reichweiten, hohe Nutzlasten, hohe Lieferfrequenzen, verhältnismäßig hoher Kostendruck, geringe Gewichtung von Nachhaltigkeit im Zielsystem) zukünftig geringere Möglichkeiten besitzen werden, Elektromobilität technisch- wirtschaftlich sinnvoll einzusetzen. Bei den Kunden dieser Logistikdienstleister handelt es sich vermehrt um Nahrungsmittelproduzenten, mit geringem Kontakt zum Endkunden. Somit sind die vom Endkunden ausgehenden Trends für Lebensmittel-Logistikdienstleister erst relevant, wenn ihre Kunden (z. B. Lebensmittelproduzenten) diese aufgreifen. Eine nachhaltige Distribution von Lebensmitteln im Rahmen der Wertschöpfungskette hat für den Verbraucher derzeit (sowie im Szenario 2030 II) nur eine geringe Bedeutung, die Qualität der Erzeugnisse steht im Mittelpunkt. Der Einfluss der Verbraucher-Trends auf die Struktur- und Leistungsparameter der Distribution in diesem Anwendungsfall ist daher gering. Zusätzlich kommen die Nachhaltigkeitsvorteile der Elektromobilität in diesem Anwendungsfall kaum zum Tragen. Für den Einsatz von Elektromobilität ist es daher für Lebensmittel-Logistikdienstleister von Bedeutung, dass elektromobile Fahrzeuge Kostenvorteile gegenüber konventionellen Fahrzeugen besitzen, bei gleichzeitiger Erfüllung der hohen Leistungsanforderungen. Der Anwendungsfall der Lebensmittellogistik-

[275] Eigene Darstellung

dienstleister stellt gemäß den durchgeführten Bewertungen die höchsten Anforderungen aller Anwendungsfälle in Bezug auf Reichweite, Nutzlast, Ladedauer, Transportanforderungen der Waren und Kosten. Die Bewertungsergebnisse des Anwendungsfalls Lebensmittel-Logistikdienstleister zeigen, dass Elektromobilität in diesem Fall am wenigsten vorteilhaft anwendbar ist, und dass der Gesamtnutzwert maßgeblich von der Kostenstruktur der Elektromobilität und ihrer Leistungsparameter abhängt.
Die nachfolgende Abbildung gibt die Bewertungsergebnisse des Einsatzes von Elektromobilität im Anwendungsfall von Lebensmittel-Logistikdienstleistern wieder.

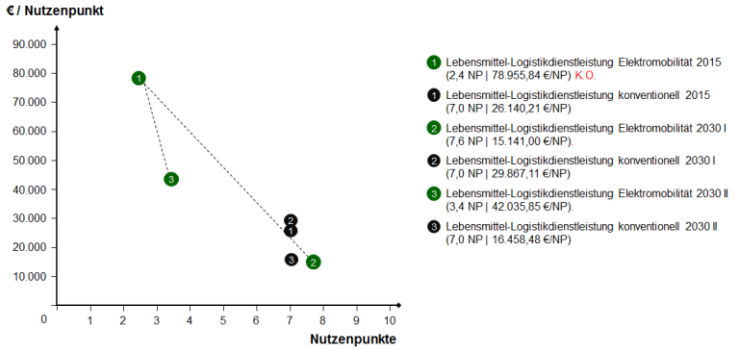


Abbildung 67: Bewertungsergebnisse Lebensmittel-Logistikdienstleister[276]

Es zeigt sich, dass der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution von Lebensmitteln durch Logistikdienstleister zukünftig nur bedingt zu Nutzenvorteilen führt. Hohe Leistungsanforderungen an batterieelektrische Nutzfahrzeuge sowie eine hohe Kostensensibilität der Logistikdienstleister reduzieren das Potenzial des Einsatzes batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in diesem Anwendungsfall. Insbesondere die Nutzlast und Reichweitenanforderungen dieses Anwendungsfalls stellen die zentrale Hürde für den Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge dar. Hinzu kommt, das Aspekten der Nachhaltigkeit im Zielsystem der Anwender auch zukünftig eine geringere Rolle zukommt als in anderen untersuchten Anwendungsfällen, während die Wirtschaftlichkeit der Distribution verhältnismäßig starke Aufmerksamkeit erfährt. Zusätzlich hat dieser Anwendungsfall nur geringe Berührungen mit urbanen Räumen, welche zukünftig das Potenzial besit-

[276] Eigene Darstellung

zen die vom Anwender eingesetzte Antriebstechnologie aufgrund der dort existierenden regulatorischen Vorgaben zu beeinflussen.

Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel

Pro BEV-Technologie	Contra BEV-Technologie	Anforderungen an BEV-Technologie
■ Technologie im Segment der 3,5 t-Nutzfahrzeuge bereits 2015 im urbanen Gebiet einsetzbar ■ Erfüllung der LOHAS-Anforderungen der Endkunden	■ Nutzlast und Reichweite nur im Szenario 2030 I – Fortschritt ausreichend, um BEV im Anwendungsfall vollumfänglich einzusetzen	■ Realisierung von Reichweiten von ca. 400 km ■ Verfügbarkeit von einsatzfähigen 7,5 t und 12 t Fahrzeugen mit entsprechender Nutzlast ■ Realisierung geringer Ladedauern

Logistikanforderungen in 2030	Urbane Gebiete
■ Hohe Lieferfrequenzen in der Distribution, um um Verfügbarkeit und Qualität der Waren zu gewärleisten ■ Kurze Wiederbeschaffungszeiten ■ Hohe Filialdichte in Ballungsgebieten ■ Einsatz tendenziell kleinerer Fahrzeuge (≤ 12 t) ■ Kundenseitige LOHAS-Anforderungen betreffen neben den Produkten auch die dazugehörigen Logistikdienstleistungen ■ Kombination von stationärem und online Lebensmitteleinzelhandel – Verknüpfung „herkömmlicher" Distribution mit neuen Geschäftsmodellen/Logistik-Services für den Endkunden – Filialen als kundennahe Versandstandorte	■ Versorgung von Ballungsgebeiten aus Regional- oder Satellitenlägern ■ Einsatz von Fahrzeugen mit geringen lokalen CO_2e- und Lärmemissionen (Flexibilitätsvorteile, Risikodiversifikation)
	Ländliche Gebiete
	■ Filialdichte wird weniger stark zunehmen als in Ballungsgebieten ■ Konventionell angetriebene Fahrzeuge bleiben Bestandteil der Distribution

Abbildung 68: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution bei Lebensmittel-Logistikdienstleistern[277]

7.4 Implikationen auf die Fashion-Distribution

Die Fashion-Distribution ist unter allen untersuchten Anwendungsfällen am stärksten von den in den Szenarien beschriebenen Veränderungen der Verbrauchernachfrage (siehe Kapitel 6.2.2 und 6.3.2), betroffen. Zukünftig wird sich die Bekleidungsnachfrage in zunehmendem Maß in Ballungsgebieten konzentrieren, ein Trend, welcher bereits heute durch die Unternehmen beobachtet wird. Logistikdienstleister, welche auf die Distribution von Bekleidung spezialisiert sind, versorgen heute vorrangig große Warenhäuser, welche sich vornehmlich in Innenstadtgebieten befinden. Die Versorgung kleinerer Filialen und Boutiquen wird bereits heute zu großen Teilen von B2B-Paketdienstleistern übernommen, da diese aufgrund ihrer Systemstruktur Skaleneffekte realisieren können und so auch Kunden mit verhältnismäßig geringen Sendungsmengen eine hohe Servicequalität zu geringen Kosten anbieten können. Fashion-Logistikdienstleister können diesen Vorteil der Bündelung von Sendungsmengen und die daraus resultierenden Auslastungsvorteile nicht in gleicher Form realisieren, können ihren Kunden aber eine höhere Individualität der Leistung anbieten. Besonders bei höherwertigen Waren sind zusätzliche Services von Bedeutung (bspw. aufbügeln, etikettieren, verpacken). Hinzu kommt, dass hochwerti-

[277] Eigene Darstellung

ge Bekleidungsartikel häufig nicht kartoniert sondern hängend distribuiert werden und eine spezielle Transportanforderung an den Dienstleister stellen. Die zukünftig anzunehmende Fokussierung der Fashion-Logistikdienstleister auf die besagte Kundengruppe führt in ihrer Konsequenz zu weiter sinkenden Distanzen in der Fashion-Distribution, da nah am Versorgungsgebiet befindliche Lagerstandorte oder Cross-Docks den Fashion-Logistikdienstleistern durch kurze Lieferzeiten eine schnelle Reaktionsfähigkeit und somit Flexibilität in der Fashion-Distribution ermöglichen. Durch zunehmend verkürzte Kollektionszyklen der Handelsunternehmen nehmen die Anforderungen der Kunden von Logistikdienstleistern in diesem Bereich zu. Dies betrifft vorrangig die Erhöhung der Lieferfrequenz, welche zusätzlich auch von den sinkenden Lagerflächen in den Handelsfilialen bzw. Warenhäusern getrieben wird, und die zunehmende Bedeutung des Retouren-Handlings. Der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution von Fashion-Logistikdienstleistern ermöglicht es den Unternehmen, die Nachhaltigkeitsanforderungen ihrer Kunden ebenso wie eventuelle regulatorische Vorgaben zu erfüllen. Speziell letztere sind vor dem Hintergrund der Bündelung der Nachfrage in Ballungsgebieten von Bedeutung, da der Logistikdienstleister zur Versorgung seiner Kunden den Innenstadtzugang auch bei einer sich verändernden Umweltgesetzgebung sicherstellen muss. Der LOHAS-Trend der Endkunden beeinflusst zusätzlich die Nachhaltigkeitsanforderungen, welchen sich der Logistikdienstleister stellen muss. Elektromobilität ermöglicht darüber hinaus die Akzeptanz einer Zustellung zu jeder Tageszeit, was dem Kunden eine hohe Flexibilität in der Wahl der Zeitpunkte seiner Wareneingänge ermöglicht. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Szenarien und die Bewertungen zeigen, dass die Leistungsanforderungen an die Elektromobilität nur in geringem Maß zunehmen werden und die Technologie zukünftig mit Kostenvorteilen einsetzbar wird.

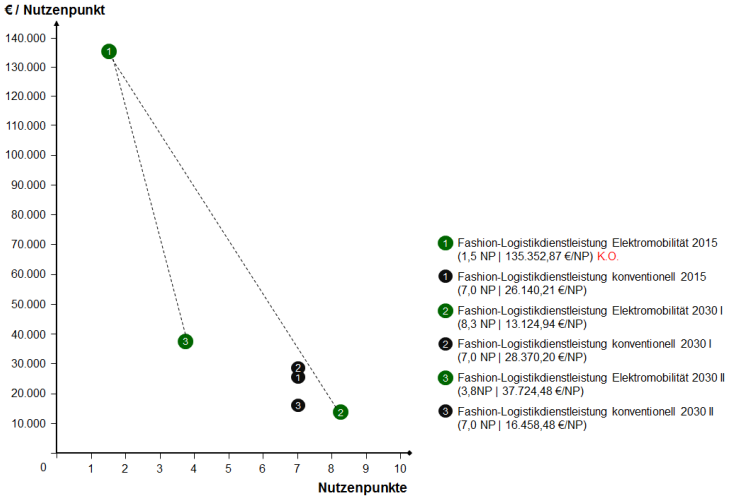


Abbildung 69: Bewertungsergebnisse Fashion-Logistikdienstleister[278]

Da Fashion-Logistikdienstleister in Rahmen von Kooperationen z. T. auch die Gebietsverantwortung in der Versorgung eines Kunden in einer bestimmten Region übernehmen und einem vergleichsweise hohen Differenzierungsdruck im Wettbewerb mit den B2B-Paketdienstleistern ausgesetzt sind, liefert der Einsatz von Elektromobilität das Potenzial zur Realisierung von Nutzen- und Kostenvorteilen. Zusätzlich ermöglicht die Technologie auch die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle, wie bspw. die taggleiche Distribution von Bekleidung zum Endkunden (im Auftrag des Kunden des Logistikdienstleisters) als eine Art „Home-Delivery Service“ von für in Handelsfilialen gekaufte Artikel. Die Bewertungen zeigen, dass der Einsatz von Elektromobilität zukünftig das Potenzial besitzt, zu einem Wettbewerbsfaktor in der Distribution von Bekleidung zu werden, welcher Nutzen- und Kostenvorteile ermöglicht. Von allen untersuchten Anwendungsfällen besitzen die Fashion-Logistikdienstleister - gemäß den Bewertungsergebnissen in dieser Arbeit - das größte Veränderungspotenzial hinsichtlich der anfallenden Kosten je Nutzenpunkt beim Einsatz von Elektromobilität in der Distribution.

[278] Eigene Darstellung

Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Fashion-Distribution

Pro BEV-Technologie	Contra BEV-Technologie	Anforderungen an BEV-Technologie
■ Nachhaltigkeitsanforderungen der Kunden können bedient werden ■ Hohe Flexibilität (insb. In urbanen Gebieten), um kundenindividuellen Anforderungen zu entsprechen ■ Geringe Nutzlastanforderungen des Anwendungsfalls	■ Einsatz wird sich auf Ballungsgebiete beschränken, da die Leistungsanforderungen in ländlichen Gebieten auch zukünftig deutlich höher sind	■ Realisierung von Reichweiten von ca. 400 km ■ Verfügbarkeit von einsatzfähigen 7,5-12 t Fahrzeugen ■ Nutzlast ist keine zentrale Anforderung

Logistikanforderungen in 2030	Urbane Gebiete
■ Spezielle Transportanforderungen (hängende Ware) werden zunehmen ■ Die Bedeutung von Value-Added-Services wird an Einfluss gewinnen ■ Die Distanzen in der Distribution werden durch sich stetig verkürzende Kollektionszyklen abnehmen, die Lieferfrequenzen werden sich gleichzeitig erhöhen ■ Steigende Anforderungen im Rahmen neuer Geschäftsmodelle insb. hins. Retouren-Handling und Home-Delivery (Flexibilität) ■ Nachhaltigkeitsanforderungen steigen (LOHAS der Endkunden)	■ Die Nachfrage nach Fashion-Dirstribution wird sich zukünftig zunehmend in Ballungsgebieten konzentrieren ■ Ballungsgebiete werden zunehmend aus Satellitenläger oder Cross-Docks versorgt
	Ländliche Gebiete
	■ Die Distanzen in der Distribution werden sich z.T. vergrößern, da sich die Senken in urbanen Gebieten konzentrieren werden ■ In ländlichen Gebieten nehmen die Leistungsanforderungen an batterielelektrische Nutzfahrzeuge daher zukünftig weiter zu

Abbildung 70: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Fashion-Distribution[279]

7.5 Implikationen auf die KEP-Distribution

Im Rahmen der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der KEP-Distribution wurden drei Anwendungsfälle untersucht, welche nachfolgend einzeln betrachtet werden.

Kurier- und Expressdienstleister können durch den Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution die Kundennachfrage nach nachhaltiger Distribution erfüllen und gleichzeitig den Innenstadtzugang auch bei einer veränderten Regulierung durch den Gesetzgeber sicherstellen. Da bei den Kurier- und Expressdienstleistern die Fremdvergabequote der Transportdienstleistung jedoch vergleichsweise hoch ist, kann die Elektromobilität in diesem Marktsegment nur bei bestehenden Kostenvorteilen sinnvoll eingesetzt werden. Gleichzeitig stellt die Dynamik der Auftragseingänge (speziell im Kuriersegment) spezielle Leistungsanforderungen an die Technologie hinsichtlich Reichweite und Ladedauer, während die Nutzlast eine eher untergeordnete Rolle spielt. Eine zukünftige Möglichkeit in diesem Segment batterieelektrische Nutzfahrzeuge im urbanen Gebiet einzusetzen, bieten Kleinstfahrzeuge wie bspw. Cargo-e-Bikes, welche jedoch gemäß des Bezugsrahmens dieser Arbeit nicht Bestandteil der Bewertung sind. Diese realisieren jedoch die Nachhaltigkeitsvorteile der Technologie bei deutlich geringeren Kosten und erfüllen in den meisten Fällen die Leistungsanforderungen in der urbanen Distribution.

[279] Eigene Darstellung

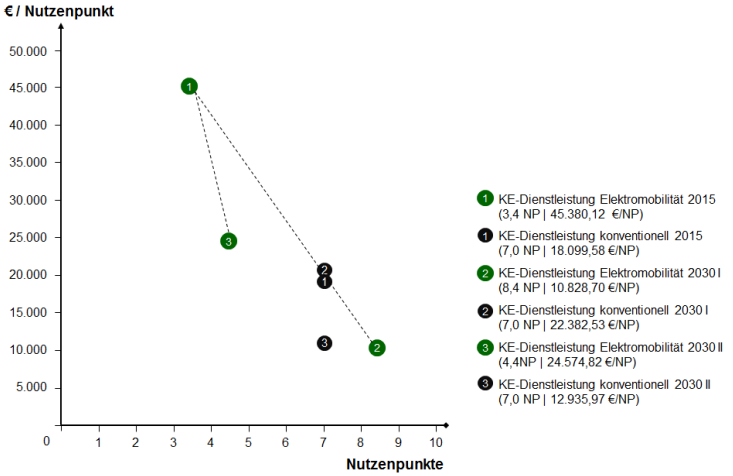


Abbildung 71: Bewertungsergebnisse Kurier- und Expressdienstleister[280]

Die Bewertungsergebnisse zeigen, dass sich batterieelektrische Nutzfahrzeuge bereits heute in diesem Anwendungsfall einsetzen lässt, jedoch derzeit keine Nutzen- und Kostenvorteile bietet. Aufgrund der verhältnismäßig geringen Tourlängen lassen sich Kostenvorteile in diesem Anwendungsfall nur in geringem Maß über die Betriebskosten realisieren, was den Einfluss der Anschaffungskosten erhöht. Gleichzeitig führt eine steigende Gewichtung des Nachhaltigkeitsziels in diesem Marktsegment (getrieben durch eine gleichgerichtete Kundennachfrage) zu einem Nutzenzuwachs durch den Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen. Zukünftig werden in diesem Anwendungsfall die Geschwindigkeit der Distribution mit einer einhergehenden maximalen Flexibilität für den Kunden die zentralen Argumente von Kurier- und Expressdienstleistern im Wettbewerb bleiben. Batterieelektrische Fahrzeuge müssen daher diesen Flexibilitätsanforderungen durch minimale Ladezeiten Rechnung tragen. Nutzlast- und Reichweitenanforderungen werden sich hingegen ggü. 2015 nur geringfügig verändern. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit in Form einer effizienten Konsolidierung von Sendungsmengen können batterieelektrische Fahrzeuge in urbanen Gebieten zukünftig zum vermehrten Einsatz von ortsvariablen City-Hubs beitragen, da dies die Distanzen in der letzten Meile zusätzlich reduziert. Zusätzlich erhöht sich somit die Flexibilität der eingesetzten

[280] Eigene Darstellung

batterieelektrischen Fahrzeuge, da durch die geringeren Distanzen in der Distribution zusätzliche Ladezeitfenster reduziert werden.

Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Kurier- und Expressdienstleistern

Pro BEV-Technologie	Contra BEV-Technologie	Anforderungen an BEV-Technologie
■ Die Technologie ist bereits in 2015 einsetzbar ■ Geringe Nutzlast- und Reichweitenanforderungen des Anwendungsfalls ■ Risikodiversifikation in urbanen Gebieten	■ Durch die geringen Betriebskosten können Kostenvorteile nur über die Anschaffungskosten realisiert werden (Wirtschaftlichkeit) ■ Minimale Ladedauer ist für maximale Flexibilität von Bedeutung	■ Realisierung von Reichweiten von ca. 200 km ■ Verfügbarkeit von einsatzfähigen leichten Nutzfahrzeugen mit Kostenvorteilen ggü. konventionell angetriebenen Fahrzeugen ■ Geringe Ladedauer

Logistikanforderungen in 2030	Urbane Gebiete
■ Hohe Bedeutung von Aspekten der Wirtschaftlichkeit ■ Nachhaltigkeitsanforderungen steigen insb. in urbanen Gebieten ■ Nutzlastanforderungen bleiben gering ■ Hohe Flexibilität um individuelle Kundenwünsche (spontan) erfüllen zu können (bspw. Ort und Zeitpunkt der Zustellung) ■ Geschwindigkeit der Distribution bleibt das zentrale Argument im Wettbewerb ■ In urbanen Gebieten Einsatz ortsvariabler Hubs zur effizienten Konsolidierung von Sendungsmengen (Wirtschaftlichkeit)	■ Die Nachfrage wird sich zukünftig in Ballungsgebieten konzentrieren
	Ländliche Gebiete
	■ Höhere Distanzen in der Distribution führen zu höheren Reichweitenanforderungen

Abbildung 72: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Kurier- und Expressdienstleistern[281]

Im B2B-Segment lassen sich batterieelektrische Nutzfahrzeuge von allen in dieser Arbeit untersuchten Anwendungsfällen bereits heute am sinnvollsten einsetzen, weshalb die Veränderungspotenziale im Vergleich zu anderen Anwendungsfällen eher gering ausfallen. B2B-Paketdienstleister werden, gemäß den entwickelten Szenarien, zukünftig Marktanteile bei der Versorgung von kleinen Handelsfilialen ggü. spezialisierten Logistikdienstleistern hinzugewinnen. Die zu distribuierenden Waren (Konsumgüter) sind in zunehmender Zahl bereits heute kartonierbar und eignen sich daher für die Distributionssysteme der B2B-Paketdienstleister. Mit zunehmenden Distributionsvolumina in ihrem System können die Integratoren im B2B-Segment ihren Kunden eine kostengünstige und standardisierte Distributionsleistung im städtischen und ländlichen Gebiet anbieten. Der Einsatz von Elektromobilität ist vom Standpunkt der Leistungsanforderungen an die Technologie bereits heute möglich. Da auch zukünftig davon ausgegangen werden kann, dass die Dienstleister in diesem Marktsegment Fahrzeuge der Größe 7,5 t einsetzen werden, stellen die Leistungsanforderungen hinsichtlich Reichweite, Ladedauer und Nutzlast kein Hemmnis bzgl. des Einsatzes der batterieelektrischen Technologie dar. Mit einer Verbesserung der Leistungsparameter ist eher davon auszugehen, dass die Dienstleister dieses Anwendungsfalls ihr Geschäftsfeld zukünftig erweitern werden und

[281] Eigene Darstellung

bspw. auch temperaturgeführte Distributionsleistungen anbieten. Zur Realisierung der Kundennachfrage nach höheren Lieferfrequenzen und einer flexiblen sowie zuverlässigen Distribution ist davon auszugehen, dass B2B-Dienstleister zukünftig Satellitenstandorte (bspw. City-Hubs) in unmittelbarer Nähe des Versorgungsgebiets einrichten. Dies ermöglicht es ihnen, zusätzliche Bündelungsvorteile und eine größere Nähe zum Kunden zu realisieren. Die Distanzen in der letzten Meile werden daher im städtischen Gebiet tendenziell abnehmen, was den Einsatz von Elektromobilität generell begünstigt. Im ländlichen Gebiet ist davon auszugehen, dass die Kundennachfrage sich analog entwickeln wird, die Distanzen in der Distribution jedoch tendenziell unverändert bleiben. Die zukünftig zu erwartenden Leistungsparameter der Elektromobilität erfüllen jedoch in beiden Szenarien für 2030 die Anforderungen des Anwendungsfalls im ländlichen Gebiet. Besonders im urbanen Gebiet kommen auch die Nachhaltigkeitsvorteile beim Einsatz von Elektromobilität zum Tragen, da der Innenstadtzugang auch bei einer veränderten Regulierung seitens des Gesetzgebers gewährleistet werden kann. Hinzu kommt, dass der Einsatz von Elektromobilität öffentlichkeitswirksam ist und die Marke des jeweiligen Dienstleisters stärkt.

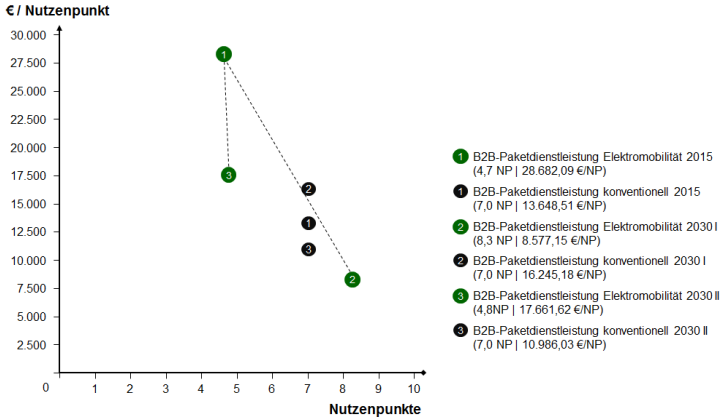


Abbildung 73: Bewertungsergebnisse B2B-Paketdienstleister[282]

Da B2B-Dienstleister bereits heute in Teilen einer integrierten Fuhrparkstrategie folgen und somit die Distribution in weiten Teilen im Selbsteintritt realisieren, können die Dienstleister dieses Anwendungsfalls per-

[282] Eigene Darstellung

spektivisch durch den Einsatz von Elektromobilität weitere Kostenvorteile realisieren. Es ist zukünftig davon auszugehen, dass B2B-Dienstleister verstärkt batterieelektrische Nutzfahrzeuge in der Distribution einsetzen werden, um damit die Grundlast im System effizient zu distribuieren. Die Bewertungsergebnisse zeigen, dass die Kosten für den Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen im B2B-Segment zukünftig sinken werden und der technisch-wirtschaftliche Nutzen des Einsatzes von Elektromobilität bei einer zunehmenden Gewichtung des Nachhaltigkeitsziels steigt. Zusätzlich sind die steigenden Nachhaltigkeitsanforderungen der Kunden ein Treiber des Einsatzes von batterieelektischen Distributionslösungen, sowie die zukünftig unveränderten Nutzlasten in der Distribution. Insbesondere in Innenstadtgebieten stellen batterieelektrische Nutzfahrzeuge zukünftig eine Form der Risikodiversifikation dar, da sich die regulativen Vorgaben in diesen Gebieten mit größerer Wahrscheinlichkeit in Zukunft ändern werden. Zunehmende Lieferfrequenzen bei unveränderten – bzw. im urbanen Gebiet sinkenden – Distanzen in der Distribution, werden zukünftig den Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge zusätzlich begünstigen.

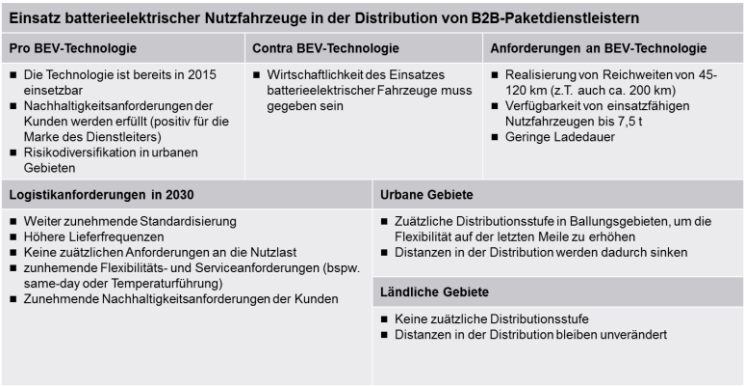


Abbildung 74: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von B2B-Paketdienstleitern[283]

Die Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen im Anwendungsfall der B2C-Paketdienstleister liefert ähnliche Ergebnisse wie der Anwendungsfall der B2B-Dienstleister, da beide Anwendungsfälle einander sehr ähnlich sind. Eine Besonderheit ist, dass B2C-Dienstleister

[283] Eigene Darstellung

zukünftig in eine tendenziell zunehmende Abhängigkeit von großen (Online-)Versandhändlern geraten werden, da diese mit Ihren Sendungen das Distributionssystem des Dienstleisters auslasten. Es ist davon auszugehen, dass B2C-Dienstleister vor diesem Hintergrund zunehmend versuchen werden auch B2B-Sendungen kleinerer Handelsunternehmen mit wenigen Filialen in Ihrem System abzuwickeln. Dies erhöht perspektivisch die derzeit sehr geringen Tourlängen des Anwendungsfalls, was den wirtschaftlichen Nutzen des Einsatzes von Elektromobilität erhöht. Aufgrund der geringen Tourlängen können B2C-Paketdienstleister im Szenario 2030 I gegenüber konventionell angetriebenen Fahrzeugen keine Betriebskostenvorteile realisieren, weshalb der Einsatz elektromobiler Fahrzeuge in diesem Anwendungsfall in der Bewertung im Szenario 2030 I einen Nutzen kleiner 7,0 erzeugt. Technisch lässt sich Elektromobilität bereits mit den derzeitigen Leistungsparametern bezüglich Nutzlast und Ladedauer sinnvoll in der Distribution einsetzen. Mit den zukünftig zu erwartenden technologischen Weiterentwicklungen der Technologie lassen sich in beiden Szenarien für 2030 auch die notwendigen Reichweiten vollumfänglich realisieren. Im B2C-Segment spielt der Kundenwunsch der Endverbraucher für den B2C-Paketdienstleister eine bedeutende Rolle, da der Endverbraucher häufig den Versender auswählt. Die Entwicklung des LOHAS-Trends und des Nachhaltigkeitsbewusstseins der Endkunden beeinflussen somit direkt das Ausmaß des Einsatzes von Elektromobilität. Hinzu kommt, dass batterieelektrische Fahrzeuge dem Dienstleister den Innenstadtzugang (analog zu den Anwendungsfällen der B2B-Paketdienstleister und Kurier- und Expressdienstleister) auch bei einer veränderten Regulierung sicherstellen. Eine nachhaltige Distribution kann in diesem Anwendungsfall ebenso wie im Fall der B2B-Paketdienstleister die Marke des jeweiligen Dienstleisters stärken. Die Eignung von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen nimmt somit für den Anwendungsfall B2C-PDL mit sinkenden Anschaffungskosten und einer steigenden Bedeutung von Nachhaltigkeit im jeweiligen Zielsystem des Dienstleisters zu. Zusätzliche Services, wie eine höhere Individualisierung der Distributionsleistung (bspw. durch flexible Zustellzeitpunkte und -orte) oder eine standardmäßige Abholung von Retouren beim Endverbraucher (erhöht tendenziell die Tourlänge), werden zukünftig relevante Wettbewerbsfaktoren – neben den Aspekten der Nachhaltigkeit – sein. Zur Erfüllung der individuellen Empfängerpräferenzen erscheint der Aufbau von nahe am Versorgungsgebiet befindlichen Sattelitenstandorten (bspw. City-Hubs) sinnvoll, da der B2C-Paketdienstleister auf diese Weise

flexibler auf den Empfängerwunsch reagieren kann und ebenso, wie im B2B-Anwendungsfall beschrieben, Kostenvorteile über Bündelungseffekte realisieren kann. Der Elektrofahrzeugeinsatz eignet sich daher zukünftig für eine technisch-wirtschaftlich sinnvolle Bewältigung der Grundlast im System der B2C-Paketdienstleister.

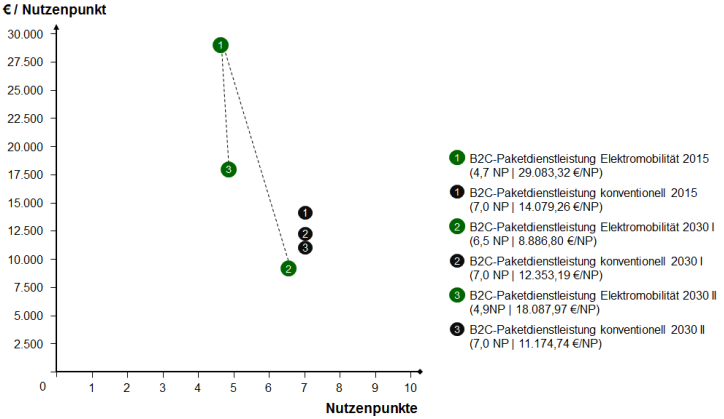


Abbildung 75: Bewertungsergebnisse B2C-Paketdienstleister[284]

Die Bewertungsergebnisse zeigen die zu erwartenden Kostenvorteile des Einsatzes von Elektromobilität in der B2C-Distribution sowie die Sensitivität des Gesamtnutzwerts bzgl. der Kosten. Analog zum Einsatz der Technologie im B2B-Segment, sind auch im B2C-Segment die Nachhaltigkeitsanforderungen der Kunden und die Risikodiversifikation des Paketdienstleisters im Innenstadtgebiet zentrale Treiber des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen. B2C-Dienstleiter werden sich auf zukünftig höherer Lieferfrequenzen und steigende Flexibilitätsanforderungen einstellen müssen, welche bei gleichzeitig nahezu unveränderten Distanzen in der Distribution durch batterieelektrische Fahrzeuge erfüllt werden können. Eine Besonderheit ist die in diesem Segment zukünftig wachsende Bedeutung von saisonalen Schwankungen im Sendungsaufkommen (aufgrund des hohen Zusammenhangs des Sendungsaufkommens mit dem online Kaufverhalten der Kunden) und die perspektivisch wachsende Bedeutung des Retourenhandlings. Batterieelektrische Nutzfahrzeuge können hier – vor dem Hintergrund entsprechender Wirtschaftlichkeitsanforderungen – ideal zur

[284] Eigene Darstellung

Bewältigung der Grundlast im System der B2C-Paketdienstleister (insb. In urbanen Gebieten) eingesetzt werden.

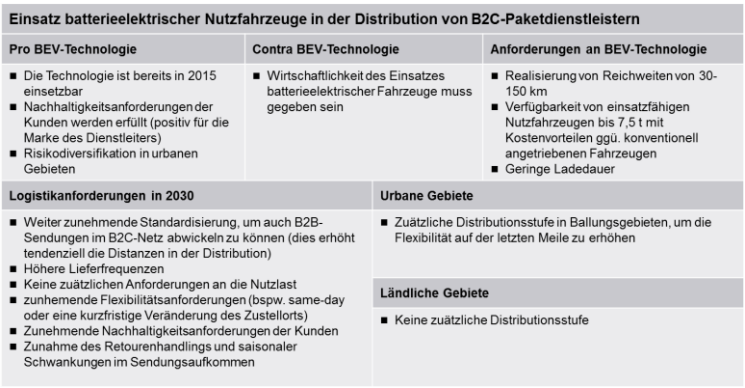


Abbildung 76: Ergebnissteckbrief zum Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von B2C-Paketdienstleitern[285]

Insgesamt zeigen die Bewertungen der KEP-Anwendungsfälle, dass diese sich unter allen betrachteten Anwendungsfällen am besten für den Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution eignen. Zunehmende Kundenanforderungen hinsichtlich Lieferfrequenz, Flexibilität und Nachhaltigkeit lassen sich im KEP-Segment mit Elektromobilität technisch-wirtschaftlich sinnvoll umsetzen. Hinzu kommt, dass der Handlungsdruck im KEP-Segment am größten ist, da die jeweiligen Dienstleister im Straßenbild (und somit bei den Endkunden) sehr präsent sind und in diesem Marktsegment ein hoher Wettbewerbsdruck herrscht. Batterieelektrische Fahrzeuge bietet die Möglichkeit zur Differenzierung im Wettbewerb und senkt die emissionsbezogenen externen Effekte der KEP-Distributionsverkehre. Besonders vor dem Hintergrund zukünftig steigender KEP-Sendungsmengen (u. a. getrieben durch den E-Commerce) sichert Elektromobilität den Dienstleistern die kundenseitige und politische Akzeptanz.

[285] Eigene Darstellung

7.6 Validierung der Bewertung und Implikationen

Die Bewertungsergebnisse des in dieser Arbeit entwickelten Bewertungsmodells wurden in allen sechs Anwendungsfällen für das Jahr 2015 in den geführten Experteninterviews bestätigt. Die Einschätzungen der befragten Experten decken sich im Allgemeinen mit den Bewertungsergebnissen des Bewertungsmodells, auch wenn es im Rahmen einiger Teilbewertungen (bspw. bzgl. der Reichweite und der CO_2e-Emissionen) zu Abweichungen zwischen den Experteneinschätzungen und den Ergebnissen des Bewertungsmodells kommt. Hinzu kommt, dass die Teilbewertungen des Kostenziels (in allen Anwendungsfällen) mit den Ergebnissen anderer Studien zur Wirtschaftlichkeitsuntersuchung der Elektromobilität übereinstimmen.[286] Die im Rahmen der Sensitivitätsuntersuchungen in dieser Arbeit identifizierten Einflussgröße „Anschaffungskosten" ist auch in der Studie von Hacker et al. (2015) als signifikante Einflussgröße bzgl. des Gesamtkostenvergleichs zwischen Elektromobilität und konventionell angetriebenen Fahrzeugen identifiziert worden.

Die Implikationen des Elektrofahrzeugeinsatzes in der Lebensmitteldistribution werden durch die aktuellen Aktivitäten und strategischen Zielsetzungen der Rewe Markt GmbH und der Kraftverkehr Nagel GmbH & Co. KG bzgl. des Einsatzes von Elektromobilität bestätigt. Die Rewe Markt GmbH (stationärer Lebensmitteleinzelhandel) gereift das Thema Elektromobilität in der Distribution bereits im Rahmen einer Beteiligung am Forschungsprojekt GeNaLog (Geräuscharme Nachtlogistik) auf und erprobt neue Distributionskonzepte der Belieferung innerstädtischer Filialen in Tagesrandzeiten mittels elektromobiler Nutzfahrzeuge.[287] Die am Projekt beteiligten Unternehmen konnten im Rahmen dieses Projektes Wettbewerbsvorteile identifizieren, welche sich aus der elektromobilen Filialbelieferung ergeben. Die aus dem Bewertungsergebnis des Elektrofahrzeugeinsatzes in der Distribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel abgeleiteten Implikationen decken sich mit den Projekterkenntnissen des Verbundprojekts GeNaLog und sind daher als valide zu betrachten. Die Bewertungsergebnisse und die Implikationen des Elektrofahrzeugeinsatzes in der Distribution von Lebensmittel-Logistikdienstleistern können insofern validiert werden, als dass das befragte Unternehmen Kraftverkehr Nagel GmbH & Co. KG (unabhängig von den Bewertungen in dieser Arbeit) zu einer ähnlichen Einschätzung

[286] Vgl. Hacker et al. (2015), S. 46 ff, 66 ff, 100 ff
[287] Vgl. GeNaLog (2016 a); vgl. GeNaLog (2016 b)

des Einsatzes von Elektromobilität in ihrer Distribution gekommen ist. Das Unternehmen sieht derzeit keinen Mehrwert im Einsatz dieser Technologie, eine Einschätzung, die von den Bewertungsergebnissen in dieser Arbeit gestützt wird.

Die Bewertungsergebnisse und Implikationen des Einsatzes von Elektromobilität im Anwendungsfall der Fashion-Logistikdienstleister stimmen mit den unternehmensinternen Einschätzungen der Hellmann Worldwide Logistics GmbH & Co. KG und der Meyer & Meyer Textillogistik GmbH & Co. KG überein. Beide Unternehmen sehen das zukünftige Potenzial der elektromobilen Technologie – welches auch im Rahmen dieser Arbeit identifiziert wurde – und engagieren sich in Forschungs- und Pilotprojekten in diesem Gebiet. Die Meyer & Meyer Textillogistik GmbH & Co. KG war in der Vergangenheit bereits Projektpartner im Schaufensterprojekt NaNu (im Rahmen des internationalen Schaufensters Elektromobilität Berlin-Brandenburg), in welchem der Mehrschichtbetrieb und die Nachtbelieferung mit elektrischen Nutzfahrzeugen erprobt und beforscht wurde.[288] Dazu wurde in Kooperation mit dem Fraunhofer Institut ein batterieelektrisches 12 t Nutzfahrzeug mit Wechselbatteriesystem entwickelt und in der Distribution der Meyer & Meyer Textillogistik GmbH & Co. KG zum Einsatz gebracht. Die Projekterkenntnisse in NaNu bestätigten die durch das Unternehmen vermuteten Potenziale der Elektromobilität in der Distribution, weshalb sich der Fashion Logistikdienstleister Meyer & Meyer aktuell erneut in einem Forschungsprojekt engagiert, in welchem der Einsatz elektromobiler Fahrzeuge in der Distribution in mittleren Distanzen erforscht und erprobt werden soll.[289] Auch der zweite im Rahmen dieser Arbeit befragte Fashion-Logistikdienstleister, die Hellmann Worldwide Logistics GmbH & Co. KG, bestätigt – unabhängig von den Bewertungsergebnissen und Implikationen in dieser Arbeit – die Potenziale der elektromobilen Technologie in der Fashion-Distribution und entwickelt derzeit in Kooperation mit Siemens ein batterieelektrisches 12 t Nutzfahrzeug, um Erfahrungen im Einsatz von Elektromobilität in der Distribution zu erwerben und vermutete Wettbewerbsvorteile zu realisieren.[290]

[288] Vgl. eMO (2016 a)

[289] Vgl. Technische Universität Berlin (2016 a)

[290] Aussage im Experteninterview mit Vertretern der Hellmann Worldwide Logistics GmbH & Co. KG in Osnabrück.

Die Bewertungsergebnisse und Implikationen des Einsatzes von Elektromobilität im Anwendungsfall der KEP-Dienstleister werden durch eine Vielzahl von Experteneinschätzungen, Unternehmensaktivitäten und Projekterkenntnissen bestätigt. Das Projekt Smart e-User, in welchem der Einsatz von Elektromobilität in der urbanen Distribution gemeinsam mit dem KEP-Dienstleister Deutsche Post AG erforscht und erprobt wurde, zeigt analoge Implikationen des Einsatzes von Elektromobilität (Anwendungsfall B2C-PDL), wie die anhand der Bewertungsergebnisse dieser Arbeit identifizierten Veränderungspotenziale, auf.[291] Alle im Rahmen dieser Arbeit befragten KEP-Dienstleister engagierten sich bereits vor Veröffentlichung dieser Arbeit in unterschiedlicher Intensität im Thema Elektromobilität.[292] Besonders die Sicherstellung des Innenstadtzugangs und die Erweiterung des jeweiligen Marken-Images in Richtung Nachhaltigkeit und Umweltverantwortung sind dabei bei allen befragten KEP-Dienstleistern die vorrangigen Motive für z. T. erhebliche Investitionen in die Elektromobilität. Am stärksten engagieren sich die Unternehmen United Parcel Service Deutschland Inc. & Co. OHG und die Deutsche Post AG in diesem Feld, da sie eine integrierte Fuhrparkstrategie verfolgen, d. h., elektromobile Fahrzeuge eigenständig herstellen bzw. finalisieren, warten und reparieren (z. T. mit eigenen Werkstattpersonalen) und den Großteil der in der Distribution eingesetzten Fahrzeuge im Eigentum besitzen.[293] Innovative und nachhaltige KEP-Dienstleistungen werden übereinstimmend mit den Erkenntnissen dieser Arbeit von den befragten Experten als der zentrale zukünftige Wettbewerbsfaktor angesehen. Der Wettbewerb wird zukünftig stärker über eine Differenzierung der Servicequalität, als über den Preis einer KEP-Dienstleistung stattfinden.

[291] Vgl. Smart e-User (2016)

[292] Aussagen in den mit den KEP-Dienstleistern geführten Experteninterviews.
Vgl. eMO (2016 b); vgl. DPD (2016); vgl. Mobility2Grid (2016), vgl. Transport Online (2016); vgl. Technische Universität Berlin (2016 b)

[293] Vgl. Deutsche Post DHL (2016); vgl. UPS Pressroom (2016)

8 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Kapitel werden abschließend die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse den eingangs formulierten Forschungsfragen gegenübergestellt und zusammenfassend beantwortet. Dabei werden die zentralen Erkenntnisse der Arbeit herausgestellt, ihre Grenzen aufgezeigt und der weitere Forschungsbedarf beschrieben.

8.1 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution. Dazu fand im Kapitel 2.2 eine Eingrenzung des Untersuchungsgegenstands statt, in welchem festgelegt wurde, dass sich die Arbeit geografisch auf Deutschland fokussiert und ausschließlich der Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge (BEV) betrachtet wurde. Zusätzlich wurde der Untersuchungsgegenstand u. a. derart eingegrenzt, dass exemplarisch die Distribution von Konsumgütern in den Anwendungsfällen

- des stationären Lebensmitteleinzelhandels,
- der Distribution von Lebensmitteln durch Logistikdienstleistungsunternehmen
- der Distribution von Bekleidung durch spezialisierte Logistikdienstleistungsunternehmen
- der Distribution von Kurier- und Expresssendungen
- der Distribution von B2B-Paketsendungen
- der Distribution von B2C-Paketsendungen

betrachtet wurde. Zur Datenerhebung wurden, neben der Durchführung einer Literaturrecherche, insgesamt neun Unternehmen befragt, welche sich den sechs Anwendungsfällen zuordnen lassen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit fand die Bewertung des Einsatzes batterieelektrischer Fahrzeuge für das Jahr 2015 und in zwei Szenarien für das Jahr 2030 statt. Letztere wurden unter Zuhilfenahme der Methode der Szenario-Analyse entwickelt und stützen sich auf zahlreiche Studien zur Technologieentwicklung der Elektromobilität und der Veränderung der Kundennachfrage in der Konsumgüterindustrie sowie auf weitere belegte Trends bzgl. des sich zukünftig verändernden Konsumverhaltens der Endverbraucher.

Die primäre Forschungsfrage *„Wie lässt sich der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern technisch-wirtschaftlich bewerten?“* wurde mithilfe von drei sekundären Forschungsfragen beantwortet. Anhand dieser strukturgebenden sekundären Forschungsfragen sollen nachfolgend der Forschungsverlauf sowie die Ergebnisse der Arbeit beschrieben werden.

Die erste sekundäre Forschungsfrage *„Wie kann ein Modell zur technisch-wirtschaftlichen Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern aufgebaut sein?“* zielt auf die Entwicklung eines Bewertungsmodells ab. Das in dieser Arbeit entwickelte Bewertungsmodell stützt sich auf die Verfahren der Nutzwertanalyse (nach Zangemeister) und der Kosten-Wirksamkeitsanalyse. Beide Verfahren wurden zur Beantwortung der ersten sekundären Forschungsfrage in Kapitel 4 erweitert und kombiniert. Dabei wurde zu Beginn das für die Bewertung nötige Zielsystem entwickelt, indem aus den Gestaltungsparametern der Distribution die für den Untersuchungsgegenstand relevanten Charakteristika der Distribution abgeleitet wurden. Gleichzeitig wurden die Parameter der Elektromobilität in die für den Untersuchungsgegenstand relevanten Charakteristika der Elektromobilität überführt. Aus einer Gegenüberstellung der identifizierten und auf den Untersuchungsgegenstand zugeschnittenen Anforderungen der Distribution mit den Leistungsmerkmalen der Elektromobilität wurden acht Bewertungskriterien und ein K.O.-Kriterium abgeleitet. Dabei handelt es sich um die Bewertungskriterien Reichweite [km], Ladedauer [h], Nutzlast [t], Anschaffungskosten [€], Ladeinfrastrukturkosten [€], Betriebskosten [€], CO_2e-Emissionen [t] und die Kundennachfrage [Ordinalskala 1-10]. Als K.O.-Kriterium konnte die Marktdurchdringung [Nominalskala 0-1] der Elektromobilität identifiziert werden. Insgesamt wurde zur Beantwortung der Forschungsfrage ein aus vier Zielebenen bestehendes Zielsystem entwickelt, die bereits aufgeführten Bewertungskriterien befinden sich dabei auf der vierten Zielebene. Gemäß der Vorgehensweise der Nutzwertanalyse wurden den Bewertungskriterien bzw. Teilzielen auf jeder Zielebene Gewichtungsfaktoren zugeordnet. Die Gewichtungsfaktoren auf der zweiten Zielebene werden im Bewertungsmodell anwendungsfallabhängig erhoben (unter Verwendung des Analytischen Hierarchieprozesses (AHP)), ebenso wie zwei ausgewählte Gewichtungsfaktoren auf der dritten Zielebene. Alle weiteren Gewichtungsfaktoren wurden durch den Autor begründet festgelegt. Des Weiteren liegt dem

Bewertungsmodell je Bewertungskriterium eine Zielfunktion zur Transformation der dimensionsbehafteten Zielerträge der Bewertungskriterien in dimensionslose Zielwerte zugrunde. Dabei handelt es sich um lineare Intervallfunktionen, innerhalb welcher die Zielerträge der konventionellen Diesel-Technologie als Referenz zur Bestimmung der elektromobilen Zielwerte dienen. Die auf diese Weise mathematisch quantifizierten Zielwerte werden unter Verwendung des Mittelwertverfahrens mit den qualitativen Expertenbewertungen (je Bewertungskriterium) derart kombiniert, dass die quantitative Bewertung doppelt gewichtet wird. Als Ergebnis liefert diese Vorgehensweise einen auf Basis einer quantitativen und qualitativen Bewertung entwickelten Zielwert je Bewertungskriterium. Neben den im Rahmen der Wertsynthese (Ermittlung des Gesamtnutzwerts) berücksichtigten Gewichtungsfaktoren und Zielwerten verwendet das Bewertungsmodell verschiedene Kompensationsfaktoren, um realitätsnahe Ergebnisse zu erzeugen. Die Kompensationsfaktoren wurden anwendungsfallunabhängig definiert und bewirken, dass positive Teilnutzwerte negative Teilnutzwerte in der Wertsynthese nur dann kompensieren, wenn dies logisch und technisch sinnhaft ist und der Realität entspricht. Im Ergebnis liefert das Bewertungsmodell einen Gesamtnutzwert für den Einsatz von Elektromobilität im jeweiligen Anwendungsfall (und in Referenz zum Einsatz konventioneller Diesel-Fahrzeuge). Zusätzlich ermittelt das Bewertungsmodell auf Basis eines Teilkostenvergleichs (Referenz Diesel-Technologie) die Kosten je Nutzenpunkt und Alternative. Dabei wurden neben direkten Kosten auch indirekte Kosten des Elektrofahrzeugeinsatzes berücksichtigt. Das Bewertungsergebnis des Bewertungsmodells lässt sich schlussendlich in Form eines Punkts (Gesamtnutzwert | Kosten je Nutzenpunkt) grafisch darstellen. Das im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Bewertungsmodell erfüllt alle in der Literatur definierten Anforderungen an Bewertungsmodelle.

Die zweite sekundäre Forschungsfrage *„Wie lässt sich die technische Anwendbarkeit von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern anhand von Fallbeispielen in 2015 und im Jahr 2030 bewerten?“* zielt auf die Anwendung des entwickelten Bewertungsmodells in den sechs Anwendungsfällen zu den Zeitpunkten 2015 und 2030 ab. Die für das Bewertungsmodell relevanten Charakteristika der Distribution wurden für 2015 anwendungsfallabhängig im Rahmen von Expertengesprächen erhoben. Die Charakteristika der Elektromobilität wurden für

2015 auf Basis der Literaturrecherche identifiziert, ebenso wie die im Bewertungsmodell verwendeten Charakteristika der konventionellen Diesel-Technologie. Für das Jahr 2030 wurden unter Verwendung der Methode der Szenario-Analyse zwei Szenarien, „2030 I – Fortschritt“ und „2030 II – Stagnation“, entwickelt. Den Szenarien liegen veränderte Distributionsanforderungen und Leistungsparameter der Elektromobilität zugrunde sowie eine veränderte Kostenstruktur und Marktdurchdringung der Elektromobilität. Die Szenarien liefern die für die Bewertung benötigten anwendungsfallabhängigen Eingangsgrößen.

Die Auswertung aller Bewertungsergebnisse (sechs Anwendungsfälle in 2015, 2030 I und 2030 II) zeigten, dass der Einsatz von Elektromobilität in der Lebensmitteldistribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel und durch Lebensmittellogistikdienstleister, sowie die Distribution von Bekleidung durch Fashion-Logistikdienstleister in 2015 nur einen schwachen bis mangelhaften Nutzen im Vergleich zum Einsatz konventioneller Fahrzeuge erzeugt. Der Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge erbringt in diesen Anwendungsfällen in 2015 nur zwischen 20 % und 33 % des Nutzens im Vergleich zum Einsatz konventioneller Fahrzeuge, dabei jedoch das drei bis fünffache der Kosten. Insbesondere die Nutzlast- und Reichweitenanforderungen werden aktuell nicht erfüllt. Darüber hinaus kommt in diesen drei Anwendungsfällen das K.O.-Kriterium zum Tragen, da die benötigten Fahrzeugmodelle nicht als batterieelektrische Varianten am Markt angeboten werden. In den drei Anwendungsfällen der KEP-Distribution hingegen lassen sich batterieelektrische Fahrzeuge bereits heute in der Distribution einsetzen, ihr Nutzen ist jedoch in 2015 technisch-wirtschaftlich weniger vorteilhaft als der Einsatz konventioneller Diesel-Fahrzeuge. Das in 2015 beste Bewertungsergebnis erzielte der Anwendungsfall der B2B-Paketdienstleister, gefolgt vom Anwendungsfall der B2C-Paketdienstleister. In beiden Fällen erbringt der Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge rund 67 % des Nutzes bei ungefähr den doppelten Kosten (im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen), wobei im B2B-Anwendungsfall absolut leicht geringere Kosten anfallen. Im Anwendungsfall der Kurier- und Expressdienstleister hingegen, erzeugt der Einsatz von BEV im Vergleich nur rund 50 % den Nutzens bei den ungefähr zweieinhalbfachen Kosten, was vorrangig in den vergleichsweise hohen Felxibilitäts- und Reichweitenanforderungen dieses Anwendungsfalls begründet ist.

Die Bewertungsergebnisse im Szenario „2030 I – Fortschritt“ zeigten, dass der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution – mit Ausnahme des

Anwendungsfalls der B2C-Paketdienstleister[294] – in allen Anwendungsfällen im Vergleich zur Diesel-Technologie Nutzenvorteile generiert. In den Anwendungsfällen der B2B-Paketdienstleister, Kurier- und Expressdienstleistern sowie Fashion-Logistikdienstleistern ist der Einsatz von BEV gemäß den Bewertungen rund 20 % nutzbringender. In den Anwendungsfällen des stationären Lebensmitteleinzelhandels und der Lebensmittel-Logistikdienstleister geht der Einsatz batterieelektrischer Nutzfahrzeuge im Vergleich mit konventionellen Fahrzeugen mit einer Nutzensteigerung von ca. 6 % bzw. 9 % einher. Gleichzeitig entsprechen auch die Kosten je Nutzenpunkt in den Bewertungen dieses Szenarios im Mittel über alle genannten Anwendungsfälle nur rund 54 % der Kosten konventionellen Fahrzeuge. Eine Ausnahme bildet der Einsatz von BEV im bereits erwähnten Anwendungsfall der B2C-Paketdienstleister, welcher im Szenario „2030 I – Fortschritt“ rund 93 % des Nutzens bei jedoch nur rund 72 % der Kosten im Vergleich zu konventionellen Fahrzeugen generiert. Im Fazit ist dennoch festzugalten, dass sich der Einsatz von Elektromobilität in der Distribution unter den getroffenen Annahmen und Rahmenbedingungen des Szenarios „2030 I – Fortschritt“ in den untersuchten Anwendungsfällen daher in Summe technisch-wirtschaftlich vorteilhafter als der Einsatz von Diesel-Fahrzeugen gestaltet. Die Bewertungsergebnisse entsprechen sehr guten bis über die Zielvorstellungen hinausgehenden Lösungen.

Dem gegenüber stehen die Ergebnisse der Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität im Szenario „2030 II – Stagnation“. Die Bewertungsergebnisse der betrachteten Anwendungsfälle liegen alle unterhalb der Bewertungen der Referenztechnologie und entsprechen tragfähigen bis befriedigenden Lösungen. Im Mittel aller Anwendungsfälle erbringt der Einsatz von BEV rund 61 % des Nutzens im Vergleich zum Einsatz konventioneller Fahrzeuge. Die Spannweite reicht dabei von rund 70 % des Nutzens im Anwendungsfall der B2C-Paketdienstleister bis ca. 49 % des Nutzens im Anwendungsfall der Lebensmittel-Logistikdienstleister. Hinzu kommt, dass die Kosten je Nutzenpunkt oberhalb der Kosten je Nutzenpunkt der Referenztechnologie liegen und der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen über alle betrachteten Anwendungsfälle im Mittel mit im Vergleich doppelten Kosten einhergeht. Unter den im Szenario 2030 II getroffenen Annahmen und Rahmenbedingungen stellt sich der Elektrofahrzeugeinsatz

[294] Der Anwendungsfall der B2C-Paketdienstleister kann in der Bewertung in 2030 I aufgrund der geringen Tourlängen keine Betriebskostenvorteile durch den Elektrofahrzeugeinsatz generieren, weshalb die Bewertung unterhalb der des Diesel-Fahrzeugeinsatzes liegen.

in der Distribution somit technisch-wirtschaftlich weniger vorteilhaft als der Einsatz von Diesel-Fahrzeugen dar. Die Bewertungsergebnisse liegen dennoch deutlich dichter an denen der Referenztechnologie als im Jahr 2015.

Die dritte sekundäre Forschungsfrage *„Welche Implikationen auf die Distribution lassen sich durch die Anwendbarkeit batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Konsumgütern identifizieren?“* adressiert die Schlussfolgerungen, welche auf Basis der Bewertungsergebnisse getroffen werden konnten. Im Rahmen der Arbeit konnte gezeigt werden, dass sich der technisch-wirtschaftliche Nutzen der Elektromobilität zukünftig verbessern wird, während die Kostenbilanz der Referenztechnologie sich perspektivisch verschlechtern wird. Die durchgeführten Sensitivitätsuntersuchungen haben gezeigt, dass es insbesondere die Zielwerte der Bewertungskriterien Nutzlast und Anschaffungskosten sind, welche einen großen Einfluss auf die Ausprägung des Gesamtnutzwerts haben. Die Nutzlast als bestimmendes Leistungsmerkmal der Elektromobilität hängt von der Leistungsfähigkeit der Batterie ab, welche wiederum auch die Reichweite beeinflusst. Abweichend zu anderen Studien und Untersuchungen belegt die vorliegende Arbeit, dass die Reichweite jedoch hinsichtlich der Anwendbarkeit der Elektromobilität in der Distribution nicht den kritischen Pfad darstellt. Vielmehr ist die Nutzlast eines batterieelektrischen Nutzfahrzeugs der die Einsatztauglichkeit bestimmende Parameter. Sind die Nutzlastanforderungen erfüllt, so belegt es der Untersuchungsverlauf in dieser Arbeit, dann sind zumeist auch die Reichweitenanforderungen erfüllt. Die vorliegende Arbeit zeigt außerdem, dass entgegen vieler Expertenaussagen die Betriebskosten einen deutlich geringeren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des Elektrofahrzeugeinsatzes haben und dass es vielmehr die Anschaffungskosten sind, welche die Wirtschaftlichkeit signifikant beeinflussen. Untersuchungen von Hacker et al. (2015) kommen zu einem ähnlichen Schluss und belegen die Validität der identifizierten Sensitivität. Eine Subventionierung der KFZ-Steuer oder des Stroms – Maßnahmen, die derzeit in der Politik diskutiert werden – haben, den Ergebnissen dieser Arbeit folgend, demnach einen deutlich geringeren Einfluss auf die Kostenbilanz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen (welche in der Distribution eingesetzt werden), als eine Subventionierung der Anschaffungskosten, sinkende Anschaffungskosten oder sichere Restwerteinschätzungen nach der Nutzungsdauer eines Fahrzeugs. Zusätzlich ist es die Gewichtung des Nachhal-

tigkeitsziels im Zielsystem des Anwenders von Elektromobilität in der Distribution, welche den Gesamtnutzwert beeinflusst. Mit einer zunehmenden Gewichtung dieses Teilziels steigt der Nutzen der Alternative Elektromobilität. In Konsequenz bedeutet dies, dass eine zukünftig einsetzende staatliche Regulierung oder ein wachsendes Nachhaltigkeitsbewusstsein in der Bevölkerung und bei den jeweiligen Kunden des Anwenders den Nutzen des Einsatzes von Elektromobilität signifikant positiv beeinflussen. Zusätzlich lieferten die Sensitivitätsuntersuchungen und Auswertungen der Bewertungsergebnisse eine weitere überraschende Erkenntnis: In der Arbeit konnte ein Indikator zur Abschätzung des Nutzens der Elektromobilität in der Distribution identifiziert werden. Wenn die Ladeinfrastrukturkosten eines batterieelektrischen Fahrzeugs kleiner oder gleich den Tankstellen-Infrastrukturkosten eines konventionellen Diesel-Fahrzeugs sind, dann – so die Erkenntnis nach der Auswertung alle bewerteten Anwendungsfälle – lohnt sich eine detaillierte Untersuchung des Elektrofahrzeugeinsatzes in der Distribution mit dem in dieser Arbeit entwickelten Bewertungsmodell, da die Wahrscheinlichkeit hoch ist, dass der BEV-Einsatz in der Distribution zu einem Nutzenzuwachs gegenüber dem Einsatz der Diesel-Technologie führt. Die aus der Betrachtung der Bewertungsergebnisse je Anwendungsfall in 2015 und in den beiden Szenarien 2030 I und 2030 II abgeleiteten Implikationen des Elektrofahrzeugeinsatzes lassen sich wie folgt generalisieren. Elektromobilität bietet den Anwendern die Möglichkeit, steigende Distributionsanforderungen der jeweiligen Kunden technisch-wirtschaftlich sinnvoll und vorteilhaft zu erfüllen. Dies gilt insbesondere für urbane Gebiete, in welchen sich die Nachfrage nach Konsumgüterdistribution verdichtet. Den entwickelten Szenarien folgend ist anzunehmen, dass Nutzlast- und Reichweitenanforderungen sowie Anforderungen an Flexibilität und Nachhaltigkeit in diesen Gebieten zukünftig einem stärkeren Wandel unterworfen sind. Insbesondere die geringeren Nutzlasten und Reichweiten wirken dabei positiv auf die Anwendbarkeit von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution. Darüber hinaus leistet die Elektromobilität besonders in Anwendungsfällen, welche sich vornehmlich auf urbane Gebiete fokussieren, einen bedeutenden Beitrag zur Risikodiversifikation. Aufgrund der lokalen Emissionsneutralität stellt der Einsatz von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen den Anwendern den Innenstadtzugang auch bei zukünftig gegebenenfalls einsetzender staatlicher Regulierung sicher. Aufgrund der lokalen Emissionsneutralität bietet die Technologie den Anwendern die Möglichkeit, die Flexibilität in ihrer Distribution (in urbanen

wie in ländlichen Gebieten) zu erhöhen und die Zustellung auch in Tagesrandzeiten oder in den Nachtstunden zu ermöglichen. Steigende Anforderungen bzgl. der Lieferfrequenzen können aufgrund der (ggü. der Referenztechnologie) vorteilhaften Kostenstruktur hinsichtlich der variablen Kosten wirtschaftlich umgesetzt werden. Besonders in nachhaltigkeitssensiblen und öffentlichkeitswirksamen Anwendungsfällen, wie bspw. der KEP-Distribution oder in Teilen die Lebensmitteldistribution im stationären Lebensmitteleinzelhandel, besitzt die Elektromobilität zukünftig das Potenzial, den Markenkern und das Image des Anwenders positiv zu beeinflussen. Auf Basis der untersuchten Anwendungsfälle ist es vom technologischen Standpunkt her nicht zwingend erforderlich, dass schwere LKW und Sattelzüge elektrifiziert werden. Vielmehr sind es leichte und mittlere Nutzfahrzeuge (bis 20t zulässigem Gesamtgewicht), welche als batterieelektrische Varianten am Markt verfügbar sein müssen, da in der Konsumgüterdistribution in Masse derartige Fahrzeugklassen eingesetzt werden

Als Fazit für die Förderung und Subventionierung der Elektromobilität – und speziell batterieelektrischer Nutzfahrzeuge – lässt sich auf Basis der Bewertungsergebnisse der untersuchten Anwendungsfälle folgendes festhalten:

- Kurzfristig kann eine Förderung der Anschaffungskosten batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in Verbindung mit einer Förderung der Ladeinfrastruktur die Wirtschaftlichkeit des Fahrzeugeinsatzes ermöglichen.
- Die kundenseitige Nachfrage nach nachhaltigen Distributionsleistungen erhöht die Stellung von Nachhaltigkeitskennzahlen bzw. -zielen im Zielsystem des BEV anwendenden Unternehmens und ist daher förderwürdig. Ordnungspolitische Maßnahmen wie bspw. Umweltzonen und Emissionsvorgaben stellen somit einen bedeutenden Hebel zur Förderung und Verbreitung der Elektromobilität dar.
- In den untersuchten gewerblichen Anwendungsfällen ist die Nutzlast der batterieelektrischen Fahrzeuge das ausschlaggebende Leistungskriterium, weshalb eine flexiblere Einteilung batterieelektrischer Fahrzeuge in gewichtsbezogene Fahrzeugklassen (bspw. 3,5t oder 7,5t Fahrzeuge) durch die entsprechenden Behörden die Verbreitung von BEV fördern kann.

8.2 Kritische Würdigung/Grenzen der Arbeit

Die aktuelle Diskussion zur Elektromobilität, verbunden mit der Frage nach den Anwendungsmöglichkeiten elektrisch angetriebener Nutzfahrzeuge in wirtschaftlichen Anwendungen, war der Auslöser für die vorliegende Forschungsarbeit. Für potentielle gewerbliche Anwender ergeben sich die Schwierigkeiten, den Nutzen des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern in ihrem jeweils individuellen Anwendungsfall abzuschätzen und die sich aus dem Elektrofahrzeugeinsatz ergebenden Implikationen auf die eigenen Geschäftsprozesse zu erfassen. Das im Rahmen dieser Dissertation entwickelte Modell zu Bewertung der technisch-wirtschaftlichen Implikationen des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution unterstützt Wissenschaftler und Unternehmen bei der Beantwortung dieser Fragestellungen. Vor dem Hintergrund der zunehmenden Konfrontation von Unternehmen mit Forderungen nach nachhaltiger Distribution und emissionsarmen bzw. emissionsneutralen Transporten gewinnt die Auseinandersetzung von Stakeholdern der Logistik mit dem Thema Elektromobilität an Bedeutung. Spürbar wird diese Entwicklung zum einen durch die zunehmenden Kundenanforderungen bezüglich eines ökologisch nachhaltigem unternehmerischen Handelns, dem sich auch die in der Logistik tätigen Unternehmen in zunehmendem Maß stellen müssen, und zum anderen durch eine gestiegene politische Sensibilität in diesem Thema. Während sich die erste beschriebene Entwicklung vornehmlich auf die industrialisierten Staaten in Europa und Nordamerika beschränkt, handelt es sich bei Letzterer um eine globale Entwicklung, welche sowohl in Ostasien, Europa als auch in Nord- und Teilen Südamerikas zu beobachten ist. Diese globale Entwicklung ist vorrangig durch eine zunehmende staatliche Regulierungsintensität hinsichtlich umweltrechtlicher Vorgaben gekennzeichnet, welche die Rahmenbedingungen unternehmerischen Handelns verändert und daher unternehmensseitige Anpassungen erfordert.

Der Mehrwert dieser Forschungsarbeit für Theorie und Praxis liegt in der systematischen Auseinandersetzung mit dem Thema Elektromobilität vor dem Hintergrund eines technisch-wirtschaftlich nutzbringenden Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern, sowie der Identifizierung der sich daraus ergebenden Implikationen für die jeweilige Unternehmung. Bei dem in dieser Arbeit entwickelten Bewertungsmechanismus handelt es sich jedoch um ein Modell und somit

um eine vereinfachte Abbildung der Realität. Das entwickelte Bewertungsmodell ist daher als ein gestalterischer und methodischer Ansatz zu verstehen, welcher hinsichtlich unternehmensindividueller Anforderungen und Rahmenbedingungen erweiterbar ist. Dies bedeutet, dass die in dieser Arbeit entwickelten Bewertungskriterien veränderbar sind, und sich an die jeweilige individuelle Situation des betreffenden Unternehmens (welche das Bewertungsmodell anzuwenden gedenkt) anpassen lassen. Um eine zielführende und valide Bewertung durchführen zu können, muss das der Bewertung zugrundeliegende Zielsystem für den jeweiligen Kontext valide und „passgenau" sein. Dies gilt darüber hinaus ebenso für die Festlegung der im Modell verwendeten Gewichtungs- und Kompensationsfaktoren, welche – wie in der Arbeit gezeigt wird – einen großen Einfluss auf das Bewertungsergebnis haben. Zusätzlich bieten die heute zur Verfügung stehenden IT-Kapazitäten die Möglichkeit, den Umfang der verwendeten Bewertungskriterien deutlich zu erhöhen, und so allen Anforderungen und Besonderheiten eines potentiellen Anwenders des Bewertungsmodells Rechnung zu tragen. Eine IT-gestützte Wertsynthese ermöglicht prinzipiell eine passgenaue Erweiterung des Bewertungsmodells durch den Anwender, um seine individuelle Situation bestmöglich abzubilden. An dieser Stelle muss ebenfalls erwähnt werden, dass es sich bei den im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Zukunftsszenarien, um – auf Basis der heute verfügbaren Informationen und Einschätzungen – eine Prognose handelt, welche mit Unsicherheiten behaftet ist. Die Szenarien dienen weniger der vollumfänglichen Abbildung der Einflüsse und Rahmenbedingungen in 2030, als vielmehr der Projektion von aus heutiger Sicht wahrscheinlichen Veränderungen von Schlüsselfaktoren, welche im entwickelten Bewertungsmodell verwendet werden. Eine Vorhersage der Zukunft ist nicht möglich.

8.3 Ausblick/weiterer Forschungsbedarf

Die Arbeit hat gezeigt, dass die Bewertung des Einsatzes von Elektromobilität in der Distribution eine komplexe Aufgabe ist und nur sinnhafte Ergebnisse liefert, wenn den Bedingungen der individuellen Unternehmenssituation Rechnung getragen wird. Das Bewertungsmodell wurde in dieser Arbeit exemplarisch in sechs abstrahierten Anwendungsfällen und drei verschiedenen Rahmenbedingungen und Umfeldsituationen angewendet.
In einem weiteren Forschungsschritt ist es daher sinnvoll, diese Forschungsarbeit mit weiteren Anwendungsfällen im spezifisch-situativen

Kontext weiterzuführen. Im Rahmen einer längerfristig angelegten Studie ließe sich darüber hinaus die Güte der Bewertungsergebnisse des entwickelten Modells erheben und bewerten, bspw. indem nachgehalten wird, in wie weit die durch das Modell ermittelten Effekte in der jeweiligen unternehmerischen Anwendung von Elektromobilität in der Distribution eintreten.
Darüber hinaus sollte der in dieser Arbeit identifizierte Indikator auf Basis einer breiten empirischen Erhebung überprüft werden, um seine Gültigkeit zu validieren.
Weiterer Forschungsbedarf ergibt sich aus der Tatsache, dass diese Arbeit ausschließlich den Einsatz batterieelektrischer Fahrzeuge (BEV) thematisiert. Durch gezielte Anpassungen des Bewertungsmodells kann der in dieser Forschungsarbeit entwickelte Ansatz auf weitere elektromobile Antriebskonzepte übertragen werden. Dies erscheint sinnvoll, da bspw. Plug-In Hybridfahrzeuge (PHEV) oder Elektrofahrzeuge mit Range-Extender (REEV) aktuell eine z. T. höhere Marktdurchdringung besitzen, als die in dieser Arbeit im Fokus stehenden BEV.

Der Beitrag und Bedeutungsgewinn des Einsatzes nachhaltiger Technologien in der Distribution zur Sicherung des Unternehmenserfolgs unter Berücksichtigung der sich in zunehmender Geschwindigkeit wandelnden Kundenanforderungen und ordnungspolitischen Rahmenbedingungen wird zukünftig eine entscheidende Rolle in der ganzheitlichen Betrachtung von Distributionsaktivitäten spielen.

Literaturverzeichnis

Ahlert, D. (1996): Distributionspolitik, 3. Auflage, Gustav Fischer Verlag Stuttgart Jena, Münster, 1996

Althues, H. (2014): Stand der Forschung zur Lithium-Schwefel-Batterie: Zukünftige Speicher für Elektrofahrzeuge mit erhöhter Reichweite?, Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Stahltechnik, Vortrag auf dem 2. Lithium-Schwefel-Batterien Workshop am 17.03.2014 in Dresden, http://www.iws.fraunhofer.de/de/veranstaltungen/lithium_schwefel_batterien_2014.html, Zugriff: 15.01.2015, Dresden, 2014

A.T. Kearney (2013): Lebensmittel: Regional ist gefragter als Bio, A.T. Kearny GmbH, Düsseldorf, 2013

A.T. Kearney (2014): Lebensmittel: Regional ist keine Eintagsfliege, A.T. Kearny GmbH, Düsseldorf, 2014

Automotive Center Südwestfahlen (2012): Fahrzeuge der Elektromobilität, Siegen, 2012

Bähr, J. (2007): Entwicklung von Urbanisierung, Berlin Institut für Bevölkerung und Entwicklung, Berlin, 2007, Verfügbar unter: http://www.berlin-institut.org/fileadmin/user_upload/handbuch_texte/pdf_Baehr_Entwicklung_ Urbanisierung.pdf, Zugriff: 26.10.2015

Bárdossy, A., Bogardi, I., Duckstein, L. (1985): Composite Programming as an extension of Compromise Programming, in: Mathematics of Multiple Objective Optimization, S. 375 ff, Wien, 1985

Bárdossy, A. (2003): Hydrologische Simulationsverfahren, Vorlesungsunterlagen November 2003, Institut für Wasserbau, Universität Stuttgart, Stuttgart, 2003

Baumgarten, H., Walter, S. (2001): Trends und Strategien in der Logistik 2000+: Eine Untersuchung der Logistik in Industrie, Handel, Logistik-Dienstleistung und anderen Dienstleistungsunternehmen, 2. Auflage, Technische Universität Berlin, Berlin 2001

Baumgarten, H., Wiendahl, H.-P., Zentes, J. (Hrsg.) (2003): Logistik-Management: Strategien – Konzepte – Praxisbeispiele, Band 1 – 3, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, Berlin, 2003

BCG – The Boston Consulting Group (2013): Trendstudie 2030+ Kompetenzinittiative Energie des BDI, http://www.bcg.de/documents/file130141.pdf, Zugriff: 01.06.2016

Bechmann, A. (1978): Nutzwertanalyse, Bewertungstheorie und Planung, Beiträge zur Wirtschaftspolitik, Band 29, Verlag Paul Haupt, Bern, Stuttgart, 1978

Beermann, M., Jungmeier, G., Wenzel, J., Spitzer, J., Canella, L., Engel, A., Schmick, M., Koller, S. (2010): Quo Vadis Elektroauto? Grundlagen einer Road Map für die Einführung von Elektro-Fahrzeugen in Österreich. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit), Institut für Energieforschung, Gratz, 2010

Bertram, M., Bongard, S. (2014): Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr – Grundlagen, Einflussfaktoren und Wirtschaftlichkeitsvergleich, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2014

BIEK - Bundesverband Paket und Expresslogistik e.V. (2013): Motor für Wirtschaftswachstum und Beschäftigung – Die Kurier-, Express- und Paketbranche in Deutschland (KEP-Studie 2013), Köln, 2013

BIEK - Bundesverband Paket und Expresslogistik e.V. (2015): KEP-Studie 2015 – Analyse des Marktes in Deutschland, Berlin, 2015

Birke, P., Schiemann, M. (2013): Akkumulatoren: Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft elektrochemischer Energiespeicher, Herbert Utz Verlag, München, 2013

BMZ – Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (2014): Perspektiven der Urbanisierung – Städte nachhaltig gestalten, BMZ-Informationsbroschüre 3-2014, Berlin, 2014, Verfügbar unter: http://www.bmz.de/de/mediathek/publikationen/reihen/infobroschueren_flyer/infobroschueren/Materialie237_Informationsbroschuere_03_2014.pdf, Zugriff: 26.10.2015

Böing, C. (2001): Erfolgsfaktoren im Business-to-Consumer E-Commerce, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2001

Bortz, J., Döhring, N. (2006): Forschungsmethoden und Evaluation, 4. Auflage, Springer Medizin Verlag Heidelberg, Heidelberg, 2006

Brokate, J., Özdemir, E. D., Kugler, U. (2013): Der PKW-Markt bis 2040 – Was das Auto von morgen antreibt, Szenario-Analyse im Auftrag des Mineralölwirtschaftsverbandes, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V., Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart, 2013

Brüsemeister, T. (2008): Qualitative Forschung – ein Überblick, 2. Auflage, VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2008

Bundesministerium des Inneren (2016 a): Organisationshandbuch. Qualitative Bewertungsmethoden. Nutzwertanalyse, http://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_MethodenTechniken/65_Wirtschaftlichkeitsuntersuchung/652_Qualitative/qualitative-node.html#doc4393222bodyText4, Zugriff: 24.05.2016

Bundesministerium des Inneren (2016 b): Organisationshandbuch. Mischverfahren. Kosten-Wirksamkeitsanalyse, http://www.orghandbuch.de/OHB/DE/Organisationshandbuch/6_MethodenTechniken/65_Wirtschaftlichkeitsuntersuchung/653_Mischverfahren/mischverfahren-node.html#doc4393244bodyText1, Zugriff: 24.05.2016

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2014): Bioenergie, http://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Nachwachsende-Rohstoffe/Bioenergie/e10/ _texte/E10.html, Zugriff: 05.11.2014

Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (2009): Batteriegesetz, http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/battg/gesamt.pdf, Zugriff. 15.09.2014

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2009): Die EU-Verordnung zur Verminderung der CO2-Emissionen von Personenkraftwagen, auf Basis der EU-Verordnung 715/2007/EG von 2007, http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-

import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/
eu_verordnung_co2_emissionen_pkw.pdf, Zugriff: 05.11.2014

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2012): Erneuerbar Mobil – Marktfähige Lösungen für eine klimafreundliche Elektromobilität, Berlin, 2012

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014 a): Erneuerbar Mobil, Definition der Elektromobilität, http://www.erneuerbar-mobil.de/de/schlagwortverzeichnis/definition-der-elektromobilitaet-nach-der-bundesregierung, Zugriff: 12.12.2014

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014 b): Elektromobilitätsgesetz,
http://www.bmub.bund.de/presse/pressemitteilungen/pm/artikel/kabinett-verabschiedet-elektromobilitaetsgesetz/, Zugriff: 12.12.2014

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011): Elektromobilität – Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter, Berlin, 2011

Bundesministerium für Verkehr und Digitale Infrastruktur (2016): Bundesverkehrswegeplan 2030, Entwurf März 2016, Berlin, 2016

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015 a): Branchenskizze Textil und Bekleidung,
http://www.bmwi.de/DE/Themen/Wirtschaft/branchenfokus,did=196528.html, Zugriff: 26.11.2015

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015 b): Neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland, Informationstext zum Bundeskabinettbeschluss vom 03.09.2014,
http://www.bmwi.de/DE/Themen/Technologie/innovationspolitik,did=60192.html, Zugriff: 26.08.2015

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015 c): Gabriel begrüßt Einigung über internationales Informationstechnologieabkommen: WTO beschließt erheblichen Abbau von Handelshemmnissen für IT-Güter, Pressemitteilung vom 24.07.2015,

http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=720974.html, Zugriff: 26.08.2015

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Maßnahmenpaket für Elektromobilität, http://www.bmwi.de/DE/Themen/Industrie/Elektromobiltaet/ rahmenbedingungen-und-anreize-fuer-elektrofahrzeuge.html, Zugriff: 11.06.2016

Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels (2015): Pressemitteilung – Textilumsatz 2014 leicht gestiegen, http://www.bte.de/Presse/Aktuelle-Meldungen/Textilumsatz-2014-leicht-gestiegen, Zugriff: 16.04.2016

Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels (2016): Zahlen und Daten, http://www.bte.de/Zahlen-und-Daten/Zahlen-und-Daten/, Zugriff: 19.01.2016

Bundesverband E-Commerce und Versandhandel Deutschland e.V. (2016): Zahlen und Fakten, http://www.bevh.org/markt-statistik/zahlen-fakten/, Zugriff: 18.04.2016

Bundesverband eMobilität e.V. (2014): Batteriekosten, http://www.bem-ev.de/batteriekosten-werden-drastisch-sinken/, Zugriff: 12.09.2014

Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (2015): Ernährungsindustrie 2015, http://www.bve-online.de/themen/branche-und-markt/ernaehrunsgindustrie-in-zahlen/ernaherungsindustrie-2015, Zugriff: 16.04.2016

BTE Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels e.V., IFH Institut für Handelsforschung Köln GmbH, KPMG AG (2015): Fashion 2025, Studie zur Zukunft des Fashion-Marktes in Deutschland, 2015

Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. (2015): Zahlen, Daten Fakten – Die Bio-Branche 2015, http://www.boelw.de/uploads/media/BOELW_ZDF_2015_web.pdf, Zugriff: 16.04.2016

Brinkmeyer, D., Müller, R. A. E. (1994): Entscheidungsunterstützung mit AHP, in: Zeitschrift für Agrarinformatik, 5/94, S. 82-92, 1994

Bretzke, W.-R. (2008): Logistikdienstleistungen, in: Klaus, P., Krieger, W.: Gabler Lexikon Logistik – Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 4. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, S. 368-374

Capsoni, D., Bini, M., Ferrari, S., Quartarone, E., Mustarelli, P. (2012): Recent advances in the development of Li-air batteries, in: Journal of Power Sources, Vol. 220, S. 253-263, Elsevier, 2012

Carter, C. R., Jennings, M. M. (2002): Social responsibility and supply chain relations, in: Transport Research Part E: Logistics and Transportation Review, Vol. 38, Issue 1, S. 37-52, 2002

Cho, J., Bruce, P. G., Choi, N.-S., Chen, Z., Freunberger, S. A., Ji, X., Sun, Y.-K., Amine, K., Yushin, G., Nazar, L. F. (2012): Lithiumbatterien und elektrische Doppelschichtkondensatoren: aktuelle Herausforderungen, in: Angewandte Chemie, Vol. 124, Seiten 10134 – 10166, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2012

Deals.com (2015): Internationale E-Commerce Studie 2015, http://www.deals.com/umfragen/e-commerce-studie-2015, Zugriff: 27.11.2015

Destatis – Statistisches Bundesamt (2015 a): Bevölkerung Deutschlands bis 2060 – 13. koordinierte Bevölkerungsvorausberechnung, Wiesbaden, 2015, Verfügbar unter:
https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bevoelkerung/VorausberechnungBevoelkeung/BevoelkerungDeutschland2060Presse5124204159004.pdf?__blob=publicationFile, Zugriff: 20.08.2015

Destatis - Statistisches Bundesamt (2015 b): Staat & Gesellschaft Bevölkerungsstand, Verfügbar unter: https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Bevoelkerungsstand.html, Zugriff: 20.10.2015

Destatis – Statistisches Bundesamt (2016): Lebenserwartung in Deutschland,
https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerun

g/Sterbefaelle/Tabellen/LebenserwartungDeutschland.html, Zugriff: 07.06.2016

Deutsche Post AG (2010): Delivering Tomorrow – Zukunftstrend nachhaltige Logistik, 1. Auflage, Bonn, 2010

Deutsche Post AG (2012): Delivering Tomorrow – Logistik 2050 eine Szenariostudie, 1. Auflage, Bonn, 2012

Deutsche Post DHL (2016): DPDHL stellt StreetScooter vor, http://www.dpdhl.com/de/presse/mediathek/videos/streetscooter.html, Zugriff: 30.06.2016

Deutsche Rentenversicherung (2015): Generationsmanagement im Arbeitsleben – Der demografische Wandel in Deutschland, Verfügbar unter: http://www.genial-drv.de/DE/01_demographischer_wandel/01_wandel_in_deutschland/wandel_in_deutschland_node.html (26.10.2015)

Deutsche Welle (2015): Vorbehalte in der Bevölkerung gegen TTIP, Verfügbar unter: http://www.dw.com/de/vorbehalte-in-der-bev%C3%B6lkerung-gegen-ttip/av-18772544 (26.10.2015)

Die Bundesregierung (2008): Masterplan Güterverkehr und Logistik, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hrsg.), Druckerei Conrad GmbH, Berlin, 2008

Die Bundesregierung (2009): Nationaler Entwicklungsplan Elektromobilität der Bundesregierung, Verfügbar unter: http://www.bmbf.de/pubRD/nationaler_entwicklungsplan_elektromobilitaet.pdf, Zugriff: 15.10.2014, Berlin, 2009

Dietel, A. (1997): Lieferserviceorientierte Distributionslogistik: Fallstudienbasierte Untersuchung in der Bauzulieferindustrie, Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden, 1997

Diekmann, A. (2008): Empirische Sozialforschung – Grundlagen, Methoden, Anwendungen, 19. Auflage, Rowohlt Taschenbuchverlag, Hamburg, 2008

Dirks, D. (2012): Szenarioanalyse als Instrument der strategischen Vorausschau – Emissionsminderung im Fuhrpark eines mittelständischen Dienstleistungsunternehmens, Diplomica Verlag, Hamburg, 2012

Döhring, T., Aigner-Walder, B. (2011): Zukunftsperspektiven der Elektromobilität – Treibende Faktoren und Hemmnisse aus ökonomischer Sicht, Sonderforschungsgruppe Institutionenanalyse, sofia-Diskussionsbeiträge 11-7, Darmstadt, 2011

Dörries, R. (2004): Entwicklung von Verfahrenskriterien für Präzisionsanflüge der Betriebsstufe I unter Verwendung bodengestützt augmentierter Satellitensysteme, Berlin, 2004

DPD – Dynamic Parcel Distribution (2016): Zustellfahrzeug von DPD zum Plug-In-Hybrid umgerüstet, https://www.dpd.com/de/home/ueber_dpd/presse_center/presse_ mitteilungen/aktuelle_pressemitteilungen/elena_stellt_elektrisch_zu_zustellfahrzeug_von_dpd_zum_plug_in_hybrid_umgeruestet, Zugriff: 30.06.2016

DSLV - Deutscher Speditions- und Logistikverband e.V. (2013): Jahresbericht 2012, Bonn, 2013

Eggert, U. (2011): Zukunft Handel, in: Focus Jahrbuch 2012, http://www.medialine.de/media/uploads/projekt/medialine/docs/publikationen/jb_2012/foc_jb_2012_eggert.pdf, Zugriff: 10.11.2015

Elektroauto-News (2014): Alternative Antriebe, http://www.elektroauto-news.net/wiki/alternative-antriebe, Zugriff: 20.11.2014

eMO – Berliner Agentur für Elektromobilität (2016 a): Güterverkehrsprojekt NaNu, http://www.emo-berlin.de/schaufenster/projekte/gueterverkehr/nanu/, Zugriff: 30.06.2016

eMO – Berliner Agentur für Elektromobilität (2016 b): Emissionsfreie Paketlieferung für Berlin, http://www.emo-berlin.de/de/presse/news/emissionsfreie-paketlieferung-fuer-berlin/, Zugriff: 30.06.2016

eMobilität Online (2014): Batteriepreise, http://www.emobilitaetonline.de/wirtschaftlichkeit/kapitel-3-batteriepreise, Zugriff: 20.09.2014

Energie-Lexikon (2014 a): Leistungsdichte, http://www.energie-lexikon.info/ leistungsdichte.html, Zugriff: 09.09.2014

Energie-Lexikon (2014 b): Energiedichte, http://www.energie-lexikon.info/ energiedichte.html, Zugriff: 09.09.2014

EU-Verordnung 443/2009 (2009): Festsetzung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO_2-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex%3A32 009R0443, Zugriff: 31.03.2016

EU-Verordnung 510/2011 (2011): Festsetzung von Emissionsnormen für neue leichte Nutzfahrzeuge im Rahmen des Gesamtkonzepts der Union zur Verringerung der CO_2-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen, http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:145:0001:0018: DE:PDF, Zugriff: 31.03.2016

EU-Verordnung 333/2014 (2014): Änderung der Verordnung (EG) Nr. 443/2009 hinsichtlich der Festlegung der Modalitäten für das Erreichen des Ziels für 2020 zur Verringerung der CO_2-Emissionen neuer Personenkraftwagen, http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=celex:32014R 0333, Zugriff: 31.03.2016

Exxon Mobil Central Europe Holding GmbH (2011): Energieprognose 2011-2030 Deutschland, Schwerpunkt: wieviel Zukunft steckt im Auto von heute?, Media Nord Print, Hamburg, 2011

Fahimnia, B., Bell, M. G. H., Hensher, D. A., Sarkis, J. (2015): Green Logistics and Transportation. A Sustainable Supply Chain Perspective, Springer International Publishing Switzerland, 2015

FAZ – Frankfurter Allgemeine Zeitung (2010): Kein Blut ind Handy, Verfügbar unter:
http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/rohstoffe-kein-blut-ins-handy-1939649.html, Zugriff: 26.10.2015

Festag, A., Rehme, M., Krause, J. (2016): Studie Mobilität 2025: Koexistenz oder Konvergenz von IKT für Automotive? Anforderungen der vernetzten

Mobilität von morgen an Fahrzeuge, Verkehrs- und Mobilitätsinfrastruktur; Ester, P. (Hrsg.), VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V., Berlin, 2016

Finanzen.net (2016): Kursabfrage CO_2-Emissionsrechte vom 06.06.2016 18.44 Uhr, http://www.finanzen.net/rohstoffe/co2-emissionsrechte, Zugriff: 06.06.2016

Forschungszentrum Jühlich (2014): Mehr bewegen mit Strom – Der Masterplan Elektromobilität NRW 2014, Jühlich, 2014

Fraunhofer IAO (2012): Szenarios zur Elektromobilität 2025, Stuttgart, 2012

Fraunhofer IML, Daimler AG, DB Mobility Logistics AG (2014): Zukunftsbilder Transport und Logistik 2030 – Untersuchung der entwicklungspotenziale der Verkehrsträger Straße und Schiene bis 2030, Verantwortlich: U. Claussen (fraunhofer IML), K.D. Holloh (Daimler AG), M. Kadow (DB Mobility Logistics AG), Dortmund, Stuttgart, Frankfurt am Main, Februar 2014

Friedrich, K. A., Wagner, N., Bessler, W. (2012): Entwicklungsperspektiven von Li-Schwefel und Li-Luft-Batterien, http://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/ess_2012/Wagner_Entwicklungsperspektiven_LiSchwefel_LiLuft_Batterien.pdf, Zugriff: 18.09.2014

Gabler Wirtschaftslexikon (2015 a): Definition Distributionssystem, http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/distributionssystem.html (Zugriff: 22.01.2015)

Gabler Wirtschaftslexikon (2015 b): Definition Distribution, http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/distribution.html, Zugriff: 31.03.2015

Gausemeier, J., Fink, A., Schlake, O. (1996): Szenario-Management – Planen und Führen mit Szenarien, 2. Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien, München, 1996

GeNaLog (2016 a): Projektinformationen GeNaLog, http://www.genalog.de/ p/projekt.html; Zugriff: 30.06.2016

GeNaLog (2016 b): Verbundprojekt „Geräuscharme Nachtlogistik“ - Geräuscharme Logistikdienstleistungen für Innenstädte durch den Einsatz von Elektromobilität, http://www.elektromobilitaet-dienstleistungen.de/?page_id=675; Zugriff: 30.06.2016

Georgi, H., Wimmer, T. (Hrsg.) (2011): Grünbuch der nachhaltigen Logistik: Handbuch für die ressourcenschonende Gestaltung logistischer Prozesse, Eigenverl. Bundesvereinigung Logistik (BVL) Österreich, Wien, Bremen, 2011

Geschka, H. (1999): Die Szenariotechnik in der strategischen Unternehmensplanung, in: Hahn, D., Taylor, B.: strategische Unternehmensplanung, Physica Verlag, Heidelberg, 1999, S. 518 – 545

Geschka, H. (2006): Szenariotechnik als Instrument der Frühaufklärung, In: Gassmann, O., Kobe, C. (Hrsg.): Management von Innovationen und Risiko: Quantensprünge in der Entwicklung erfolgreich managen, S. 357 – 372, 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2006

Geschka, H., Schwarz-Geschka, M. (2012): Einführung in die Szenariotechnik, Geschka & Partner Unternehmensberatung, Darmstadt, 2012

Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie (2015): Branche – Textil und Mode, http://www.textil-mode.de/branche, Zugriff: 26.11.2015

Gesetze im Internet (2016): Elektromobilitätsgesetz, https://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/emog/gesamt.pdf, Zugriff: 11.06.2016

GIZ – Deutsche Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit GmbH, ICLEI – Local Governments for Sustainability (2012): Green Urban Economy – Conceptual basis and courses of action, Discussion Paper, Eschborn, Bonn, 2012

GO! (2016): Daten und Fakten des Unternehmens, http://www.general-overnight.com/de-de/Unternehmen/Daten-Fakten, Zugriff: 12.01.2016

Golze, K. (2010): Haupteinflussfaktoren in der Entwicklung der Elektromobilität, WIPN-Group, Berlin, 2010

Google Trends (2015): Abfrage der Häufigkeit der gesuchten Begriffe im Zeitraum 2004 - 2015: Green Fashion, Sustainable Fashion und grüne Mode,
https://www.google.de/trends/explore#q=sustainable%20fashion%2C%20gr%C3%BCne%20mode%2C%20green%20fashion&cmpt=q&tz=Etc%2FGMT-1, Zugriff: 29.11.2015

Göpfert, I. (2005): Logistik Führungskonzeption – Gegenstand, Aufgaben und Instrumente des Logistikmanagements und –controllings, 2. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München, 2005

Göpfert, I. (2009): Logistik der Zukunft – Logistics for the Future, 5. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009

GreenGear (2014): Hybridantriebe,
http://www.greengear.de/hybridantrieb-paralleler-hybrid/, Zugriff: 20.11.2014

Gudehus, T. (2012 a): Logistik 1 – Grundlagen, Verfahren, Strategien, 4. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Heidelberg, 2012

Gudehus, T. (2012 b): Logistik 2 – Netzwerke, Systeme, Lieferketten, 4. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Heidelberg, 2012

Hacker, F., von Waldenfels, R., Mottschall, M. (2015): Wirtschaftlichkeit von Elektromobilität in gewerblichen Anwendungen – Betrachtung der Gesamtnutzungskosten, ökonomischen Potenziale und Möglichkeiten der CO2-Minderung, Abschlussbericht, Berlin, 2015

Hao, H., Geng, Y., Sarkis, J. (2016): Carbon footprint of global passenger cars: Scenarios through 2050, in: Energy. The International Journal, Vol. 101, Seiten 121-131, 2016

Heiserich, O.-E. (2002): Logistik – Eine praxisorientierte Einführung. 3. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2002

Hermann, D. (1991): Zukunftsplanung mit Scenariotechnik, Wien, 1991

Hettesheimer, T., Lerch, C.M. (2014): Future Trends of the automotive Li-Ion Battery Supply Chain in Germany - Dynamic effects on raw materials

and employment, Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Karlsruhe, 2014

Hoffmeister, W. (2008): Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse. Eine Entscheidungsorientierte Darstellung mit vielen Beispielen und Übungen, BWV Verlag, Berlin, 2008

Hoheneck, F. (1993): Bewertungsmodelle als Entscheidungshilfe bei Umweltschutzinvestitionen, Centaurus-Verlagsgesellschaft, Freiburg, 1993

Huber, A., Laverentz, K. (2012): Logistik, Franz Vahlen Verlag München, München, 2012

Hüttl, R. F., Spath, D. (Hrsg.), Pischetsrieder, B. (2010): Elektromobilität – Potenziale und wissenschaftlich-technische Herausforderungen, in: acatech Diskutiert, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (acatech), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2010

Huynh, T. H. (2013): Beitrag zur Systematisierung von Theorien in der Logistik, Universitätsverlag der TU Berlin, Berlin, 2013

Hybridautos.info (2014): Hybrid-Einstufung, http://www.hybrid-autos.info/Hybrid-Einstufung/, Zugriff: 20.11.2014

Hybrid Piloten (2014): Mild-, Voll- und Plug-in-Hybrid, http://hybrid-piloten.de/mild-voll-und-plug-in-hybrid , Zugriff: 27.11.2014

InitiativE Berlin-Brandenburg (2015): 1. Zwischenbericht, Berliner Agentur für Elektromobilität eMO, Berlin, 2015

Ifmo - Institut für Mobilitätsforschung (2010): Zukunft der Mobilität Szenarien für das Jahr 2030, zweite Fortschreibung, Verlag: BMW AG, München, 2010

Institut für organischen Landbau (2013): Marktanteile im Segment Bio-Lebensmittel – Folgen und Folgerungen, https://www.gruene-bundestag.de/fileadmin/media/gruenebundestag_de/themen_az/agrar/PDF/13-05Studie_steigender _Bioimport.pdf, Zugriff: 16.04.2016

International Energy Agency (IEA), OECD (2009): Transport, Energy and CO2, Moving Toward Sustainability, IEA-Publications, Paris, 2009

International Energy Agency (2013): CO2 Emissions from Fuel Combustion – Highlights, Paris, 2013

Internationaler Verband der Naturtextilwirtschaft e.V. (2015): Pressemitteilung – So war es, so wird es, http://www.naturtextil.de/medien/ivn_pm_ pressegespraech.pdf, Zugriff: 16.04.2016

Intertek GmbH (2014): Whitepaper: Die Zukunft der Batterietechnologien, online unter: http://www.intertek.de/zukunft-batterie-technologien/, Zugriff: 15.07.2014

International Transport Forum (2010): Transport Greenhouse Gas Emissions – Country Data, OECDpublishing, Paris, 2010

Iveco Magrius AG (2016 a): Der neue Daily Electric, technische Informationen, http://www.iveco.com/Germany/collections/catalogues/Documents/Neue_Materialien_DE/Daily_Electric.pdf, Zugriff: 11.06.2016

Iveco Magrius AG (2016 b): Der neue Daily, technische Informationen, http://www.iveco.com/Germany/collections/technical_sheets/Documents/New%20DAILY/Kastenwagen/35S11_13_15V.pdf, Zugriff: 11.06.2016

Jossen, A., Weydanz, W. (2006): Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen, 1. Auflage, UBooks Verlag, 2006

Kaiser, O. S., Meyer, S., Schippl, J. (2011): ITA-Monitoring Elektromobilität, in: Zukünftige Technologien Consulting (hrsg.): ITA-Kurzstudie Elektromobilität, VDI Technologiezentrum, Düsseldorf, 2011

Kampker, A., Vallee, D., Schnettler, A. (Hrsg.) (2013): Elektromobilität – Grundlagen einer Zukunftstechnologie, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2013

Kille, Ch., Schwemmer, M. (2014): Die TOP 100 der Logistik, Marktgrößen, Marktsegmente und Marktführer in der Logistik-Dienstleistungswirtschaft, DVV Media Group, Hamburg 2014

Klaus, Peter (2003): Die Top 100 der Logistik. Marktgrößen, Marktsegmente und Marktführer in der Logistik-Dienstleistungswirtschaft, 3. Auflage, DVV Media Group, Hamburg 2003

Kleine-Möllhoff, P., Benad, H., Beilard, F., Esmail, M., Knöll, M. (2012): Die Batterie als Schlüsseltechnologie für die Elektromobilität der Zukunft: Herausforderungen – Potenziale – Ausblick, Working Paper, ESB Business School Reutlingen, Reutlingen, 2012

Klink, G., Krubasik, S., Rings, Th., Schindler, M. (2012): Überspannung im Batteriemarkt für Elektrofahrzeuge, A.T. Kearny Studie "E-Drive Batteries 2015", Stuttgart, 2012

Knahl, T, Sommer, C. (2013): Einsatzpotenziale für Elektrofahrzeuge in der Hamburger Wirtschaft – Ergebnisse einer Unternehmensbefragung und Handlungsempfehlungen, Hamburger Handelskammer (Hrsg.), Hamburg, 2013

Koglin, G. (2014): Demografie und Mobilität in Berlin 2030, Technologiestiftung Berlin, LM Druck+Medien GmbH, Berlin, 2014

Kornmeier, M. (2007): Wissenschaftstheorie und wissenschaftliches Arbeiten, Physica-Verlag Heidelberg, Heidelberg, 2007

Kosow, H., Gaßner, R. (2008): Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse – Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien, Werkstattbericht Nr. 103, Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung, Berlin, 2008

KMPG AG, EHI Retail Institute (2012): Consumer markets: Trends im Handel 2020, Hamburg, 2012

Kraytsberg, A., Ein-Eli, Y. (2011): Review on Li-ar batteries – Opportunities, limitations and perspective, in: Journal of Power Sources, Vol. 196, Issue 3, S. 886-893, Elsevier, 2011

Krippendorf, W., Holst, G., Richter, U. (2009): Branchenanalyse Textilindustrie. Untersuchungen zur Situation und Entwicklung der Branchen „Textilgewerbe“, Projektbericht, IMU-Institut Berlin GmbH, Berlin, 2009

Kromrey, H. (2006): Empirische Sozialforschung, 11. Auflage, Lucius & Lucius Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2006

Krüger, R. (2004): Das Just-in-Time Konzept für globale Logistikprozesse, 1. Auflage, Deutscher Universitäts-Verlag, Bochum, 2004

Kucht Campos, J., Schöder, D. (2014): Sustainable Logistics: At The Edge of Tomorrow; in: Klinkner, R.; Straube, F. (Hrsg.): Manufacturing Excellence Report 2014, Band 10. Berlin; Universitätsverlag der TU Berlin, 2014, S. 124-126

KV e-Chain (2015): 2. Zwischenbericht KV e-Chain, VDI/VDE-IT, Wildau, 2015

Lamneck, S. (2005): Qualitative Sozialforschung, 4. Auflage, Beltz Verlag, Weinheim, 2005

Lenz, B. (2003): Wer kauft schon im Internet – Das Einkaufsverhalten von Online-Kunden und seine räumliche Relevanz, in: B2C Elektronischer Handel – eine Inventur: Unternehmensstrategien, logistische Konzepte und Wirkungen auf Stadt und Verkehr, Jessen, J., Lenz, B., Roos, H. J., Vogt, W. (Hrsg.), Leske + Budrich, Opladen, 2003

Lexikon der Nachhaltigkeit (2015): Nachhaltigkeit in der Modebranche, https://www.nachhaltigkeit.info/artikel/nachhaltigkeit_in_der_modebranche_1764.htm, Zugriff: 29.11.2015

Little, J. D. C. (1970): Models and Managers: The concept of a decision calculus, in: MS 16 (1970), S. B 466-485

Maniak, U. (2001): Wasserwirtschaft. Einführung in die Bewertung wasserwirtschaftlicher Vorhaben, Springer Verlag, Berlin, 2001

Martin, H. (2004): Transport- und Lagerlogistik – Planung, Aufbau und Steuerung von Transport- und Lagersystemen, 5. Auflage, Vieweg Verlag, Wiesbaden, 2004

Mayring, P. (2002): Einführung in die Qualitative Sozialforschung, 5. Auflage, Beltz Verlag, Weinheim, 2002

McKinsey & Company (2012): Battery Technology, http://www.mckinsey.com/insights/energy_resources_materials/battery_technology_charges_ahead, Zugriff: 12.09.2014

Metro MLG Logistik (2002): Ganzheitliche Handelslogistik – Innovation in der Supply Chain durch einen „Internal 4PL";Metro MLG Logistik GmbH, Düsseldorf, 2002

Miebach Consulting (2014): Studie Logistikoutsourcing 2014 – Hype weicht Professionalisierung, Miebach Consulting GmbH, Frankfurt am Main, 2014

Mobility2Grid (2016): Forschungscampus Mobility-2-Grid, http://mobility2grid.de/, Zugriff: 30.06.2016

Moder, N. (2009): Standard-Vorgehensweise zur Analyse und Optimierung der Distributionslogistik im Bereich Business to Consumer, Dissertation, Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, 2009

Nagel, A. (2011): Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit – Ökologische Nachhaltigkeit als Zielgröße bei der Gestaltung logistischer Netzwerke, Universitätsverlag der Technischen Universität Berlin, Berlin, 2011

Nationale Plattform Elektromobilität (2012): Dritter Fortschrittsbericht der Nationalen Plattform Elektromobilität, Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) (Hrsg.), Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn, 2012

Nationale Plattform Elektromobilität (2014): Fortschrittsbericht 2014 – Bilanz der Marktvorbereitung, Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) (Hrsg.), Berlin, 2014

Nationale Plattform Elektromobilität (2016): Roadmap integrierte Zell- und Batterieproduktion Deutschland, Gemeinsame Geschäftsstelle Elektromobilität der Bundesregierung (GGEMO) (Hrsg.), Berlin, 2016

Nieschlag, R., Dichtl, E., Hörschgen, H. (2002): Marketing, 19. Auflage, Verlag Dunker & Humblot, Berlin, 2002

OECD (2015): Welthandel: Internationaler Frachtverkehr vervierfacht sich bis 2050, Presseerklärung, 27.01.2015, Paris – Berlin, http://www.oecd.org/berlin/presse/welthandel-internationaler-frachtverkehr-vervierfacht-sich-bis-2050.htm, Zugriff: 30.01.2015

Reibnitz, U. (1992): Szenario-Technik – Instrumente für unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung, 1. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 1992

Pepels, W. (1995): Handelsmarketing und Distributionspolitik, Schäffer-Poeschel Verlag für Wirtschaft, Stuttgart, 1995

Peters, A., Popp, M., Agosti, R., Ryf, B. (2011): Elektroautos in der Wahrnehmung der Konsumenten – Zusammenfassung der Ergebnisse einer Befragung in Deutschland, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, 2011

Pflüger, W. (1991): Pilotstudie zur Anwendung nutzwertanalytischer Verfahren: Beitrag des DVWK-Fachausschusses ‚Planungs- und Bewertungsverfahren', Mitteilungen des Deutschen Verbandes für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Heft 22, Bonn, 1991

Pfohl, H.-C. (2010): Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 8. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2010

Phleps, P., Feige, I., Zapp, K. (2015): Die Zukunft der Mobilität Szenarien in Deutschland für 2035, Ifmo – Institut für Mobilitätsforschung (Hrsg.), Druckerei Humburg, München, 2015

Richter, J., Lindenberger, D. (2010): Potenziale der Elektromobilität bis 2050 – Eine szenarienbasierte Analyse der Wirtschaftlichkeit, Umweltauswirkungen und Systemintegration, Energiewirtschaftliches Institut an der Universität Köln, Köln, 2010

Porter, M. E. (2012): Wettbewerbsstrategie: Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten, 12. Auflage, Campus Verlag, Frankfurt am Main, 2012

Prognos AG, EWI – Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln, GWS Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung mbH

(2014): Entwicklung der Energiemärkte – Energiereferenzprognose, Endbericht Projekt Nr. 57/12, Basel, Köln Osnabrück, 2014

Prognos AG, EWI – Energiewirtschaftliches Institut an der Universität zu Köln (2005): Die Entwicklung der Energiemärkte bis zum Jahr 2030, Energiewirtschaftliche Referenzprognose, Köln, Basel, 2005

Progtrans (2007): Abschätzung der langfristigen Entwicklung des Güterverkehrs in Deutschland bis 2050, Basel, 2007

Pues, C. (2003): E-Commerce, Logistik, Disposition, Güterverkehrsaufkommen und -leistung aus Sicht der Praxis, in: B2C Elektronischer Handel – eine Inventur: Unternehmensstrategien, logistische Konzepte und Wirkungen auf Stadt und Verkehr, Jessen, J., Lenz, B., Roos, H. J., Vogt, W. (Hrsg.), Leske + Budrich, Opladen, 2003

PWC - PricewaterhouseCoopers (2013): Nachhaltigkeit – Mit Strategie zu mehr Effizienz, http://www.pwc.de/de/transport-und-logistik/logistikbranche-unterschaetzt-chancen-von-nachhaltigkeitsstrategien-.jhtml, Zugriff: 16.10.2014

Retzbach, L. (2008): Akkus und Ladetechniken, Franzis-Verlag, München, 2008

Rickert, K., Ruiz-Rodriguez, E., Ruwenstroth, G. (1993): Fallbeispiel zur Nutzwertanalyse – Wasserwirtschaftliche Planung Emstal: Beitrag des DVWK Fachausschusses, Projektplanungs- und Bewertungsverfahren", DVWK-Mitteilungen 23, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Bonn, 1991

Roland Berger Strategy Consultants (2015): Studie: Index Elektromobilität 3. Quartal 2015, in Zusammenarbeit mit der Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen, Verfügbar unter: http://www.rolandberger.de/media/pdf/ Roland_Berger_Index_Elektromobilitaet_Q3_2015_20150911.pdf, Zugriff: 15.10.2015, München, 2015

Roos, H. J. (2003): Der Einfluss von Online-Shopping im E-Business auf die Weiterentwicklung existierender Gütertransport- und Logistiksysteme, in: B2C Elektronischer Handel – eine Inventur: Unternehmensstrategien, logis-

tische Konzepte und Wirkungen auf Stadt und Verkehr, Jessen, J., Lenz, B., Roos, H. J., Vogt, W. (Hrsg.), Leske + Budrich, Opladen, 2003

Roos, W. (2014): Supply Chain Integration, Einflussfaktoren und Erfolgsgrößen – Empirische Untersuchung in der deutschen produzierenden Industrie, Wissenschaftlicher Verlag Berlin, Berlin, 2014

Saaty, T. L. (1977): A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures, in: Journal of Mathematical Psychology, Vol. 15, S. 234-281, 1977

Saaty, T. L. (1990): How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process, in: European Journal of Operations Research, Vol. 48, S. 9-26, 1990

Schädlich, G. (2011): Moderne Batterietechnologien – eine Option zur Zwischenspeicherung regenerativer Energien und Stabilisierung der Netze, Expertentreffen, Leipzig, 2011

Schmidt, G. (2003): Methode und Techniken der Organisation, Verlag Dr. Götz Schmidt, Gießen, 2003

Schneck, A. (2006): Optimierung der Grundwasserbewirtschaftung unter Berücksichtigung der Belange der Wasserversorgung, der Landwirtschaft und des Naturschutzes, Stuttgart, 2006

Schöder, D., Kucht Campos, J. (2015): Sustainable Supply Chain Management: The Bigger Picture; in: Klinkner, R.; Straube, F. (Hrsg.): Manufacturing Excellence Report 2015, Band 11. Berlin; Universitätsverlag der TU Berlin, 2015, S. 102-105

Schögel, M. (2012): Distributionsmanagement: Das Management der Absatzkanäle, Verlag Franz Vahlen München, München, 2012

Schubert, M., Kluth, T., Nebauer, G., Kotzagiorgis, S., Butz, B., Schneider, W., Leible, M. (2014): Verkehrsverflechtungsprognose 2030, LoS 3: Erstellung der Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen unter Berücksichtigung des Luftverkehrs, Forschungsbericht FE-Nr. 96.0981/2011, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Intraplan Consult GmbH, BVU Beratergruppe Verkehr+Umwelt GmbH, Freiburg, München, Berlin, 2014

Schuh, G., Klappert, S. (2011): Technologiemanagement. Handbuch Produktion und Management 2, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 2011

Schühle, F. (2014): Die Marktdurchdringung der Elektromobilität in Deutschland - Eine Akzeptanz und Absatzprognose, in: Management, Organisation und Information, Band 45, Rainer Hampp Verlag, München und Mering, 2014

Schulte-Zurhausen, M. (2005): Organisation, 5. Auflage, Vahlen Verlag, München, 2005

Schulz, D. (2015): Nachhaltige Energieversorgung und Integration von Speichern. Tagungsband zur NEIS 2015, Springer Vieweg Verlag, Berlin, 2015

Singh, S. (2015): Top 20 Global Mega Trends and Their Impact on Business, Cultures and Society, Frost & Sullivan, Department of Automotive and Transportation, San Antonio, USA, 2015

Smart e-User (2016): Abschlussbericht Smart e-User, Vdi/Vde-IT, http://www.logistik.tu-berlin.de/fileadmin/fg2/Forschung/Smart_e-User_Abschlussbericht.pdf (01.11.2016)

Spath, D., Rothfuss, F., Herrmann, F., Voigt, S., Brand, M., Fischer, S., Ernst, Th. Rose, H., Loleit, M. (2011): Strukturstudie BWe mobil 2011 Baden-Württemberg auf dem Weg in die Elektromobilität, 2. Geänderte Auflage, Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, e-mobil BW GmbH – Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie, Stuttgart, 2011

Spiegel-Online (2016): Verzögerte Energiewende: stromautobahnen kommen frühestens 2025,
http://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/nach-protest-aus-bayern-stromautobahnen-verzoegern-sich-a-1096365.html, Zugriff: 08.06.2016

Specht, G., Fritz, W. (2005): Distributionsmanagement, 4. Auflage, Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, 2005

Statista (2014): Verteilung der CO_2 Emissionen weltweit nach Bereich, Verfügbar unter:
http://de.statista.com/statistik/daten/studie/167957/umfrage/verteilung-der-co-emissionen-weltweit-nach-bereich/ (10.09.2014)

Statista (2015 a): Urbanisierung nach Kontinenten, Verfügbar unter: http://de.statista.com/statistik/daten/studie/169400/umfrage/urbanisierung-nach-kontinenten/ (26.10.2015)

Statista (2015 b): Urbanisierung in den EU Ländern, Verfügbar unter: http://de.statista.com/statistik/daten/studie/249029/umfrage/urbanisierung-in-den-eu-laendern/ (26.10.2015)

Statista (2015 c): In Städten lebende Bevölkerung in Deutschland und weltweit, Verfügbar unter:
http://de.statista.com/statistik/daten/studie/152879/umfrage/in-staedten-lebende-bevoelkerung-in-deutschland-und-weltweit/
(26.10.2015)

Statista (2015 d): Anteil der Ausgaben der privaten Haushalte in Deutschland für Nahrungsmittel, Getränke und Tabakwaren an den Konsumausgaben in den Jahren in den Jahren 1850 bis 2014, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/ 75719/umfrage/ausgaben-fuer-nahrungsmittel-in-deutschland-seit-1900/, Zugriff: 27.11.2015

Statista (2015 e): Umsatz der 100 größten Online-Shops in Deutschland in den Jahren 2013 und 2014 (in Millionen Euro),
http://de.statista.com/statistik/daten/studie/ 170530/umfrage/umsatz-der-groessten-online-shops-in-deutschland/, Zugriff: 27.11.2015

Statista (2015 f): B2C-E-Commerce-Umsatz in Deutschland in den Jahren 1999 bis 2014 sowie eine Prognose für 2015 (in Milliarden Euro), http://de.statista.com/ statistik/daten/studie/3979/umfrage/e-commerce-umsatz-in-deutschland-seit-1999/, Zugriff: 27.11.2015

Statista (2016 a): Marktanteile der führenden Unternehmen im Lebensmittelhandel in Deutschland im Jahr 2014,
http://de.statista.com/statistik/daten/studie/4916/umfrage/marktanteile -der-5-groessten-lebensmitteleinzelhaendler/, Zugriff: 15.01.2016

Statista (2016 b): Food-Umsatzanteil der führenden Unternehmen im Lebensmittelhandel in Deutschland im Jahr 2014, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/153737/umfrage/food-umsatzanteil-der-unternehmen-im-lebensmitteleinzelhandel-in-deutschland/, Zugriff: 15.01.2016

Statista (2016 c): Umsatz mit Bio-Lebensmitteln in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2014 (in Milliarden Euro), http://de.statista.com/statistik/daten/studie/4109/umfrage/bio-lebensmittel-umsatz-zeitreihe/, Zugriff: 15.01.2016

Statista (2016 d): Marktanteil von Biolebensmitteln in Deutschland in den Jahren 2004 bis 2013, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/360581/umfrage/marktanteil-von-biolebensmitteln-in-deutschland/, Zugriff: 15.01.2016

Statista (2016 e): Ausgelagerte Dienstleistungen in der FMCG-Branche in Deutschland 2012, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/244358/umfrage/auslagerung-von-dienstleistungen-in-der-fmcg-branche/, Zugriff: 15.01.2016

Statista (2016 f): Umsatz der führenden Unternehmen in der Konsumgüter-Kontraktlogistik in Deutschland im Jahr 2013 (in Millionen Euro), http://de.statista.com/statistik/daten/studie/330202/umfrage/umsatz-der-unternehmen -der-konsumgueter-kontraktlogistik/, Zugriff: 15.01.2016

Statista (2016 g): Umsatz der Ernährungsindustrie in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2014 (in Milliarden Euro), http://de.statista.com/statistik/daten/ studie/75611/umfrage/umsatz-der-deutschen-ernaehrungsindustrie-seit-2008/, Zugriff: 15.01.2016

Statista (2016 h): Umsatz der Lebensmittelindustrie in Deutschland in den Jahren 2008 bis 2015, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/164959/umfrage/umsatz-der-nahrungsmittelindustrie-in-deutschland-seit-2005/, Zugriff: 08.06.2016

Statista (2016 i): Umsatz im Bekleidungshandel in Deutschland in den Jahren 2009 bis 2014,

http://de.statista.com/statistik/daten/studie/444820/umfrage/umsatzentwicklung-der-bekleidungsbranche-in-deutschland/, Zugriff: 08.06.2016

Statista (2016 j): Umsatz von Kurier-, Express- und Paketdiensten (KEP) in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2014, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/154823/umfrage/umsatz-von-paket-und-kurierdiensten-in-deutschland/, Zugriff: 08.06.2016

Statista (2016 k): Prognose zur Preisentwicklung von Rohöl, Benzin, Diesel und Erdgas von 2010 bis zum Jahr 2040, http://de.statista.com/statistik/daten/studie/285608/umfrage/rohoel-benzin-diesel-und-erdgas-prognose-zur-preisentwicklung/, Zugriff: 09.06.2016

Statista (2016 l): Umsatz der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie in den Jahren 2005 bis 2014 (in Mrd. Euro), http://de.statista.com/statistik/daten/studie/256719/umfrage/umsatz-der-deutschen-textil-und-bekleidungsindustrie/, Zugriff: 19.01.2016

Statista (2016 m): Textil- und Bekleidungseinzelhandel in Deutschland – Statista-Dossier, http://de.statista.com/statistik/studie/id/15611/dokument/textil-und-bekleidungseinzelhandel-in-deutschland--statista-dossier/, Zugriff: 19.01.2016

Sterner, M., Stadler, I. (2014): Energiespeicher: Bedarf – Technologien – Integration, Springer Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, 2014

Straube, F. (2004): e-Logistik – Ganzheitliches Logsitikmanagement, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 2004

Straube, F., Dangelmaier, W., Günthner, W. A., Pfohl, H. C. (2005): Trends und Strategien in der Logistik – Ein Blick auf die Agenda des Logistik-Managements 2010, Deutscher Verkehrs Verlag, Bremen, 2005

Straube, F., Pfohl, H. C. (2008): Trends und Strategien in der Logistik – Globale Netzwerke im Wandel, Deutscher Verkehrs Verlag, Bremen, 2008

Stuhr, H. J. (2013): Untersuchung von Einsatzszenarien einer automatischen Mittelpufferkupplung, Berlin, 2013

Tagesspiegel (2014): Luxusmarken sind nicht fairer als Primark, Verfügbar unter: http://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/prekaere-arbeitsbedingungen-luxusmarken-sind-nicht-fairer-als-primark/10157306.html, Zugriff: 26.10.2015

TCGF - The Consumer Goods Forum (2010): 2020 Future Value Chain Building – Strategies for a new Decade, Issy-les-Moulineaux, 2010

Technische Universität Berlin (2016 a): „RouteCharge" – Batteriewechselsystem für die Erschließung mittlerer Distanzen bei der Filialbelieferung mit e-NFZ, https://www.logistik.tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_forschungsprojekte/routecharge/, Zugriff: 30.06.2016

Technische Universität Berlin (2016 b): Projekt Smart e-User, https://www.logistik.tu-berlin.de/menue/forschung/aktuelle_forschungsprojekte/ smart_e-user/, Zugriff: 30.06.2016

Tenkhoff, C., Funk, G.-U., Sourkounis, C., Reinke, J., Böhm, F. (2011): Szenarien für den Infrastrukturaufbau für Elektromobilität, Ergebnisse aus dem Expertenworkshop „Modellregion für Elektromobilität 2009-2011", NOW Gmbh, Berlin, 2011

Tesla Motors (2014): Gigafactory, http://www.teslamotors.com/sites/default/files/blog_attachments/gigafactory.pdf, Zugriff: 18.09.2014

Thielmann, A., Isenmann, R., Wietschel, M. (2010): Technologie-Roadmap Lithium-Ionen-Batterien 2030, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe, 2010

Thommen, J.-P., Achleitner, A.-K. (2009): Allgemeine Betriebswirtschaftslehre – Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht, 6. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden, 2009

Transport Online (2016): Elektromobilität – Mercedes Umbau für UPS, http://www.transport-online.de/Transport-News/Fahrzeug-

Technik/15661/Elektromobilitaet-Mercedes-Umbau-fuer-UPS, Zugriff: 30.06.2016

Trommsdorff, V., Steinhoff, F. (2007): Innovationsmarketing, Verlag Franz Vahlen, München, 2007

Umweltbundesamt (2014): Batterien, http://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/produktverantwortung-in-der-abfallwirtschaft/batterien, Zugriff: 10.09.2014

Umweltbundesamt (2016): Emissionsstandards PKW und leichte Nutzfahrzeuge, https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsstandards/pkw-leichte-nutzfahrzeuge, Zugriff: 01.06.2016

United Nations (2015): World Urbanization Prospects; Department of Economics and Social Affairs, Polulation Devision, Verfügbar unter: http://esa.un.org/unpd/wup/ (26.10.2015)

UPS Pressroom (2016): UPS setzt konsequente Umrüstung von Dieselfahrzeugen auf umweltfreundliche Elektrofahrzeuge in Europa fort, https://www.pressroom.ups.com/pressroom/ContentDetailsViewer.page?ConceptType=PressReleases&id=1457450373691-925, Zugriff: 30.06.2016

Vahrenkamp, R. (2007): Logistik – Management und Strategien, 6. Auflage, Oldenbourg Verlag München Wien, 2007

Wallentowitz, H., Freialdenhoven, A. (2011): Strategien zur Elektrifizierung des Antriebsstranges – Technologien, Märke und Implikationen, 2. Auflage, Vieweg + Teubner, Wiesbaden, 2011

Wellbrock, Ph., Fette, M., Gabriel, J., Janßen, K. (2011): Bewertung der CO2-Emissionen von Elektrofahrzeugen – Stand der wissenschaftlichen Debatte, Bericht zum Fördervorhaben 03KP544F, Bremer Energie Institut, Bremen, 2011

Wildemann, H. (2012): Elektromobilität – Anforderungen an Reifen, Fahrwerk, Antrieb und Marktpotenziale, TCW Transfer-Centrum, München, 2012

Witte, H., Maue, H.-J. (1980): SPSS Nutzwertanalyse. Ein Beitrag zur Methodik EDV-Gestützter Entscheidungsvorbereitung, Heft 55, Gesellschaft für wirtschafts- und verkehrswissenschaftliche Forschung e.V. Bonn, Königswinter, 1980

World Energy Council (2011): Global Transport Scenarios 2050, London, 2011

Zangemeister, Ch. (1971): Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen, 2. Auflage, München. 1971

Zeit Online (2012): Unsere zweite Haut, http://www.zeit.de/zeitwissen/2013/01/Nachhaltige-Kleidung/komplettansicht, Zugriff: 29.11.2015

Zimmer, W., Hacker, F. (2012): Renewbility II – Szenarien für einen anspruchsvollen Klimaschutzbeitrag des Verkehrs, Zentrale Ergebnisse, Öko-Institut e.V. (Hrsg.), Berlin, 2012

Zimmermann, K. (2005): Möglichkeiten zur Erhöhung der Wandlungsfähigkeit in der Distributionsstrukturplanung und der Distributionsstruktur, Verlag Dr. Kovac, Hamburg, 2005

Z_Punkt GmbH (2014): Megatrends 2020 Plus, Studie, Unternehmer Position Nord (Hrsg.), Druck: HSH Nordbank AG, Köln 2014

Z_Punkt GmbH (2015): Megatrends Update, Präsentationsunterlage, Unternehmer Position Nord (Hrsg.), Druck: HSH Nordbank AG, Köln, 2015

Zsifkovits, H. E. (2013): Logistik, UVK Verlagsgesellschaft, Konstanz München, 2013

Zukunftsinstitut (2015): Urbanisierung – Die Stadt von morgen, Verfügbar unter: https://www.zukunftsinstitut.de/artikel/urbanisierung-die-stadt-von-morgen, Zugriff: 26.10.2015

Anhang 1

Interviewleitfaden

1 Einführung

- Begrüßung und Vorstellung
- Erläuterung der Zielstellung der Dissertation
- Beschreibung der Vorgehensweise und des Aufbaus des Interviews
- Rückfragen zum Interview durch den Interviewpartner

2 Vorstellung der Dispositionsparameter

Die Gestaltung von Distributionssystemen ist abhängig von Strukturparametern (Empfänger- und Lieferantenstruktur (Anzahl und Standorte), Anzahl der Zwischenstationen (Anzahl, Art, Struktur), Leistungsparameter (Serviceanforderungen, Sortimentsanforderungen, Bestandsanforderungen, Durchsatz etc.) und Transportparametern (Lieferfrequenz, Ladungsaufkommen, Transportkosten, Ladungsgröße, Tourlänge etc.).

- Vergleichende Bewertung einzelner Parameter und Parametergruppen, hinsichtlich Ihrer Bedeutung für den Einsatz elektromobiler Fahrzeuge in der Distribution.

3 Abfrage der Ausprägung ausgewählter Gestaltungsparameter der Distribution

- Abfrage folgender Strukturparameter:
  - Anzahl und Art der Zwischenstationen?
    - Regionalläger, Zentrallager, Cross-Docking Terminals
    - Stufigkeit der Distribution
    - quell- oder zielgebietsorientierte Lagerstruktur?
  - Welche Distributionskanäle werden bedient?
- Abfrage folgender Leistungsparameter:
  - Allokationsparameter
    - Welche Waren(gruppen) werden distribuiert?
    - Welche Volumina werden insgesamt je Tag je Senke distribuiert?
    - Welche Volumina je Filiale/Point of Sale?
    - Welche Volumina pro Tour?

        - Welche Lieferzeit der Produkte wird angestrebt?
    - Verbrauchsparameter
        - Periodizität des Bedarfs
        - Welche Lieferfrequenzen existieren (Schnell- vs. Langsamdreher)?
        - Bedarfsplanung
        - Wie findet die Bedarfsplanung statt? (historische Werte, Prognoseverfahren, Anzahl der Tage/Stunden Vorlauf)
    - Nachschubgrößen
        - Lagerbestand
        - Welche Reichweite des Lagerbestands wird angestrebt?
        - Welche Volumina gehen aus dem (Regional/Zentral)Lager ab?
- Abfrage folgender Transportparameter:
    - Transportparameter
        - Werden andere Verkehrsträger als die Straße verwendet?
        - Anzahl und Art der verwendeten Fahrzeuge?
        - Besitzverhältnisse der Fahrzeuge?
    - Leasing, Miete, Eigentum
        - Werden Subunternehmer eingesetzt?
    - Wie viele? Größe und Art der Flotten? Welche Art Subunternehmer (LDL, Spediteure, Transporteure)?
        - Welche Tourstruktur liegt vor?
    - Milk-Run, Direktverkehr
        - Welche Tourlängen (in km) müssen durchschnittlich pro Tag gefahren werden?
        - Wie lange dauert eine durchschnittliche Tour (in h)?
        - Wie lange ist die durchschnittliche Standzeit pro Senke?
- Strategie und Nachhaltigkeit
        - Welche Unternehmensstrategie wird verfolgt?
            - nach Porter: Qualitätsführerschaft, Kostenführerschaft, Spezialisierung/Nische
        - Welche Dispositionsstrategie wird verfolgt?
            - Differenzierungs-, Stabilisierungs-, Imagebildungs-, Rationalisierung-, Internationalisierungs-, Segmentierungsstrategie
        - Welche Bedeutung hat Nachhaltigkeit im Rahmen der Unternehmens- bzw. Distributionsstrategie?
            - Sind Nachhaltigkeitskriterien Bestandteil der Rahmvereinbarungen mit Subunternehmern?

- Welche Nachhaltigkeitsinitiativen gib es in Ihrem Unternehmen? (internes Reporting, eigene Programme, Beteiligung an Forschungsprojekten, Innovationsabteilung)
- Wie schätzen Sie den Grad des Umweltbewusstseins Ihrer Kunden ein?
- Wie schätzen Sie allgemein den Grad des Umweltbewusstseins in der Bevölkerung ein?
- Wie schätzen Sie aus Unternehmenssicht die aktuelle Regulierungsintensität in Bezug auf umweltrechtliche Vorgaben ein?

- Elektromobilität
  - Hatten Sie bereits Kontakt zu elektromobilen Themen?
  - Besitzt Ihr Unternehmen Elektrofahrzeuge?
    - JA: Welche? Wie viele? Wie eingesetzt? Welche Erfahrungen gemacht?
    - NEIN: Anschaffung geplant? Wie sollen sie eingesetzt werden?
  - Welche Leistungsparameter müsste ein Elektrofahrzeug ihrer Meinung nach besitzen?
    - Nutzlast, Reichweite, Ladedauer etc.
  - Existiert eine Mehrpreisbereitschaft bei der Anschaffung von Elektrofahrzeugen?
  - Welche Fördermaßnahmen und -instrumente erscheinen Ihnen besonders geeignet?

4 Heutiger Einsatz von Elektromobilität

- In welchen Bereichen setzen Sie Elektrofahrzeuge bereits heute ein? (Intra-Logistik, Distribution, letzte Meile, Fernverkehr, urbane und suburbane Gebiete, projektbezogener Einsatz, Dienstwagen, PR-Maßnahme etc.)
- Was ist Ihre Motivation für den heutigen Einsatz von Elektrofahrzeugen? Mit welchem Ziel setzen Sie die Fahrzeuge ein? (Innovationsführer / Qualitätsführer, Nachhaltigkeitsziele, Kundenwunsch/ -nachfrage, Kostenvorteile, Risikomanagement (z. B. bzgl. ordnungspolitischer Maßnahmen))

5 Zukünftige Entwicklungen

Im Rahmen der Dissertation wurde eine Szenario-Analyse durchgeführt, um die zukünftigen Entwicklungen in der Distribution und der Elektromobi-

lität unter Zuhilfenahme von Szenarien zu beschreiben. Für die Entwicklung der Szenarien wurden zahlreiche Einflussfaktoren der Elektromobilität und der Distribution – beide Bereiche wurden zunächst getrennt betrachtet – im Rahmen einer empirischen Erhebung mit 25 Experten aus der Praxis in ihrer Wirkung und Bedeutung bewertet. Auf diese Weise konnten insgesamt 17 Schlüsselfaktoren identifiziert werden, für welche Zukunftsprojektionen entwickelt wurden. Unter Beachtung der Wirkungszusammenhänge dieser Faktoren und unter Verwendung einer Konsistenzanalyse wurde das folgende Zukunftsbild entwickelt.

- Vorstellung des Szenarios 2030
- Vorstellung der Schlüsselfaktoren
- Nachfrage zur Plausibilität der identifizierten Schlüsselfaktoren und des Szenarios 2030; Diskussion hinsichtlich weiterer/anderer Entwicklungen im Szenario
- Welche Entwicklungen sehen Sie zukünftig hinsichtlich der folgenden Einflussbereiche (2030)?
    - Nachfrageverhalten der Kunden
    - Wirtschaftlichkeit E-Mobilität
    - Leistungsparameter E-Mobilität
    - Politische Rahmenbedingungen
    - Umweltbewusstsein/Nachhaltigkeit
    - Veränderungen hinsichtlich der Distribution
    - andere
- Welche Auswirkungen hat der Einsatz von Elektromobilität Ihres Erachtens auf das Distributionssystem Ihres Unternehmens?
    - Veränderungen in Vor- und Nachgelagerten Prozessen
    - Änderung der Zeitscheiben der Distribution (z. B. Nachtbelieferung)
    - Erhöhung des Servicelevels / der Leistungsqualität? (z. B. bessere Reaktionsmöglichkeiten auf steigende Flexibilitätsanforderungen der Kunden)
    - Senkung der Logistikkosten
    - Zusätzliche Aufgaben der Disposition / des Fuhrparkmanagements (z. B. durch Energiemanagement)

- Was sind Ihrer Meinung nach die zentralen Erfolgsfaktoren für den Einsatz der Elektromobilität in der Distribution?
    - Leistungsparameter E-Fahrzeuge
    - Betriebskostenvorteile
    - nachhaltiger Transport bzw. Umweltbewusstsein der Kunden/Gesellschaft
    - andere

Anhang 2

Fahrzeuge lassen sich in zwei Kategorien von Antriebskonzepten unterteilen. Zum einen gibt es Fahrzeuge mit Verbrennungskraftmaschinen, zum anderen Fahrzeuge mit Elektromotoren.[295] Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren unterteilen sich wiederum hinsichtlich ihres Betriebsstoffes in die Kategorien Diesel, Benzin und alternative Kraftstoffe (bspw. Erdgas, Autogas etc.). Fahrzeuge welche mit Elektromotoren angetrieben werden, lassen sich in batterieelektrische Fahrzeuge, Hybridfahrzeuge und Brennstoffzellenfahrzeuge unterteilen. Hybridfahrzeuge lassen sich weiter hinsichtlich der Unterstützung durch den Elektromotor gliedern. Die nachfolgende Abbildung stellt die Kategorisierung der Antriebskonzepte zusammenfassend dar, anschließend werden die wichtigsten Arten von Antriebskonzepten kurz beschrieben werden.

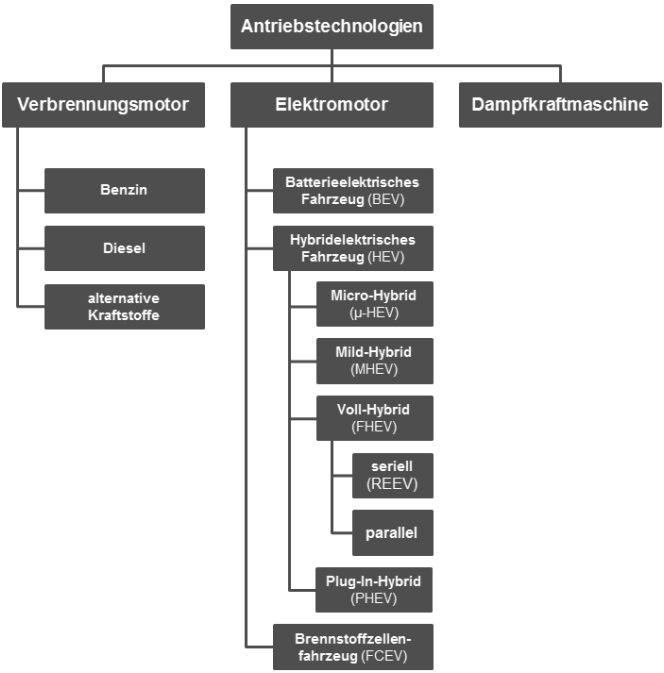


Abbildung 77: Antriebstechnologien[296]

[295] Fahrzeuge mit Dampfkraftmaschinen sind heutzutage nahezu nicht mehr existent. vgl. Knahl, Sommer (2013), S. 14 f

[296] Eigene Darstellung

Batterieelektrische Fahrzeuge (BEV) sind durch einen leistungsfähigen Elektromotor gekennzeichnet, welcher durch am Netz aufladbare Batterien mit Strom versorgt wird.[297] Diese Fahrzeuge besitzen keinen Verbrennungsmotor, keinen Kraftstofftank und keine Abgasanlage. Zum Laden der Batterien wird elektrischer Strom verwendet, welcher entweder aus dem Stromnetz oder aus der Rekuperation beim Bremsen stammt.

Brennstoffzellenfahrzeuge (FCEV) besitzen ebenfalls einen leistungsstarken Elektromotor, welcher jedoch mit Strom versorgt wird, der direkt an Bord des Fahrzeugs erzeugt wird. In der im Fahrzeug verbauten Brennstoffzelle wird die chemische Energie des Wasserstoffs mittels Redox-Reaktion[298] in elektrische Energie umgewandelt.[299] Diese Fahrzeuge besitzen ebenfalls eine Batterie, um kurzfristig nicht benötigte oder durch Rekuperation gewonnene Energie zwischen zu speichern. Diese Batterie ist jedoch nicht am Stromnetz aufladbar. Darüber hinaus besitzen Brennstoffzellenfahrzeuge einen Wasserstofftank.

In Hybridfahrzeugen (HEV) kommen sowohl der Elektromotor als auch der Verbrennungsmotor zum Einsatz. Der Elektromotor ist weniger leistungsstark als bei den bereits beschriebenen Antriebskonzepten. Die Batterien im Fahrzeug speichern die durch Rekuperation gewonnene Bremsenergie und werden außerdem beim Fahren über den Verbrennungsmotor wieder aufgeladen. Hybridfahrzeuge besitzen außerdem einen Tank für den Kraftstoff des Verbrennungsmotors. Je nach der Bedeutung des Elektromotors im Antriebskonzept lassen sich Hybridfahrzeuge weiter unterteilen.

---

[297] Vgl. hier und im Folgenden; Die Bundesregierung (2009), S. 7; Knahl, Sommer (2013), S. 14 f; Spath et. al. (2011), S. 8 ff; Kampker, Vallee, Schnettler (2013), S. 266 ff; Wallentowitz, Freialdenhoven (2011), S. 52 ff und S. 58 ff; Brokate et. al. (2013), S. 16 ff; Kaiser, Meyer, Schippl (2011), S. 16 ff; GreenGear (2014); Hybridautos.info (2014); Elektroauto-News (2014); Hybrid Piloten (2014)

[298] Bei einer Redox-Reaktion handelt es sich um eine Reaktion, bei der Reduktion und Oxidation zugleich ablaufen.

[299] Auf weitere Ausführungen zur Funktionsweise und den verschiedenen Typen von Brennstoffzellen soll an dieser Stelle verzichtet werden.

Anhang 3

Die Batterietechnologie kann als technisches Subsystem der Elektromobilität verstanden werden. Ihr lassen sich sechs Handlungsfelder zuordnen, welche die Batterie als technisches System definieren und die Eignung für den Einsatz in Elektrofahrzeugen beeinflussen. Bei diesen Handlungsfeldern handelt es sich um:

Abbildung 78: systemische Betrachtung der Batterie[300]

Der verfügbare Energiegehalt pro Masseeinheit der Batterie wird als gravimetrische **Energiedichte** bezeichnet.[301] Sie ermittelt sich aus dem Produkt von Ladungsdichte und Zellspannung und wird maßgeblich vom verwendeten Elektrodenmaterial beeinflusst.[302] Die kurzzeitig maximal verfügbare Batterieleistung wird als gravimetrische **Leistungsdichte** bezeichnet.[303] Der Parameter beschreibt, wieviel Leistung im Verhältnis zur Masse der Batterie aufgenommen oder abgegeben werden kann (W/kg).[304]

Die **Lebensdauer** einer Batterie ist als der Zeitraum von der Inbetriebnahme bis zum Zeitpunkt des Speicherausfalls zu verstehen.[305] Die Lebensdauer wird durch mechanische und thermische Belastungen beeinflusst und auch als Zyklenfestigkeit bezeichnet. Grundsätzlich wird zwischen Voll- und Teilzyklen beim Be- und Entladen von Batterien unterschieden. Darüber

---

300 Eigene Darstellung

301 Darüber hinaus gibt es den Begriff der volumetrischen energiedichte, welcher die verfügbare Energiemenge pro Volumeneinheit angibt (J/m^3).
Vgl. Birke, Schiemann (2013), S. 54; Energie-Lexikon (2014 b)

302 Vgl. Beermann et. al (2010), S. 26

303 Darüber hinaus gibt es den Begriff der volumetrische Leistungsdichte, welcher die Leistung pro Volumeneinheit bezeichnet (W/m^3).
Vgl. Birke, Schiemann (2013), S. 54 f; Energie-Lexikon (2014 a)

304 Vgl. Beermann et. al (2010), S. 27

305 Vgl. Beermann et. al (2010), S. 28

hinaus haben die Umgebungstemperatur und die Entladetiefe[306] großen Einfluss auf die Lebensdauer.[307] Der Aspekt der **Batteriesicherheit** stellt besonders bei mobilen Anwendungen ein wichtiges Kriterium dar. Die in den Batterien enthaltenden Chemikalien sind hoch entzündlich und können explosive Gemische bilden.[308] Die innerhalb der Batterie statt findene elektrochemische Reaktion darf daher nicht außer Kontrolle geraten, da sonst schlagartig die gesamte Energie freigesetzt werden kann. Starke Wärmeeinwirkung, Kurzschlüsse, Überladungen oder mechanische Einwirkungen auf die Batterie sind die häufigsten Unfallursachen.[309] Der **Kostenfaktor** ist für den Markterfolg moderner Batterien ausschlaggebend.[310] Die Batteriekosten werden derzeit maßgeblich durch die Zellfertigung und die Herstellung weiterer für das Batteriesystem notwendiger Komponenten verursacht. Hinzu kommt, dass die Batterien für mobile Anwendungen derzeit zumeist in Kleinserien produziert werden, was den Preis ebenfalls beeinflusst. Heute kostet die Kilowattstunde – je nach Batterietyp – zwischen 400 und 560 Euro.[311] Mit zunehmendem Markterfolg von Elektrofahrzeugen werden sich jedoch zukünftig die Skaleneffekte bei der Herstellung auch preislich bemerkbar machen.[312] Dem Aspekt der **Umweltverträglichkeit** kommt eine besondere Bedeutung zu. Umweltfreundlichkeit ist zu einem wichtigen Parameter bei der Kaufentscheidung von Fahrzeugen geworden und wird zukünftig weiterhin an Bedeutung gewinnen.[313] Elektrisch angetriebene Fahrzeuge stoßen im Betrieb keine oder nur geringe lokale Emissionen aus (Lärm und Treibhausgase), jedoch ist die Batterieproduktion weiterhin „schmutzig“ und energieintensiv. Die Umweltauswirkungen von Batterien müssen daher ganzheitlich von der Herstellung bis zum Recycling betrachtet werden. Batterien enthalten zahlreiche Schwermetalle, welche z. T. stark toxische Wirkungen auf den Menschen haben.[314] Um die Umweltauswirkungen von nicht mehr verwendbaren Batterien zu

---

306 Die Entladetiefe bezeichnet der Zustand der Batteriekapazität in Bezug auf die Gesamtkapazität der Batterie in Prozent.

307 Vgl. Sterner, Stadler (2014) , S. 229 f

308 Vgl. Kleine-Möllhoff et. al. (2012), S. 13

309 Vgl. Cho, Bruce et. al (2012), S. 10137 ff

310 Vgl. Schühle (2014), S. 136

311 Vgl. McKinsey (2012); Bundesverband eMobilität e.V. (2014)

312 Vgl. Tesla Motors (2014); vgl. Mc Kinsey (2012); vgl. eMobilität Online (2014); vgl. Schühle (2014), S. 136 f

313 Vgl. Wallentowitz, Freialdenhoven (2011), S. 25 f

314 Vgl. Umweltbundesamt (2014)

reduzieren, existiert in Deutschland seit 2009 das Batteriegesetz (BattG), welches die Inverkehrbringung, Rücknahme und Entsorgung regelt.[315]
Ein weiteres wichtiges Handlungsfeld für die Anwendbarkeit der Elektromobilität ist das Themengebiet der Ladeinfrastruktur und Netzintegration. Diesem lassen sich wiederum vier Handlungsfelder zuordnen.[316]

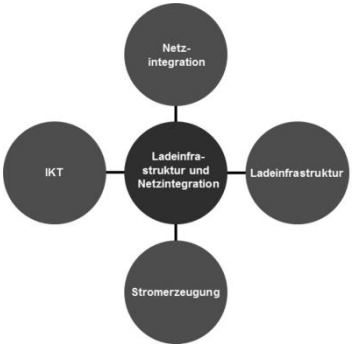


Abbildung 79: systemische Betrachtung der Ladeinfrastruktur und Netzintegration[317]

Die **Ladeinfrastruktur** muss bedarfsorientiert und flächendeckend ausgebaut werden, um der Elektromobilität als Gesamtsystem die gesellschaftliche Akzeptanz und letztlich den Markterfolg zu ermöglichen.[318] Hinzu kommen einheitliche Schnittstellen zwischen Fahrzeug und Ladepunkt, denn nur eine Standardisierung ermöglicht eine universelle Verwendung des Fahrzeugs. Da der Strom letztlich der Betriebsstoff des Elektrofahrzeugs ist, stellt die Verfügbarkeit dieses Betriebsstoffes eine zwingende Voraussetzung für die Nutzung eines Elektrofahrzeugs dar. Das Handlungsfeld der **Stromerzeugung** bezieht sich auf die Art der Stromerzeugung. Nachhaltige Mobilität kann das Gesamtsystem der Elektromobilität nur bieten, wenn der verwendete Strom – möglichst vollständig – bedarfsgerecht und regenerativ erzeugt wurde. Das Themenfeld der **Informations- und Kommunikationstechnik (IKT)** bezieht sich auf die Abrechnung der geladenen Strommenge und auf die intelligente Einbindung der Elektrofahrzeuge in den Energiemarkt. Letzteres fällt jedoch in seinem Kern in das

315 Vgl. Bundesministerium für Justiz und Verbraucherschutz (2009)
316 Hier und im Folgenden: vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2012), S. 10 ff; vgl. Forschungszentrum Jühlich (2014), S. 8 ff; vgl. PWC (2013), S. 113 ff, 127 ff, 133; vgl. Spath et. al. (2011), S. 62, 69 f; vgl. Kaiser et. al. (2011), S. 11 ff
317 Eigene Darstellung
318 Vgl. Smart e-User (2016); vgl. InitiativE Berlin-Brandenburg (2015)

Handlungsfeld der **Netzintegration**, welches sowohl die Einbindung der Elektrofahrzeuge in den Energiemarkt (inklusive des Regelenergiemarktes), als auch die Anbindung der Ladepunkte in ein belastbares Stromnetz umfasst.[319]

Ein weiteres, für den Markterfolg der Elektromobilität wichtiges, technisches Subsystem ist die Fahrzeugtechnik. Diesem lassen sich wiederum sechs Handlungsfelder zuordnen.[320]

Abbildung 80: systemische Betrachtung der Fahrzeugtechnik[321]

Um die Fahrzeugtechnik, als Bestandteil des Gesamtsystems der Elektromobilität, als Befähiger für den Markterfolg der Elektromobilität zu entwickeln, ist es wichtig, dass die Fahrzeugtechnik ihren Beitrag zur Reichweitensteigerung leistet. Dies kann zum einen durch die Verwendung von leichteren Materialien oder eine optimalere Verwertung der zur Verfügung stehenden Energie erfolgen. Auch die funktionale Sicherheit bei der Nutzung der Fahrzeuge, die sog. Störfestigkeit, oder in Unfallsituationen muss gewährleistet sein. Um diese Anforderungen im Rahmen marktüblicher Anschaffungspreise für die Fahrzeuge zu erfüllen, setzt in der Fahrzeugtechnik – nicht erst seit der Elektrifizierung des Antriebsstrangs – eine zunehmende Standardisierung und Modularisierung ein.

---

319 Speziell letzteres ist durch die z. T. sehr hohen Energiemengen, welche ein Elektrofahrzeug während des Ladevorgangs aufnimmt eine Herausforderung. Besonders der Punkt des Lastenausgleichs im Fall von Nachfragespitzen ist derzeit ein zentrales Thema bei der Netzintegration.

320 Hier und im Folgenden: vgl. Nationale Plattform Elektromobilität (2012), S. 10 ff; vgl. Forschungszentrum Jülich (2014), S. 8 ff; vgl. Automotive Center Südwestfahlen (2012), S. 45 ff; PWC (2013), S. 88, 116, 127 ff; Spath et. al. (2011), S. 18 ff, 64 ff; Hüttl et. al. (2010), S. 21 ff, 75 ff; vgl. Kaiser et. al. (2011), S. 11 ff

321 Eigene Darstellung

Anhang 4

Die **Lebensmittelindustrie** erwirtschaftete im Jahr 2014 im Handel einen Umsatz von 186,8 Mrd. Euro, was ca. 10 % der Umsätze des produzierenden Gewerbes entspricht.[322] Innerhalb dieses Segments haben Nahrungsmittel mit ca. 81 % den größten Anteil an den Erlösen, gefolgt von der Getränkeherstellung mit 11% und der Tabakverarbeitung mit ca. 7 %. Insgesamt besitzt die Nahrungsmittelindustrie ein geschätztes Logistikvolumen von 30 Mrd. Euro (FMCG). In 2013 wurde im Lebensmittelsegment eine Beförderungsleistung von ca. 57 Mrd. tkm erzieht, der Verkehrsträger Straße hat daran einen Anteil von 93 %. Die Lebensmittelproduktion in Deutschland ist vorwiegend von kleinen und mittelständischen Unternehmen geprägt. Der dominante Absatzkanal für Lebensmittel in Deutschland ist der stationäre Einzelhandel. Über 75 % Marktanteil des stationären Lebensmitteleinzelhandels werden von fünf Handelsunternehmen erzielt, bei diesen handelt es sich um die Rewe Gruppe, die Edeka Gruppe, die Schwarz Gruppe, die Metro Gruppe und die Aldi Gruppe. Interessant ist an dieser Stelle auch die Wachstumsrate des Bio-Segments im Lebensmitteleinzelhandel, welche in den Jahren 2000 bis 2013 ca. 277 % betrug. Dies ist ein deutlicher Indikator für das zunehmende Nachhaltigkeitsbewusstsein der Kunden. Die logistischen Anforderungen der Lebensmittelbranche sind vielfältig, da Lebensmittel im Allgemeinen verderbliche Güter sind. Die Sicherung der Kühlkette durch temperaturgeführte Transporte sind ebenso wie die Einhaltung von Hygienevorschriften zentrale Anforderungen. Die in diesem Markt tätigen Logistikunternehmen teilen sich auf verschiedene Märkte auf. Die Lebensmitteldistribution in die Filialen der Handelsunternehmen wird häufig von konzerneigenen oder -nahen Logistikunternehmen erbracht. Darüber hinaus können diese Aufgaben auch durch spezialisierte Logistikdienstleister wie bspw. Dachser, Kraftverkehr Nagel oder Nordfrost übernommen werden.

Die **Textil- und Bekleidungsindustrie** in Deutschland hat derzeit ein Marktvolumen von 64,3 Mrd. Euro und gehört zu jenen Branchen, in denen die Internationalisierung der Produktion und die Globalisierung der Märkte

[322] Hier und im Folgenden vgl. Kille, Schwemmer (2014), S. 167 ff; vgl. Statista (2015 d); vgl. Bundesvereinigung der Deutschen Ernährungsindustrie e.V. (2015); vgl. Bund ökologische Lebensmittelwirtschaft e.V. (2015), S. 14, 18; vgl. Institut für organischen Landbau (2013), S. 3

weit fortgeschritten sind.[323] Das Textilgewerbe ist hauptsächlich von kleinen und mittleren Betrieben geprägt und durchlief in den vergangenen Jahrzehnten einen tiefgehenden Wandel. Die Branche ist gekennzeichnet durch teilbranchenspezifische Entwicklungen, eine rückläufige inländische Produktion, sinkenden Beschäftigtenzahlen, eine ausgeprägte (räumliche) Konzentration und starke wechselseitige Abhängigkeiten auf internationaler Ebene. Das Logistikvolumen der Branche wird auf 3,5 Mrd. Euro geschätzt. Im Jahr 2013 erwirtschaftete die Textil- und Bekleidungsindustrie einen Umsatz von 21,9 Mrd. Euro. Die Textil- und Bekleidungsindustrie ist nicht nur aufgrund der bereits aufgeführten wirtschaftlichen Kennzahlen innerhalb der Konsumgüterindustrie von Bedeutung für diese Untersuchung, sondern auch, weil das Thema Nachhaltigkeit bei Bekleidung und Fashion-Artikeln für die Kunden von zunehmend wachsender Bedeutung ist, was die seit Jahren anhaltende öffentliche Diskussion zum Thema nachhaltige Mode und nachhaltige Modeproduktion zeigt. Die Branche stützt sich bei der nationalen Distribution ausschließlich auf den Straßenverkehr, der Seeverkehr ist jedoch im Rahmen der Außenhandelsaktivitäten der Branche von großer Bedeutung. Die Logistiknachfrage in dieser Branche wird von den Textil- und Bekleidungsherstellern generiert. Die Mehrzahl der Bekleidungsartikel wird im Ladungsverkehr, als Stückgut oder Paket versendet. Vorherrschend sind die Konsumgüterkontraktlogistik, welche primär den Endkunden adressiert, sowie die Beförderung der Kleidung per KEP oder Stückgut zu den Filialen der Einzelhändler. Der Versand von Bekleidungsstücken per KEP direkt zum Endkunden wird an dieser Stelle nicht betrachtet, sondern ist Bestandteil des E-Commerce. Eine Besonderheit beim Transport von Bekleidung ist die Tatsache, dass die Kleidungsstücke häufig hängend befördert werden. Die Bekleidungslogistik (häufig auch Fashion-Logistik genannt) wird von spezialisierten Unternehmen übernommen, welche spezielles Logistikwissen bzgl. der Beförderung besitzen und häufig auch darüber hinaus gehende Leistungen erbringen.[324] Zu den in Deutschland führenden Anbietern für die Distributionslogistik von Modeartikeln gehören Logwin, Meyer & Meyer, Deutsche Textil Logistik (DTL) und Hellmann. Zu den KEP-Dienstleistern mit einem Branchenfo-

[323] Hier und im Folgenden vgl. Kille, Schwemmer (2014), S. 197 ff; vgl. Gesamtverband der deutschen Textil- und Modeindustrie (2015); vgl. Krippendorf, Holst, Richter (2009); vgl. BMWi (2015 a); vgl. Lexikon der Nachhaltigkeit (2015); vgl. Zeit Online (2012); vgl. Google Trends (2015); vgl. Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels (2015), vgl. Bundesverband des Deutschen Textileinzelhandels (2016)

[324] Dazu gehört bspw. das Aufbügeln oder Konfektionieren der Kleidung.

kus auf die Bekleidungsindustrie gehören General Overnight, Hermes und DHL Fashion Solutions.

Das Internet und seine rasante Verbreitung in den vergangenen Dekaden haben den Handel in seinen Grundfesten signifikant verändert. **Electronic Commerce** (E-Commerce) lässt sich dabei als digitale Anbahnung, Aushandlung und Abwicklung von Markttransaktionen zwischen Wirtschaftssubjekten verstehen.[325] Mit der Einführung des mobilen Internets und seiner Verbreitung hat sich ein zweiter Terminus, der m-Commerce (Mobile Commerce), etabliert. Für den weiteren Verlauf dieser Arbeit wird der m-Commerce als Teil des E-Commerce betrachtet. In 2014 wurden im Onlinehandel in Deutschland 41,9 Mrd. Euro umgesetzt.[326] Dies entspricht einem Wachstum von rund 7 % gegenüber dem Vorjahr. Bei einer Betrachtung der im E-Commerce gehandelten Warengruppen ist zu erkennen, dass sich der Onlinehandel derzeit auf Non-Food Produkte fokussiert. In den Warengruppen Technik und Medien, Sport und Freizeit sowie Fashion und Lifestyle werden bereits knapp 20 % aller Käufe online getätigt, bei Nahrungsmitteln und Drogerieartikeln sind es dagegen nur knapp 1 %. Der Bereich des Online-Lebensmittelhandels besitzt jedoch derzeit die stärksten Wachstumsraten und gilt als einer der größten, durch E-Commerce noch kaum berührten Märkte mit großem Potenzial. Aktuelle Studien zeigen, dass die Affinität zum Onlineshopping mit zunehmender Haushaltsgröße abnimmt. Gleichzeitig zeigt sich, dass der Anteil der E-Commerce Nutzer bei den unter 40 jährigen deutlich höher ist und dass es eher Männer als Frauen sind, die online einkaufen. Auffällig ist außerdem, dass insbesondere Haushalte mit sehr geringen und mit sehr hohem Nettoeinkommen besonders hohe Onlineausgabenanteile aufweisen. Der Onlineversandhandel ist vom Grundsatz her international, da auch das Internet keine Grenzen kennt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die in 2014 von in Deutschland ansässigen Onlinehändlern erwirtschafteten Umsätze und gibt somit einen Überblick bzgl. der wirtschaftlich erfolgreichsten Onlineshops am Markt.[327]

---

[325] Vgl. Böing (2001), S. 4 f; vgl. Specht, Fritz (2005), S. 193 ff

[326] Hier und im Folgenden vgl. Deals.com (2015); vgl. Statista (2015 f)

[327] An dieser Stelle soll ausdrücklich nur der deutsche Onlineshop mit der dazugehörigen de-Adresse betrachtet werden, um trennscharf den Betrachtungsraum Deutschland zu fokussieren. Bei den Betreibern der Webseiten handelt es sich zumeist um international tätige Unternehmen wie bspw. die Amazon EU S.á.r.l. mit Sitz in Luxemburg, welche auch die Amazon-Shops in anderen europäischen Ländern betreibt.

Rang	Online-Shop	Umsatz in 2014 (in Mio. Euro)
1	Amazon.de	6.574,6
2	Otto.de	1.990
3	Zalando.de	872,4
4	Notebooksbilliger.de	563
5	Cyberport.de	469,1
6	Tchibo.de	420
7	Bonprix.de	419,5
8	Conrad.de	412,7
9	Alternate.de	367,6
10	Store.apple.com/de	353,8

Tabelle 48: Umsatz der 10 größten Online-Shops in Deutschland in 2014[328]

Im E-Commerce werden außerdem nicht nur Konsumgüter der betrachteten Bereiche Lebensmittel und Textilien/ Bekleidung gehandelt, sondern letztlich alle Arten von Konsumgütern. Der Onlineversandhandel ist vorrangig, jedoch nicht ausschließlich, auf den business-to-consumer Transaktionen ausgerichtet. Die logistische Erfüllung der online getätigten Bestellungen wird in der Mehrzahl der Fälle von Systemdienstleistern übernommen, welche durch die Onlinehändler beauftragt werden.[329] Aus diesem Grund soll nun im Folgenden die KEP Dienstleister genauer betrachtet werden.

Die **KEP-Branche** setzt sich aus den Teilmärkten der Kurier-, Express- und Paketdienste zusammen und fokussiert sich auf den Transport von kleinstückigen Gütern.[330] Bei den Auftraggebern handelt es sich zumeist um Versandhändler oder Unternehmen mit einem Direktvertrieb, die ihre Waren business-to-customer (B2C) oder business-to-business (B2B) absetzen. Der KEP-Markt umfasst darüber hinaus auch customer-to-customer (C2C) Sendungen zwischen Privatpersonen und customer-to-business (C2B) Sendungen, bei welchen es sich in der Mehrzahl der Fälle um Retouren handelt. Von den im Jahr 2014 verschickten 2,7 Mrd. Sendungen entfallen 53% auf B2C Sendungen (inkl. Retouren), 39 % auf das B2B und 7% auf das

[328] Eigene Darstellung; vgl. Statista (2015 e)

[329] Die Onlinehändler besitzen z. T. eine erhebliche Verhandlungsmacht ggü. den Systemdienstleistern, da sie mit ihren Mengen und Qualitätsvorgaben (primär bzgl. der Lieferzeit) die Auslastung der Dienstleister maßgeblich beeinflussen.

[330] Hier und im Folgenden vgl. BIEK (2015), S. 4 ff, S. 9; vgl. Kille, Schwemmer (2014), S. 141 ff; vgl. Klaus (2003), S. 100 ff

C2C Segment. Eine Besonderheit des KEP-Marktes ist, dass sich Quell- und Zielgebiete der Sendungen überschneiden und somit die Netzdichte ein zentraler Faktor des Wettbewerbserfolgs ist. Im KEP-Markt existieren keine besonderen Logistikanforderungen, da Gefahrgut, lebende Güter oder temperaturgeführte Güter nicht transportiert werden. Der KEP-Markt ist hoch konzentriert, jedoch haben sich einige Anbieter auf bestimmte Branchen spezialisiert. Die nachfolgende Tabelle ermöglicht eine Übersicht der Akteure am Markt.

Rang	Unternehmen	Umsatz 2013 (in Mio. Euro)	Fokus auf
1	Deutsche Post DHL	4.600	x2x, Paket, Express
2	UPS Deutschland Inc. & Co. OHG	1.600	B2B, Paket
3	DPD GmbH & Co. KG	1.535	B2B, Paket
4	Hermes Europe GmbH	1.125	B2C, Paket
5	GLS Germany GmbH & Co. OHG	920	B2B, Paket
6	TNT Express GmbH	750	B2B, Express
7	Trans-o-Flex GmbH	505	B2B, Express, Pharma
8	GO! Express & Logistics GmbH	169	B2C, B2B, Express
9	Profex Couriersystem GmbH	150	B2B, Express, Kurier
10	In Time Express Logistik GmbH	129	B2B, Express, Kurier

Tabelle 49: Top 10 Unternehmen im KEP-Markt 2013[331]

Im KEP-Markt in Deutschland herrscht ein aggressiver Preiskampf, weshalb die Kostenreduktion ein bedeutender Erfolgsfaktor ist. Der breite Einsatz von Informations- und Automatisierungstechnologien, standardisierte Abläufe sowie das Gesamtvolumen im Netz und die Betriebskosten von (Sortier-)Anlagen und Fahrzeugen sind dabei die zentralen Stellhebel zur Kostenreduktion.

[331] Eigene Darstellung nach Kille, Schwemmer (2014), S. 143

Schriftenreihe Logistik der Technischen Universität Berlin
Hrsg.: Frank Straube, Raimund Klinkner, Helmut Baumgarten
ISSN 1865-3170 (print)
ISSN 2197-0564 (online)

01: Mayer, Axel: Modularisierung der Logistik. Ein Gestaltungsmodell zum Management von Komplexität in der industriellen Logistik. - 2007. - XVIII, 264 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2054-3** EUR **14,90**

02: Thom, Alexander: Entwicklung eines Gestaltungsmodells zum Management von Risiken in Produktionsnetzwerken. Ein Beitrag zum Risikomanagement in der Logistik. - 2008. - XX, 239 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2975-8** EUR **13,90**

03: Bogatu, Christian: Smartcontainer als Antwort auf logistische und sicherheitsrelevante Herausforderungen in der Lieferkette. Auswirkungen und Handlungsempfehlungen für die Wertschöpfungskette der Logistik. - 2008. - XXIV, 286 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2074-1** EUR **19,90**

04: Beckmann, Thomas: Emerging Market Sourcing. Eine empirische Untersuchung zu Erfolgsfaktoren in der Beschaffung aus Wachstumsmärkten. - 2008. -XI, 221 S.
ISBN **978-3-7983-2096-3** EUR **13,90**

05: Dietman, Nils von: Airport Performance Measurement. Kennzahlensystem zur Analyse und Bewertung von Flughafenprozessen. - 2008. - XXI, 204 S., zahlr. Abb. u. Tab.
ISBN **978-3-7983-2103-8** EUR **12,90**

06: Hildebrand, Wolf-Christian: Management von Transportnetzwerken im containerisierten Seehafenhinterlandverkehr. - 2008. - XVI, 234 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2102-1** EUR **14,90**

07: Wilmking, Niklas: Logistikmanagement in China. Eine empirische Untersuchung zur Strategieentwicklung von Logistikdienstleistern. - 2009. - VIII, 247 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2130-4** EUR **15,90**

08: Vogeler, Stefan: Entwicklung eines Vorgehensmodells zur Implementierung der RFID-Technologie in logistischen Systemen am Beispiel der Bekleidungswirtschaft. - 2009. - XI, 227 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2156-4** EUR **14,90**

09: Doch, Stefan Alexander: Logistische Leistungsdifferenzierung im Supply Chain Management. Theoretische und empirische Entwicklung eines Gestaltungsansatzes für die Differenzierung der logistischen Leistungserstellung produzierender Unternehmen zur Erfüllung individueller Kundenwünsche. - 2009. - X, 271 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2157-1** EUR **19,90**

10: Bensel, Philipp: Geschäftsmodelle von Logistikdienstleistern im Umfeld des Ubiquitous Computing. - 2009. - XIV, 247 S.
ISBN **978-3-7983-2166-3** EUR **19,90**

11: Bohn, Michael: Logistik im Kontext des ausländischen Markteintritts. Entwicklung von Gestaltungsempfehlungen für den ausländischen Markteintritt unter besonderer Berücksichtigung der Erfolgskomponente Logistik. - 2009. - XVIII, 334 S., zahlr. Abb. u. Tab.
ISBN **978-3-7983-2179-3** EUR **21,90**

12: Sommer-Dittrich, Thomas: Wandlungsfähige Logistiksysteme in einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft. - 2010. - 215 S., zahlr. Abb. u. Tab.
ISBN **978-3-7983-2200-4** EUR **14,90**

13: Kerner, Jürgen Andreas: Beschaffung im Eigenmarkengeschäft des Bekleidungshandels. Ein theoretischer und fallstudienbasierter Beitrag zur Lösung ausgewählter Probleme der Prozessplanung. - 2010. - XX, 207 S.
ISBN **978-3-7983-2212-7** EUR **16,90**

14: Fürstenberg, Frank: Der Beitrag service-orientierter IT-Architekturen zu integrierten Kontraktlogistikdienstleistungen. - 2010. - XVIII, 244 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2227-1** EUR **19,90**

15: Fendt, Thomas: Introducing Electronic Supply Chain Collaboration in China – Evidence from Manufacturing Industries. - 2010. - XII, 219, 53 S., Anh.
ISBN **978-3-7983-2243-1** EUR **21,90**

16: Franke, Peter D.: Internationalisierung der Kontraktlogistik. Entwicklung eines Instrumentariums zur Länderselektion. - 2011. - XV, 217 S., zahlr. Abb. u. Tab.
ISBN **978-3-7983-2296-7** EUR **19,90**

17: Tentrop, Friedrich: Entwicklung eines integrierten Gestaltungsansatzes der Produktionslogistik. - 2011. - XV, 227 S., zahlr. Abb.
ISBN **978-3-7983-2317-9** EUR **19,90**

18: Nagel, Arnfried: Logistik im Kontext der Nachhaltigkeit. Ökologische Nachhaltigkeit als Zielgröße bei der Gestaltung logistischer Netzwerke. - 2011. - XV, 228 S., zahlr. Abb. u. Tab.
ISBN **978-3-7983-2383-4** EUR **19,90**

19: Grig, Roman: Governance-Strukturen in der maritimen Transportkette. Agentenbasierte Modellierung des Akteursverhaltens im Extended Gate. - 2012. - XVI, 373 S.
ISBN **978-3-7983-2384-1** EUR **29,90**

20: Keßler, Martin: Gestaltung von Logistiknetzwerken für die humanitäre Versorgung in Entwicklungsländern Afrikas. - 2012. - XIV, 355 S.
ISBN **978-3-7983-2426-8 (print)** EUR **20,90**
ISBN **978-3-7983-2427-5 (online)**

21: Schwarz, Jennifer Rebecca: Humanitäre Logistik für die Versorgungsproblematik in Subsahara-Afrika. Aufbau von Logistikkapazität durch Wissenstransfer. - 2012. - XVIII, 336 S.
ISBN **978-3-7983-2444-2 (print)** EUR **21,90**
ISBN **978-3-7983-2445-9 (online)**

22: Rief, Daniel: Markteintritt in China. Flexibilität und Integration als Erfolgsfaktoren in einer dynamischen und komplexen Marktumgebung. - 2013. - XIX, 235 S.
ISBN **978-3-7983-2482-4** EUR **20,90**

23: Richter, Markus: Nutzenoptimierter RFID-Einsatz in der Logistik. Eine Handlungsempfehlung zur Lokalisierung und Bewertung der Nutzenpotenziale von RFID-Anwendungen. - 2013. - XIX, 235 S.
ISBN **978-3-7983-2523-4** (print) EUR **21,90**
ISBN **978-3-7983-2524-1** (online)

24: Huynh, Thu Hang: Beitrag zur Systematisierung von Theorien in der Logistik. - 2013. - XVII, 429 S.
ISBN 9**78-3-7983-2610-1** (print) EUR **21,90**
ISBN **978-3-7983-2611-8** (online)

25: Fontius, Jörn: Megatrends und Ihre Implikationen für die Logsitik. Ableitung von Wirkungszusammenhängen. - 2013. - XVII, 217 S.
ISBN **978-3-7983-2634-7** (print) EUR **12,50**
ISBN **978-3-7983-2635-4** (online)

26: Ouyeder, Ouelid: Strategien für eine nachhaltige Lieferantenentwicklung für die Beschaffung aus Emerging Markets. - 2013. - X, 279 S.
ISBN **978-3-7983-2658-3** EUR **21,50**

27: Steffens, Anja: Logistische Wandlungsbefähiger. Entwicklung eines kontextbasierten Gestaltungsmodells für die industrielle Logistik. - 2014. - XIII, 284 S.
ISBN **978-3-7983-2682-8** EUR **15,50**

28: Siegmann, Julian B.: Prozessinnovationen bei Logistikdienstleistungsunternehmen. - 2015. - xxxviii, 245 S.
ISBN **978-3-7983-2737-5** (print) EUR **15,50**
ISBN **978-3-7983-2738-2** (online)

29: Keitel, Sebastian: Auswirkungen disaggregierter Regulierung auf die Kapazität von Verkehrssektoren. Eine wettbewerbstheoretische und empirische Untersuchung am Beispiel des Luftverkehrssektors. - 2015. - IX, 252 S.
ISBN **978-3-7983-2749-8** (print) EUR **15,50**
ISBN **978-3-7983-2750-4** (online)

30: Kucht Campos, Juliana: Integrated Framework for Managing Sustainable Supply Chain Practices. - 2015. - xii, 121 S.
ISBN **978-3-7983-2783-2** (print) EUR **10,50**
ISBN **978-3-7983-2784-9** (online)

31: Spiegel, Timo U.:Technologieorientiertes Service Engineering in der Kontraktlogistik. Konzeption eines Gestaltungsmodells für die systematische Entwicklung technologie-basierter Logistikdienstleistungen. - 2016. - x, 295 S.
ISBN **978-3-7983-2807-5** (print) EUR **15,50**
ISBN **978-3-7983-2808-2** (online)

32: Figiel, Anna: Transportmanagement in der schnelldrehenden Konsumgüterindustrie. Entwicklung eines Gestaltungsansatzes zur Integration von Transport und Logistik. - 2016. - XVIII, 227 S.
ISBN **978-3-7983-2816-7** (print) EUR **14,50**
ISBN **978-3-7983-2817-4** (online)

33: Durach, Christian F.: A Theoretical and Practical Contribution to Supply Chain Robustness. Developing a Schema for Robustness in Dyads. - 2016. - viii, 183 S.
ISBN **978-3-7983-2812-9** (print) EUR **13,50**
ISBN **978-3-7983-2813-6** (online)

34: Blome, Hendrik: Logistische Optionen für eine nachhaltige Versorgung von Subsahara-Afrika. Ein Beitrag zur Humanitären Logistik. - 2016. - XVII, 315 S.
ISBN **978-3-7983-2840-2** (print) EUR **16,50**
ISBN **978-3-7983-2841-9** (online)

35: Kucht Campos, Juliana: A methodology for planning sustainable supply chain initiatives. - 2016. - xviii, 326 S.
ISBN **978-3-7983-2860-0** (print) EUR **16,50**
ISBN **978-3-7983-2861-7** (online)

36: Wutke, Sebastian: Entwicklung eines Gestaltungsmodells zur Berücksichtigung von Nachhaltigkeit bei der Ausschreibung und Vergabe logistischer Leistungen im Straßengüterverkehr. - 2017. - X, 299 S.
ISBN **978-3-7983-2862-4** (print) EUR **15,50**
ISBN **978-3-7983-2863-1** (online)

Universitätsverlag der TU Berlin

Technisch-wirtschaftliche Bewertung des Einsatzes von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen in der Distribution von Konsumgütern

Die Dissertation befasst sich mit der Entwicklung eines Bewertungsmodells, um die Folgen des Einsatzes batterieelektrischer Nutzfahrzeuge in der Distribution von Konsumgütern technisch-wirtschaftlich bewerten zu können. Das entwickelte Bewertungsmodell wird im Rahmen dieser Dissertation exemplarisch an sechs abstrahierten Anwendungsfällen in drei Szenarien angewendet. Die Anwendungsfälle stammen den Bereichen der Lebensmittel-, Fashion- und KEP-Distribution und wurden anhand von neun Unternehmen erhoben.
Die Ergebnisse der Arbeit zeigen, dass es im Besonderen die Nutzlast und die Anschaffungskosten von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen sowie die Gewichtung der Nachhaltigkeitskennzahlen im Zielsystem des Anwenders von Elektromobilität in der Distribution sind, welche den technisch-wirtschaftlich vorteilhaften Einsatz der Elektromobilität (im Vergleich zu konventionell dieselbetriebenen Nutzfahrzeugen) determinieren.
Diese Dissertation richtet sich an Wissenschaftler sowie Fach- und Führungskräfte von in der Distribution tätigen Unternehmen, welche sich mit den Einsatzmöglichkeiten von batterieelektrischen Nutzfahrzeugen im Rahmen von Distributionsaktivitäten befassen und ihre technisch-wirtschaftlichen Implikationen abschätzen möchten.

ISBN 978-3-7983-2920-1 (print)
ISBN 978-3-7983-2921-8 (online)

ISBN 978-3-7983-2920-1

http://verlag.tu-berlin.de