

Geleitwort

Die vorliegende Forschungsarbeit befasst sich mit der Verfolgung von *Nachhaltigkeitsstrategien* im Logistikbereich, die häufig unter der prägnanten Bezeichnung „*Green Logistics*“ diskutiert werden. Der Logistikbereich bietet sich aus betriebswirtschaftlicher Perspektive als Untersuchungsobjekt für Nachhaltigkeitsstrategien hinsichtlich ökologischer und gesellschaftlicher Dimensionen in besonderer Weise an, weil der gewerbliche Güterverkehr derzeit noch unter gravierenden, sowohl klima- als auch gesundheitsschädlichen Treibhausgasemissionen leidet. Das Logistiksegment der „*City Logistics*“ spielt in der betriebswirtschaftlichen Forschung und Praxis eine große Rolle, weil die Organisation von Güterzustellungen (Versorgungslogistik) und Güterabholungen (Entsorgungslogistik) im „kleinteiligen“ Einzugsbereich der „letzten oder ersten Meile“, wie z. B. einer Kommune, nach wie vor eine große betriebswirtschaftliche Herausforderung darstellt. Denn die Bedienung von lokal konzentrierten Kunden durch Lastkraftwagen unterschiedlicher Unternehmen führt zu unnötigen Schadstoff- und Lärmemissionen. Naheliegende logistische Konzepte, wie z. B. „Bündelverkehre“, haben sich wegen der wettbewerblichen Eigeninteressen der betroffenen Logistik-Unternehmen bislang nicht durchzusetzen vermocht. Vor diesem Hintergrund analysiert der Verfasser den sowohl aus betriebs- als auch aus volkswirtschaftlicher Perspektive intensiv diskutierten Einsatz von Lastkraftfahrzeugen mit Elektroantrieb (Elektro-Lkw) für den gewerblichen Güterverkehr. Dieser Einsatzbereich von Elektromobilität stellt bislang weitgehend ein „Stiefkind“ der betriebswirtschaftlichen Forschung und der politischen „Förderkulisse“ dar, weil die aktuell verfügbaren Batteriekapazitäten für den Einsatz von Elektro-Lkw im Allgemeinen noch nicht ausreichen. Einen Sonderfall bilden Elektro-Lkw, die im Rahmen der City Logistics pro Tour nur ca. 80 bis 120 km zurücklegen müssen. Für diesen speziellen Einsatzbereich sind Elektro-Lkw schon heute eine sowohl betriebs- und volkswirtschaftlich als auch klima- und gesundheitspolitisch interessante Technologiealternative gegenüber konventionellen Lastkraftwagen mit Diesel-Antrieb.

In diesem Problemzusammenhang legt der Verfasser die Ziele von *Nachhaltigkeitsstrategien* der Green Logistics im Sinne der „Triple Bottom Line“ zu Recht in einem sehr weit gefassten Verständnis aus. Es erstreckt sich nicht nur auf *ökologische* Aspekte, wie z. B. die Emission klimaschädlicher Treibhausgase. Vielmehr umfasst sein Analysefokus ebenso *ökonomische* – hier vor allem betriebswirtschaftliche – Aspekte, insbesondere Kosten- und Erfolgsgrößen. Darüber hinaus werden auch *gesellschaftliche* Aspekte berücksichtigt, wie beispielsweise verkehrsbedingte Gesundheitsbelastungen durch Stickstoff-, Feinpartikel-

und Lärmemissionen. Dieser sehr breit angelegte Analyserahmen wird sogar noch um politische und technische Aspekte ergänzt. Er führt dazu, dass sich die Eignung von Diesel- und von Elektro-Lkw im Kontext der City Logistics nicht nur anhand von monetären Eignungskriterien beurteilen lässt, sondern auch *nicht-monetäre* Eignungskriterien (wie z. B. für Gesundheitsbelastungen und Emissionen) berücksichtigt werden müssen. Folgerichtig führt der Verfasser eine *erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse* durch, die aus der Stakeholder-Value-Perspektive nicht nur, aber vor allem auch *ökologische* und *gesellschaftliche Interessensgruppen* einbezieht.

Zur Analysedurchführung verwendet der Verfasser zwei sehr anspruchsvolle multikriterielle Bewertungstechniken: einerseits den *Analytic Network Process* (ANP) sowie andererseits *Künstliche Neuronale Netze* vom Typ der *Self-Enforcing Networks* (SEN). Diese beiden multikriteriellen Bewertungstechniken werden in betriebswirtschaftlichen Auswahlproblemen bislang nur sehr selten eingesetzt, weil sie entweder als sehr komplex gelten (ANP) oder noch weitgehend unbekannt sind (SEN). Daher erweist sich die vorliegende Forschungsarbeit auch in methodischer Hinsicht als eine ebenso herausfordernde wie stimulierende Erkenntnisquelle. Beispielsweise gibt der Verfasser die „übliche“ bewertungstechnische Prämisse auf, dass die Kriterien zur Alternativenbewertung voneinander unabhängig („orthogonal“) sind. Diese Unabhängigkeitsprämisse liegt den meisten State-of-the-Art-Bewertungstechniken zugrunde, wie z. B. der Scoring-Technik sowie diversen Varianten der Nutzen-Kosten-Analyse. Sie übersieht aber, dass zwischen Bewertungskriterien des Öfteren ein- oder wechselseitige inhaltliche Abhängigkeiten bestehen.

Aus den vorgenannten Gründen ist den sehr *anspruchsvollen, vielschichtigen* und in mehrfacher Hinsicht *innovativen* Ausführungen des Verfassers eine möglichst breite Resonanz unter betriebswirtschaftlich interessierten Leserinnen und Lesern sowohl im wissenschaftlichen Bereich als auch in der betrieblichen Praxis zu wünschen. Aber auch „Zaungäste“ vor allem aus Bereichen, die sich mit der zukünftigen Gestaltung von Güterverkehren auf der „ersten oder letzten Meile“ aus verkehrspolitischer, stadtplanerischer oder klimapolitischer Perspektive befassen, sollten sich eingeladen fühlen, die vorliegende Forschungsarbeit intensiv zu studieren.

Univ.-Prof. Dr. Stephan Zelewski

1 Einleitung in den Einsatz von alternativen Antriebstechniken in der Citylogistik

1.1 Das Realproblem des Einsatzes von Diesel- versus Elektronutfahrzeugen im Kurier-, Express- und Paketsegment der Citylogistik

In Zeiten multinational agierender Unternehmen¹, der Digitalisierung² von Gesellschaft und Wirtschaft und des fortschreitenden globalen Klimawandels³ wird die Frage, wie von Unternehmen ökonomische, ökologische und gesellschaftliche Nachhaltigkeit⁴ praktiziert werden kann, immer relevanter. Das Themengebiet der Nachhaltigkeit bindet Unternehmen sowie Regierungs- und Nichtregierungsorganisationen in einen Diskurs ein,⁵ durchdringt verschiedene Wissenschaftszweige⁶ und stellt einen Wettbewerbsfaktor für Unternehmen⁷ dar.⁸ Gerade unter wettbewerblichen Gesichtspunkten sollten Unternehmen ökologische und gesellschaftliche Nachhaltigkeit nicht als Randaspekte „abhandeln“, sondern diese beiden Teilbereiche der Nachhaltigkeit aktiv in die Gestaltung der Wertschöpfungsprozesse⁹ einbeziehen.¹⁰ Nicht zuletzt das steigende Interesse an Umweltmanagementnormen zeigt, dass Unternehmen mittlerweile die ökologische Dimension der Nachhaltigkeit als einen Wettbewerbsfaktor erkannt haben. Beispielsweise nahm im Zeitraum von 2015 bis 2016 die Anzahl

-
- 1) Zum Begriff „multinationales Unternehmen“ vgl. AGGARWAL et al. (2011), S. 558 ff.; TEECE (1985), S. 233. Die Bedenken betrieblicher Entscheidungsträger, wirtschaftliche Profitabilität zugunsten einer umweltbewussteren Wirtschaftsweise opfern zu müssen, ist grundsätzlich unbegründet. NIDUMOLU et al. legen bspw. anhand eines „Stufenmodells“ dar, wie Unternehmen schrittweise nachhaltigere Prozesse implementieren und zugleich ihre Wettbewerbsfähigkeit fördern können. Vgl. NIDUMOLU et al. (2009), S. 58 ff.
 - 2) Zum Begriff „Digitalisierung“ vgl. URBACH/AHLEMANN (2016), S. 9 ff.
 - 3) Der (anthropogene) Klimawandel wird in Kapitel 4.3.3.2.1 beschrieben.
 - 4) Das Konzept der Nachhaltigkeit wird in Kapitel 2.2.1 dargelegt. Das Zusammenwirken dieser drei Dimensionen in Bezug auf die Nachhaltigkeit wird auch als „Triple Bottom Line“ bezeichnet. Vgl. ELKINGTON (1999), S. 69 ff.; sowie weiterhin auch BHINGE et al. (2015), S. 323; MERRIMAN/SEN (2012), S. 851. Vor allem im unternehmerischen Kontext wird dieser Begriff zur Beschreibung der drei Nachhaltigkeitsdimensionen verwendet. Vgl. VON HAUFF (2014), S. 32. Im Englischen wird in diesem Zusammenhang auch von den „3P“ („People, Planet, Profit“) gesprochen. Vgl. BRETZKE (2014), S. 36. In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe „sozial“ und „gesellschaftlich“ in Bezug auf das Konzept der Nachhaltigkeit synonym verwendet.
 - 5) Vgl. z.B. ENQUETE-KOMMISSION (1998), S. 8 ff.; HUTTER (2012), S. 3 f.
 - 6) Vgl. CORSTEN/ROTH (2012), S. 8.
 - 7) Vgl. ARNOLD et al. (2003), S. 394; ZENTES et al. (2014), S. 51 f.
 - 8) Die positiven Ergebnisse dieser Entwicklung zeigen sich u.a. in den Bestrebungen der DAX-30-Unternehmen, integrierte und kombinierte oder separate Nachhaltigkeitsberichte zu erstellen. Vgl. HECHT et al. (2016), S. 5 f. Auch innerhalb der EUROPÄISCHEN UNION sind mittlerweile größere Unternehmen von öffentlichem Interesse (mit mindestens 500 Mitarbeitern zum Bilanzstichtag) dazu aufgefordert, nichtfinanzielle Informationen, die u.a. Umweltbelange betreffen, im Lagebericht offenzulegen. Vgl. EUROPÄISCHE UNION (2014b), S. 1 ff., insbesondere S. 4 f. Zur Beschreibung dieser Richtlinie vgl. DURCHSCHEIN (2017), S. 110 f.
 - 9) Zum Wertschöpfungsbegriff vgl. z.B. LEIMEISTER (2015), S. 114; TÖPFER (2007), S. 482.
 - 10) Vgl. ZENTES et al. (2014), S. 49.

von Zertifizierungen¹¹ nach der Umweltmanagementnorm¹² DIN EN ISO 14001¹³ um 8%¹⁴ zu.

Obwohl diese Entwicklungen das Interesse von Unternehmen an der ökologischen Nachhaltigkeit und am Umweltschutz widerspiegeln, wird gegenwärtig insbesondere die Logistikbranche durch das wachsende Transportaufkommen¹⁵ und den Anstieg von CO₂-Emissionen mit neuen Herausforderungen konfrontiert.¹⁶ Das INTERNATIONAL TRANSPORT FORUM mahnt, dass die Emissionen im Transportsektor weiterhin zunehmen¹⁷ und prognostiziert bis

-
- 11) Im Rahmen der Zertifizierung erfolgt durch einen legitimen, unabhängigen Dritten (eine Stelle) die Prüfung eines Produktes, eines Prozesses oder Systems hinsichtlich seiner Konformität mit einem (normativen) Dokument. Vgl. DIN 17000 (2005), S. 15 [Abschnitt 5.5]; ONLINE-VERWALTUNGSLEXIKON (2022); dazu ferner: ARNOLD (2017), S. 49; LOEW (2016), S. 465. Zum Zertifizierungsbegriff nach der INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) – diese Definition stimmt weitestgehend mit der DIN 17000 überein – vgl. ISO (o.J.). Zur Definition eines Zertifikats als Ergebnis einer bestandenen Zertifizierung vgl. DIN 17024 (2012), S. 10 [Abschnitt 3.5]; dazu ferner: LOEW (2016), S. 466.
 - 12) Im deutschen Sprachraum sind die Begriffe Standard und Norm abzugrenzen. Während der Standard ein allgemein anerkanntes nationales, internationales oder globales Regelwerk ist, das Handlungsvorgaben für eine Anwendergruppe definiert, stellt die Norm ein institutionelles Dokument dar, das Vorgaben und Richtlinien (z.B. für den Aufbau einer Ladesäule) definiert, einen Konsens über die getroffenen Vorgaben voraussetzt und dem fundierten Wissenserhalt dient. Vgl. DIN 45020 (2007), S. 25 [Abschnitt 3.2]; KLOTZ (2017), S. 889 f.; dazu ferner: HARTLIEB et al. (2016), S. 33; HEINRICH et al. (2014), S. 47. Am Normungsverfahren („runden Tisch“) des DEUTSCHEN INSTITUTES FÜR NORMUNG E.V. nehmen u.a. Interessensgruppen der Wirtschaft, des Verbraucherschutzes, des Umweltschutzes sowie aus der Wissenschaft und Forschung teil. Vgl. FLUTHWEDEL (2016), S. 515 f.; HARTLIEB et al. (2016), S. 35 f. Im englischen Sprachraum wird die Norm als „standard“ bezeichnet. Vgl. HARTLIEB et al. (2016), S. 73. Zu „De-facto-Standards“ und „De-jure-Standards“ vgl. z.B. BACKHAUS/VOETH (2010), S. 595 ff.; DAVID/GREENSTEIN (1990), S. 4; HEINRICH et al. (2014), S. 47.
 - 13) Die Norm DIN EN ISO 14001 (kurz: ISO 14001) fixiert für Institutionen jeder Art und Größe und unter Beachtung der Einflussfaktoren Planung, Durchführung, Kontrolle und Verbesserung die Grundvoraussetzungen für die Implementierung und Ausgestaltung eines systematischen Umweltmanagementsystems. Vgl. BRAUWEILER et al. (2015), S. 3 ff.; DIN 14001 (2015), S. 8 ff.; UBA (2017b). Die Norm bildet eine Basis zur Stärkung der ökologischen Verantwortlichkeiten von Unternehmen und bindet zudem den ökologischen Teilbereich der Nachhaltigkeit in die unternehmerischen Entscheidungsprozesse ein. Vgl. DIN 14001 (2015), S. 8 u. 14. Kritisch zu formalisierten Umweltmanagementsystemen vgl. BRETZKE (2014), S. 3.
Abseits der Norm ISO 14001 wächst das Interesse an der DIN ISO 26000. Vgl. DIN 26000 (2011), S. 8 ff.; FRANZ et al. (2011), S. 6. Diese nicht-zertifizierbare Norm schafft ein Rahmenwerk für den Umgang mit gesellschaftlicher Verantwortung und kann von Institutionen jeder Art und Größe angewendet werden. Vgl. DIN 26000 (2011), S. 14; FRANZ et al. (2011), S. 7 ff. Sie unterstützt Institutionen bei der Umsetzung gesellschaftlicher Verantwortung, fördert eine nachhaltige Entwicklung, mahnt zur Achtung regulatorischer Vorgaben und sieht sich als ergänzendes Instrument einer verantwortungsvollen Institutionenführung. Vgl. DIN 26000 (2011), S. 14; und ausführlicher zu den Grundsätzen („Kernthemen“) dieser Norm: FRANZ et al. (2011), S. 11 ff.
 - 14) Vgl. ISO (2017).
 - 15) Der Transportsektor war im Jahr 2015 weltweit der zweitgrößte Emittent von CO₂-Emissionen, die durch die Verbrennung (den Verbrauch) fossiler Energieträger entstehen. Vgl. IEA (2017a), S. 12. Gemessen an den globalen Gesamtemissionen des Transportsektors i.H.v. 7.737,8 Mio. Tonnen CO₂ im Jahr 2015 belief sich der Anteil des deutschen Transportsektors auf ca. 2%. Vgl. IEA (2017a), S. 112 [eigene Berechnung].
 - 16) Im Jahr 2016 war der Verkehrssektor (Anteil 18,2%) nach dem Energiesektor (37,8%) und Industriesektor (20,7%) der drittgrößte Emittent von Treibhausgasemissionen (in CO₂e) in Deutschland. Vgl. BMU (2018), S. 29, 34 u. 38. Nutzfahrzeuge hatten einen Anteil von 35,3% an den Emissionen des Verkehrssektors. Vgl. BMU (2018), S. 39.
 - 17) Vgl. OECD/ITF (2017), S. 60.

zum Jahr 2050 eine Verdreifachung des Güterverkehrs auf insgesamt 329.000 Mrd. Tonnenkilometer¹⁸. Trotz der technischen Fortschritte im Bereich der Emissionsreduzierung von Fahrzeugen¹⁹ konnten seit dem Jahr 1990 die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors nicht verringert werden und liegen im Jahr 2016 sogar leicht über dem Niveau des Jahres 1990.²⁰ Darüber hinaus nahm die Transportleistung des deutschen Güterverkehrs im Zeitraum von 2015 bis 2016 um 1,5% auf insgesamt 3.595,3 Mio. Tonnen zu, wobei in demselben Zeitraum der Güterverkehr mit alternativen und emissionsärmeren²¹ Verkehrsträger, wie z.B. der Eisenbahn, rückläufig war.²²

Mit Blick auf die von der BUNDESREGIERUNG im „Klimaschutzplan 2050“²³ formulierten Ziele, die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors bis zum Jahr 2030 um mindestens 40% gegenüber dem Basisjahr 1990 zu reduzieren,²⁴ sind die („noch“) hohen Emissionsbelastungen durch den Straßengüterverkehr weiterhin eine erhebliche Herausforderung für die

-
- 18) Vgl. OECD/ITF (2017), S. 56. Angesichts dieses Wachstums ist das Konzept des „nachhaltigen Transports“ („sustainable transport“), d.h. der generationengerechten Befriedigung von Mobilitätsbedürfnissen, bedeutsam für die Schließung der – noch offenen – „Naht“ zwischen dem emissionsintensiven Transportsektor und der Realisierung von ökologischer Nachhaltigkeit. Zur kurzen Definition des Begriffs „nachhaltiger Transport“ vgl. UNITED NATIONS (2016), S. 10.
- 19) In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe Fahrzeug und Kraftfahrzeug synonym verwendet. Eine Differenzierung erfolgt nur hinsichtlich konventioneller Fahrzeuge, d.h. Fahrzeugen, die mittels eines benzin- oder dieselbetriebenen Verbrennungsmotors angetrieben werden, und alternativer Elektrofahrzeuge, die (vollständig) durch einen Elektromotor angetrieben werden. In Kapitel 2.1.1 werden konventionelle Dieselnutzfahrzeuge und alternative Elektronutzfahrzeuge beschrieben und abgegrenzt.
- 20) Hierzu im Wortlaut von MARIA KRAUTZBERGER (Präsidentin des UBA): „Die Klimagasemissionen des Verkehrs liegen mittlerweile 2 Millionen Tonnen über dem Wert von 1990. Wenn sich im Verkehrssektor nicht bald etwas bewegt, werden wir unserer Klimaschutzziele verfehlen. Die Effizienzsteigerungen bei Fahrzeugen sind durch das Verkehrswachstum auf der Straße verpufft“ UBA (2017c), S. 1. Zur Stützung der Aussage, dass die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors im Jahr 2016 über den Emissionen des Jahres 1990 liegen, vgl. UBA (2021b). Zu den weiterhin nur „langsam“ abnehmenden Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor vgl. ferner BMU (2020b), S. 27. Zum Aspekt der Kompensation von verbrauchseffizienteren Fahrzeugen durch ein vermehrtes Verkehrsaufkommen vgl. auch WITTENBRINK (2015), S. 3. Die hohen Investitionen der BUNDESREGIERUNG (2,6 Mrd. €) und von Automobilunternehmen (15 Mrd. €) in die Elektromobilität sprechen für das grundsätzlich Interesse an einer überwiegend „treibhausgasneutralen Mobilität“. Vgl. BMUB (2016), S. 53.
- 21) Im Vergleich der Güterverkehrsträger Lastkraftwagen (> 3,5 Tonnen), Eisenbahn, Binnenschiff und Flugzeug verursacht die Eisenbahn die geringsten Treibhausgasemissionen. Vgl. UBA (2012a), S. 14; sowie dazu kompakt: STOCK/BERNECKER (2014), S. 143 f. Zur Forderung nach einer stärkeren Einbindung des Schienenverkehrs in den Gütertransport vgl. z.B. ALLIANZ PRO SCHIENE (o.J.). Einschränkend sei zu dieser Forderung aber angemerkt, dass die geforderte Verlängerung der Güterzüge von 600 m auf 700 m (europäisches Standardmaß) nicht zweifelsfrei zu der „ersehten“ Effizienzsteigerung führen könnte. Es gilt ebenso effizienzermindernde Faktoren zu berücksichtigen, die sich bspw. in „physikalischen Leerfahrten“ und „kapazitiven Leerfahrten“ äußern. Vgl. ZELEWSKI/SAUR (2009), S. 8 f. u. 89 ff. [letztgenannte Seiten zur Vermeidung von Leerfahrten im Eisenbahnverkehr].
- 22) Vgl. DESTATIS (2017a), S. 1.
- 23) Der Klimaschutzplan 2050 wurde durch regionale und nationale Interessensgruppen erarbeitet, formuliert sektorenübergreifende und -spezifische Leitbilder, Meilensteine sowie Maßnahmen zur Erreichung des angestrebten Ziels eines treibhausgasneutralen Deutschlands und begleitet die deutsche Wirtschaft auf ihrem Weg in eine „dekarbonisierte“ Welt. Vgl. hierzu ausführlicher BMUB (2016), S. 6 ff.
- 24) Vgl. BMUB (2016), S. 8. Im Klimaschutzplan 2050 wird 1990 als Basisjahr festgelegt.

ationale Klimapolitik.²⁵ Neben der Reduzierung von Treibhausgasemissionen stellen die Belastungen mit gesundheitsbeeinträchtigenden Luftschadstoffen, wie z.B. mit Feinstaub²⁶ und Stickoxiden²⁷, neue Anforderungen an die „Komposition“ städtischer²⁸ Logistik- und Verkehrssysteme.²⁹

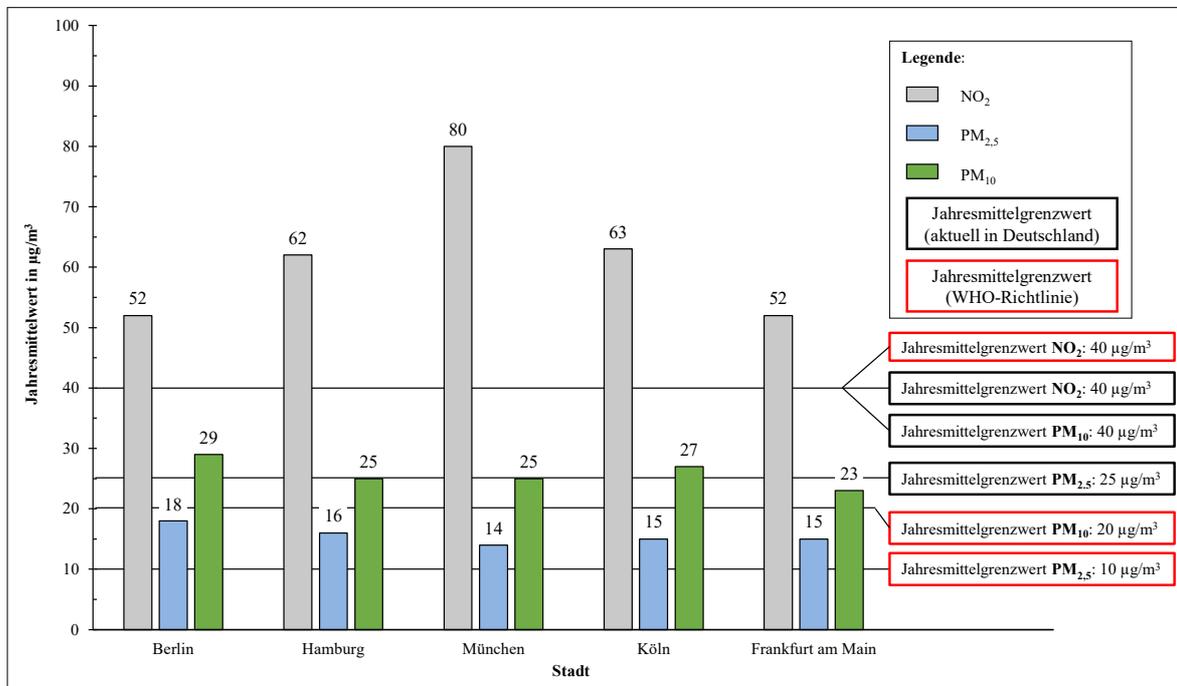


Abbildung 1: Feinstaubwerte (PM₁₀ / PM_{2,5}) und Stickstoffdioxidwerte (NO₂) der fünf größten deutschen Städte im Jahr 2016³⁰

- 25) Vgl. SRU (2012), S. 137; sowie zur Kommentierung des SRU-Beitrags in Bezug auf das „Problem“ hoher CO₂-Emissionen im Straßengüterverkehr auch WITTENBRINK (2015), S. 3.
- 26) Eine Auseinandersetzung mit Auswirkungen von Feinstaubemissionen (einschließlich der daraus folgenden Gesundheitsbelastungen) folgt in Kapitel 4.3.3.3.
- 27) Eine Auseinandersetzung mit den Folgen von Stickoxidemissionen (einschließlich der aus Stickstoffdioxid resultierenden Gesundheitsbelastungen) folgt in Kapitel 4.3.3.4.
- 28) In der vorliegenden Arbeit werden die Begriffe citynah, städtisch und urban synonym verwendet.
- 29) Die höchsten Jahresmittelwerte von Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) und Stickoxiden (gemessen in NO₂) werden in städtischen Gebieten erreicht. Siehe hierzu ausführlich die Kapitel 4.3.3.3.2 und 4.3.3.4.2.
- 30) Vgl. hierzu die Messreihen des UBA: UBA (2017a), S. 1 ff.; UBA (2018b), S. 1 ff.; UBA (2018e), S. 1 ff. Als Merkmale der Stationen wird von „Stationsumgebung: städtisches Gebiet“ und „Art der Station: Verkehr“ in den Städten Berlin, Hamburg, München, Köln und Frankfurt am Main ausgegangen. In der Abbildung ist der jeweils höchste städtische Messwert für Feinstaub (PM₁₀/PM_{2,5}) und Stickstoffdioxid (NO₂) berücksichtigt. Zu den deutschen Grenzwerten der Luftschadstoffe vgl. BIMSCHV – 39. VERORDNUNG (2020): für Stickstoffdioxid NO₂ § 3, Abs. 2; für Feinstaub der Partikelfraktion PM₁₀ § 4, Abs. 2; für Feinstaub der Partikelfraktion PM_{2,5} § 5, Abs. 2. Zu den Grenzwerten der WHO-Richtlinie vgl. WHO (2018a).

An dieser Stelle sei angemerkt, dass die WHO zwischenzeitlich (Stand: September 2021) eine veränderte Richtlinie zu den Grenzwerten von Feinstaub und Stickstoffdioxid herausgegeben haben. Mittlerweile gilt für Feinstaub aus der Partikelfraktion PM₁₀ ein Grenzwert von 15 µg/m³ und für Feinstaub aus der Partikelfraktion PM_{2,5} von 5 µg/m³. Vgl. WHO (2021), S. XVII. In der Abbildung 1 wurden die vor der Änderung gültigen WHO-Grenzwerte zugrunde gelegt.

Wie aus der Abbildung 1 zu den städtischen Feinstaub- und Stickstoffdioxidbelastungen hervorgeht, wurden im Jahr 2016 in den fünf bevölkerungsstärksten³¹ deutschen Großstädten³² die national geltenden Jahresmittelgrenzwerte für Feinstaub der beiden Fraktionen PM₁₀ und PM_{2,5} eingehalten. Die geltenden Jahresmittelgrenzwerte für Stickstoffdioxid wurden allerdings in jeder dieser Städte überschritten. Hinsichtlich der „positiven“ Resultate bei den Feinstaubemissionen ist allerdings zu berücksichtigen, dass die städtischen Feinstaubbelastungen über den Grenzwerten der WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) liegen.

Abseits der verkehrsbedingten Emissionsbelastungen durch Treibhausgase und Luftschadstoffe führen die voranschreitende Urbanisierung³³ und das Wachstum des Onlinehandels³⁴ zu neuen Herausforderungen³⁵ für das städtische Logistiksegment. Seit dem Jahr 2012 ist die kumulierte Einwohnerzahl der fünf größten deutschen Städte Berlin, Hamburg, München, Köln und Frankfurt am Main kontinuierlich gestiegen. Während die kumulierte Einwohnerzahl dieser fünf Städte im Jahr 2012 „noch“ 8.209.950 betrug, stieg bis zum Jahr 2015 die kumulierte Anzahl der Einwohner in diesen fünf Städten auf insgesamt 8.551.090:

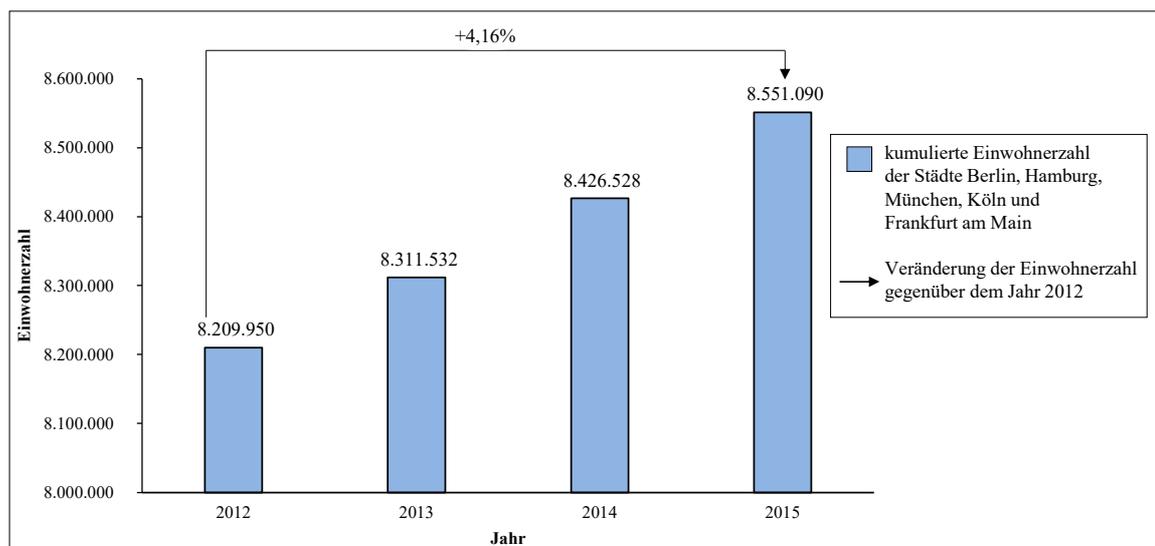


Abbildung 2: Veränderung der kumulierten Einwohnerzahl der fünf größten deutschen Städte im Zeitraum von 2012 bis 2015³⁶

31) Zur Einwohneranzahl vgl. DESTATIS (2017b), S. 30.

32) Zur Einordnung einer Stadt mit mindestens 100.000 Einwohnern als „Großstadt“ vgl. BBSR (2015).

33) Vgl. UNITED NATIONS (2014), S. 11.

34) Der Umsatz des deutschen Onlinehandels betrug im Jahr 2016 44,2 Mrd. € (netto), was einem Umsatzwachstum von knapp 11% zu dem Vorjahr 2015 entspricht. Vgl. HDE (2017), S. 3. Für das Jahr 2017 wird eine weitere Zunahme des Onlinehandels um ca. 10% prognostiziert. Vgl. HDE (2017), S. 3.

35) Vgl. DECKERT (2016), S. 3; KIWITT (2010), S. 98; PRÜMM et al. (2017), S. 10 f.

36) Eigene Berechnung auf Basis der Angaben aus den Statistischen Jahrbüchern 2012 bis 2015. Vgl. DESTATIS (2014), S. 30; DESTATIS (2015), S. 30; DESTATIS (2016), S. 30; DESTATIS (2017b), S. 30.

Schätzungen gehen davon aus, dass zwischen 60% bis 80% der weltweiten CO₂(e)-Emissionen in einwohnerreichen Metropolregionen verursacht werden.³⁷ Nach Aussage der EUROPÄISCHEN KOMMISSIONEN hat zudem der städtische Transport einen Anteil von rund 25% an den gesamten CO₂-Emissionen des Transportsektors.³⁸ Vor diesem Hintergrund hat der Appell LÖSCHERS, dass Maßnahmen zur Bekämpfung des menschengemachten Klimawandels in erster Linie in den Städten ansetzen müssen,³⁹ weiterhin Geltung.

Neben der Bevölkerungsverdichtung in urbanen Agglomerationsräumen folgt aus dem wachsenden Onlinehandel eine Zunahme der Sendungsvolumina im Paketsegment.⁴⁰ Dies stellt insbesondere die Logistikdienstleister des Kurier-, Express- und Paketsegments⁴¹ (KEP-Segment), die hauptsächlich die Sendungszustellung auf der „letzten Meile“⁴² übernehmen,⁴³ vor neue Herausforderungen. Betrug im Jahr 2010 der Nettoumsatz des Onlinehandels „noch“ 20,2 Mrd. €, wurden im Jahr 2016 bereits 44,2 Mrd. € in diesem Handelsegment umgesetzt.⁴⁴ In der gleichen Periode stieg das Sendungsvolumen der KEP-Dienste von 2,33 Mrd. Sendungen auf 3,16 Mrd. Sendungen.⁴⁵ Die Abbildung 3 zeigt die Nettoumsätze des Onlinehandels in Deutschland und die Sendungsvolumina deutscher KEP-Dienste in dem Zeitraum von 2010 bis 2016:

-
- 37) Vgl. BRETZKE (2014), S. 376; FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT (2012), S. 10; MUNICHRE (2004), S. 25; UN-HABITAT (o.J.). Die angeführten Quellen beziehen sich teilweise nur auf die Kohlendioxid-Emissionen (CO₂-Emissionen) und teilweise auf den größeren Bereich der Treibhausgasemissionen (CO₂e). Aus diesem Grund wird hier der Begriff „CO₂(e)-Emissionen“ gewählt. Zur Definition, welche Stoffe zu der Gruppe der Treibhausgase zählen, siehe Kapitel 4.3.3.2.1; vgl. auch IPCC (2007), S. 947. Eine weiterführende – und insbesondere kritische – Auseinandersetzung mit diesen CO₂-Emissionsschätzungen findet sich bei SATTERTHWAITE (2008), S. 539 ff.
- 38) Vgl. EUROPÄISCHE KOMMISSION (2011), S. 8.
- 39) Vgl. LÖSCHER (2011), S. 13.
- 40) Vgl. LEHMACHER (2013), S. 78.
- 41) Die Logistikdienstleister des KEP-Segments sind auf die Zustellung von Kurier-, Express und Paket-sendungen spezialisiert. Vgl. BIEK (2017), S. 9. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird *schwerpunkt-mäßig* das KEP-Teilsegment der *Paketzustellung* als ein Bereich innerhalb der *Citylogistik* behandelt. In der einschlägigen Fachliteratur wird in Bezug auf diesen Teilbereich der Citylogistik auch von der „letzten Meile“ gesprochen. Vgl. z.B. IHK KÖLN (2018), S. 12 ff. Für eine Definition der „letzten Meile“ siehe Fn 42 (S. 6). Wenn im weiteren Verlauf dieser Arbeit auf das KEP-Segment verwiesen wird, so ist darunter immer die Zustellung von Paketsendungen gemeint. Der Grund hierfür ist, dass im Paketsegment – nicht zuletzt aufgrund des wachsenden Onlinehandels – die höchsten Sendungsvolumina (80,5%) bestehen. Vgl. BIEK (2017), S. 12 u. 17. Die „rasante“ Entwicklung im Paketsegment hat sich bis heute (Stand: 2021) fortgesetzt. Vgl. BIEK (2021), S. 12.
- 42) Die letzte Meile kann als die Gesamtheit anfallender Logistikprozesse zwischen der Abwicklung eines Produktes an einem letzten Distributionspunkt (z.B. städtisches Sammel- und Verteilzentrum) bis zur Zustellung beim Endkunden verstanden werden. Vgl. BIEK (2017), S. 9 [dort Fn. 5]; HAUSLADEN (2016), S. 190; METZLER (2013), S. 287; und ferner: DOHRMANN (2015), S. 19. Zur Bedeutung der letzten Meile für KEP-Dienste vgl. DOHRMANN (2015), S. 26 ff. Die möglichst effiziente i.S. einer wirtschaftlich vorteilhaften Bewältigung der „letzten Meile“ ist für Logistikdienstleister des KEP-Segments entscheidend. Vgl. BOGDANSKI (2015), S. 30; METZLER (2013), S. 287.
- 43) Vgl. METZLER (2013), S. 287.
- 44) Vgl. HDE (2017), S. 3.
- 45) Vgl. BIEK (2017), S. 11 u. 13.

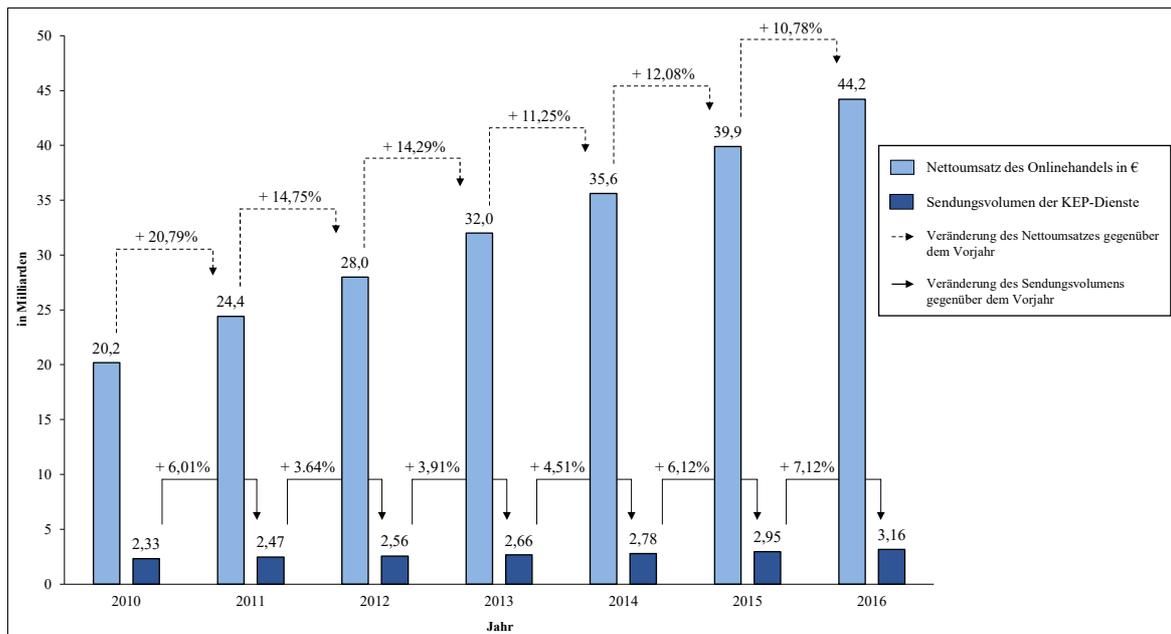


Abbildung 3: Nettoumsätze des Onlinehandels und Sendungsvolumina der KEP-Dienste im Zeitraum von 2010 bis 2016 in Deutschland⁴⁶

Im Hinblick auf die Bewältigung der zuvor angeführten Herausforderungen für KEP-Dienste kommt der Citylogistik, die Strategien zur Verbesserung des städtischen Wirtschaftsverkehrs⁴⁷ (u.a. Sendungsbündelungen durch KEP-Dienste)⁴⁸ beschreibt,⁴⁹ und der Grünen Logistik, die ein Gleichgewicht zwischen den wirtschaftlichen und ökologischen Ansprüchen in der Logistik anstrebt,⁵⁰ eine tragende Rolle zu. Insbesondere Elektronutzfahrzeuge⁵¹ können aufgrund der niedrigen Treibhausgas-⁵², Luftschadstoff-⁵³ und Lärmemissionen⁵⁴ dazu

- 46) Vgl. zur Angabe der Sendungsvolumina BIEK (2017), S. 11. Zur Angabe der Nettoumsätze im Onlinehandel vgl. HDE (2017), S. 3. Die jährlichen Veränderungen der Sendungsvolumina und Nettoumsätze wurden von dem Verfasser auf Grundlage der angegebenen Daten in den Studien ermittelt. Diese weichen teilweise – vermutlich aufgrund interner Rundungen oder genauerer Stammdaten – von den ermittelten Veränderungsraten in den Berichten ab.
- 47) Im weiteren Verlauf dieser Arbeit werden die Begriffe „städtischer Wirtschaftsverkehr“, urbaner Wirtschaftsverkehr“ [vgl. z.B. WOLPERT (2013), S. 16], „urban freight (transport)“ [vgl. z.B. ALLEN et al. (2015), S. 293; DABLANC/RODRIGUE (2017), S. 34] als Synonyme behandelt. In dieser Arbeit liegt der Fokus auf der Paketzustellung im KEP-Segment der Citylogistik, die einen Teilbereich des städtischen Wirtschaftsverkehrs darstellt. Zu diesem Schwerpunkt siehe Fn 41 (S. 6). Zur Abgrenzung des Wirtschaftsverkehrs vom Privatverkehr vgl. ARNDT (2010), S. 21 f.
- 48) Vgl. hierzu z.B. KIWITT (2010), S. 98; siehe auch das Kapitel 2.3.3.1.
- 49) Eine Begriffsdefinition von Citylogistik folgt in Kapitel 2.3.1. Vorab vgl. hierzu u.a. DECKERT (2016), S. 8 u. 32 ff.; GLEIBNER/FEMERLING (2016), S. 52; VAHRENKAMP et al. (2012), S. 421. Zum Einsatz von Elektrofahrzeugen in der Citylogistik vgl. TANIGUCHI et al. (2014), S. 4 f. u. 8.
- 50) Vgl. KOCH (2012), S. X. Zur Grünen Logistik siehe ausführlich Kapitel 2.2.
- 51) Im Kontext dieser Arbeit werden die Begriffe elektrisches, elektrifiziertes und batterieelektrisches Nutz- oder Lieferfahrzeug synonym verwendet.
- 52) Die Treibhausgasemissionen von Diesel- und Elektronutzfahrzeugen werden in Kapitel 4.3.3.2 behandelt.
- 53) Die Schadstoffemissionen in der Form von Feinstaub- und Stickoxidemissionen werden in den Kapiteln 4.3.3.3 bzw. 4.3.3.4 behandelt.
- 54) Die Lärmemissionen von Diesel- und Elektronutzfahrzeugen sind Teil des Kapitels 4.3.3.5.

beitragen, eine unter ökologischen Gesichtspunkten „saubere“ Zustellung von Paketsendungen in städtischen Gebieten zu ermöglichen.⁵⁵ Nicht zuletzt die Anstrengungen großer KEP-Dienste wie der DEUTSCHEN POST DHL GROUP (DHL) verdeutlichen, dass der Einsatz von Elektronutzfahrzeugen für die städtische Sendungszustellung eine richtungsweisende Strategie im Bereich der Citylogistik⁵⁶ ist.⁵⁷

Trotz der ökologischen Vorteile von (batterieelektrischen)⁵⁸ Elektronutzfahrzeugen ist der Einsatz dieser Antriebstechnik als Alternative zum Einsatz von konventionellen Dieselnutzfahrzeugen weiterhin strittig.⁵⁹ Für Unternehmen und Entscheidungsträger besteht deshalb eine Unsicherheit darüber, ob der Einsatz von Diesel- versus Elektronutzfahrzeugen in der Citylogistik – insbesondere für die Paketzustellung im KEP-Segment⁶⁰ – unter monetären und nicht-monetären Gesichtspunkten (Kriterien) wirtschaftlich vorteilhaft⁶¹ ist. Diese Vorteilhaftigkeitsunsicherheit stellt das Realproblem der vorliegenden Arbeit dar.

-
- 55) Vgl. hierzu allgemein z.B. DEKKER et al. (2012), S. 673; KLUMPP et al. (2013), S. 19 f.; LEONARDI et al. (2015), S. 282 f.
- 56) Zur Einordnung des Einsatzes von Elektronutzfahrzeugen als eine Strategie der Citylogistik siehe Kapitel 2.3.3.4. Zur Verbindung zwischen dem Einsatz von Elektronutzfahrzeugen in dem Logistiksegment der Citylogistik und der Umsetzung der ökologischen Ziele Grüner Logistik vgl. CLAUSEN/SCHAUMANN (2012), S. 473.
- 57) Vgl. DHL (2017), S. 91 u. 112 [letztgenannte Seite als Übersicht der rein elektrisch angetriebenen Nutzfahrzeuge in der DHL-Flotte]. Die Anzahl von Elektronutzfahrzeugen in der DHL-Flotte ist seit dem Jahr 2014 erheblich gestiegen. Neben der DHL engagieren sich weitere KEP-Dienste im Bereich der Elektromobilität: vgl. z.B. DPD (o.J.), S. 29 f.; HERMES (o.J.), S. 22 f.; UPS (2017), S. 79.
- 58) Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird nur der Einsatz von Dieselnutzfahrzeugen und (batterieelektrischen) Elektronutzfahrzeugen im KEP-Segment der Citylogistik untersucht. Nutzfahrzeuge mit anderen Antriebstechniken, wie bspw. Nutzfahrzeuge mit einem benzinbetriebenen Verbrennungsmotor oder Nutzfahrzeuge mit einer Brennstoffzelle, werden nicht untersucht.
- 59) Allgemein zur Diskussion über den (alternativen) Einsatz von Elektronutzfahrzeugen in gewerblichen Anwendungen vgl. z.B. BOGDANSKI (2017), S. 33 ff.; CINIBULAK/ZELEWSKI (2015), S. 430 ff.; GRIES/ZELEWSKI (2013), S. 1 ff.; GRIES/ZELEWSKI (2014), S. 26 ff.; GRIES et al. (2016), S. 1 ff.; HACKER et al. (2015), S. 6 ff.; HARENDT et al. (2017), S. 106 ff.
- 60) Der Einsatz von Elektronutzfahrzeugen ist gegenwärtig primär für die Paketzustellung im KEP-Segment der Citylogistik sinnvoll, da Elektronutzfahrzeuge („noch“) geringere Reichweiten aufweisen als konventionell angetriebene Dieselnutzfahrzeuge. Vgl. KLUMPP et al. (2014), S. 144; KLUMPP et al. (2013), S. 20. Darüber hinaus verfügen die im KEP-Segment eingesetzten Nutzfahrzeuge – insbesondere diejenigen, die für die Paketzustellung eingesetzt werden – über feste Einsatzzeiten, sodass während der nächtlichen Standzeiten eine Aufladung im Depot vorgenommen werden kann. Vgl. DOHRMANN (2015), S. 55 f.
- 61) Zur Bewertung der wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit von Diesel- versus Elektronutzfahrzeugen werden monetäre und nicht-monetäre Kriterien herangezogen; siehe hierzu ausführlich das Kapitel 4. Zur Abgrenzung monetärer und nicht-monetärer Kriterien siehe Kapitel 4.1. Zum Wirtschaftlichkeitsbegriff siehe Kapitel 5.1.3.1. Für fundierte Forschungsbeiträge zur Wirtschaftlichkeitsanalyse von Nutzfahrzeugen auf Basis von monetären und nicht-monetären Kriterien vgl. vorab CINIBULAK (2014b), S. 6 f.; CINIBULAK et al. (2013a), S. 13 f.; CINIBULAK et al. (2013b), S. 6 ff.; GRIES/BOMMER (2016), S. 19 ff. Für eine Übersicht von Forschungsbeiträgen, die schwerpunktmäßig die Wirtschaftlichkeit von Diesel- versus Elektronutzfahrzeugen in der Citylogistik behandeln, siehe Tabelle 1 (S. 13).

1.2 Betriebswirtschaftliche Desiderate hinsichtlich des Realproblems

Für das beschriebene Realproblem wäre die Erstellung eines ganzheitlichen⁶² Katalogs monetärer und nicht-monetärer Bewertungskriterien⁶³, der auf die Analyse von Nutzfahrzeugen zugeschnitten ist und im Kontext einer Wirtschaftlichkeitsanalyse zum Einsatz von Diesel- versus Elektronutzfahrzeugen im KEP-Segment der Citylogistik angewendet werden kann, wünschenswert (*Kriterienkatalogdesiderat*).

Darüber hinaus wäre die Durchführung einer Wirtschaftlichkeitsanalyse zum Einsatz von Diesel- versus Elektronutzfahrzeugen im KEP-Segment der Citylogistik wünschenswert, um diejenige Nutzfahrzeugalternative zu bestimmen, die den erstellten Kriterienkatalog *bestmöglich*⁶⁴ i.S.d. wirtschaftlichen Vorteilhaftigkeit erfüllt (*Bewertungsdesiderat*).

1.3 State of the Art in Bezug auf die betriebswirtschaftlichen Desiderate

In der einschlägigen Fachliteratur existiert eine Vielzahl von Praxis- und Forschungsbeiträgen, die die Anwendungsgebiete, Entwicklungen und Potenziale der *Elektromobilität* erörtern. Während die meisten dieser Beiträge die Elektromobilität im Allgemeinen⁶⁵ – häufig mit einem Schwerpunkt auf Fahrzeugen mit Elektroantrieb im motorisierten Individualverkehr⁶⁶ – untersuchen, ist die Anzahl jener Forschungsarbeiten, die speziell den Einsatz von

62) Zur Erfüllung der Ganzheitlichkeit soll eine Vielzahl monetärer und nicht-monetärer Kriterien aus der einschlägigen Fachliteratur zu Wirtschaftlichkeitsanalysen von Diesel- versus Elektronutzfahrzeugen herangezogen, analysiert und für die Nutzung in formellen Arbeitstechniken „nutzbar“ gemacht werden.

63) Zur Abgrenzung monetärer und nicht-monetärer Kriterien siehe Kapitel 4.1. Als *monetäre Kriterien* werden im Rahmen von Wirtschaftlichkeitsanalyse für Nutzfahrzeuge u.a. die Anschaffungs-, Energie- und Versicherungskosten herangezogen. Als *nicht-monetäre Kriterien* werden in diesem Zusammenhang u.a. der Emissionsausstoß, die Reichweite und die Tank- oder Ladedauer von Nutzfahrzeugen betrachtet. Zu den vorgenannten Kriterien vgl. CINIBULAK (2014b), S. 7.

64) Der Begriff „bestmöglich“ ist stets für die jeweilige Entscheidungssituation zu präzisieren. Während sich in der vorliegenden Arbeit das Attribut „bestmöglich“ auf die wirtschaftliche Vorteilhaftigkeit einer Nutzfahrzeugalternative bezieht, gilt dieses Attribut bspw. in der Arbeit von AKCA für die Entscheidung über eine „bestmögliche“ (i.S. ihres erarbeiteten Kriterienkatalogs) Auktionsform. Vgl. AKCA (2008), S. 16, 21 u. 106 ff. [letztgenannte Seitenangabe zum Kriterienkatalog].

65) Allgemein zur Elektromobilität in verschiedenen Anwendungskontexten vgl. z.B. ACATECH (2010), S. 15 ff.; BACKHAUS et al. (2011), S. 1 ff.; BERTRAM/BONGARD (2014), S. 8 ff.; BOZEM et al. (2013), S. 15 ff.; DCTI (2010), S. 12 ff. u. 52; DUDENHÖFFER et al. (2012), S. 274 ff.; HELNERUS (2014), S. 621 ff.; PETERS et al. (2012), S. 17 ff. Darüber hinaus werden spezifischere Aspekte der Elektromobilität in den folgenden Forschungsbeiträgen behandelt: zur Verteilung von Ladesäulen für Elektrofahrzeuge in der Stadt Duisburg vgl. BIOLY et al. (2012), S. 5 ff.; zu kritischen Rohstoffen, wie z.B. Lithium, im Bereich der Elektromobilität (die Rohstoffkритikalitäten im Bereich der Elektromobilität werden in Kapitel 3 näher analysiert) vgl. AUL/KRAUSE (2010), S. 123 ff.; DÖRING (2012), S. 569 f.; zur Neuausrichtung von Geschäftsmodellen im Zuge der voranschreitenden Elektromobilität vgl. PROFF et al. (2013), S. 10 ff.; zu technischen Hemmnissen im Bereich der Elektromobilität vgl. FAZEL (2014), S. 24 ff.; zur Elektromobilität in ländlichen Gebieten vgl. SLUPETZKY/STROJ (2012), S. 123 ff.

66) Vgl. GRIES/ZELEWSKI (2014), S. 26; KLUMPP et al. (2013), S. 18; TAEFI et al. (2017), S. 81.

Diesel- versus Elektronutzfahrzeugen im KEP-Segment der Citylogistik diskutieren⁶⁷, gering. Gründe hierfür können u.a. in den im Vergleich zum Pkw-Segment niedrigeren Zulassungszahlen im Nutzfahrzeugsegment,⁶⁸ dem fehlenden Interesse der etablierten Automobilhersteller bei der Entwicklung von Elektronutzfahrzeugen⁶⁹ und den allgemein noch frühen⁷⁰ Forschungen in diesem Teilbereich der Elektromobilität gesehen werden.

In der Fachliteratur zur *Citylogistik* sind ähnliche Tendenzen erkennbar. Der Fokus vieler Forschungsbeiträge liegt auf der Begriffseinordnung der Citylogistik.⁷¹ Ebenso sind Schwerpunkte bei der Beschreibung von Strategien für die Citylogistik⁷² und der Analyse (nicht) erfolgreich umgesetzter Citylogistikprojekte⁷³ erkennbar. Das Potenzial von Elektronutzfahrzeugen für die Citylogistik wird („bisher“) jedoch nur vereinzelt behandelt.⁷⁴

-
- 67) Neben den später in der Tabelle 1 (S. 13) exemplarisch angeführten Forschungsbeiträgen zur Wirtschaftlichkeitsanalyse von konventionellen (insbesondere *Dieselnutzfahrzeugen*) versus alternativen (insbesondere *Elektronutzfahrzeugen*) sei an dieser Stelle auf einige weitere Beiträge verwiesen, die die Potenziale von Elektronutzfahrzeugen für gewerbliche Anwendungen (u.a. die Sendungszustellung in der Citylogistik) betrachten. Vgl. z.B. AICHINGER (2014), S. 7 ff.; CALSTART (2012), S. 7 ff.; DAIMLER AG/VATTENFALL INNOVATION GMBH (2011), S. 12 ff.; DHL (2013a), S. 1 ff.; HACKER et al. (2015), S. 7 ff.; KLUMPP et al. (2014), S. 144 ff.; KLUMPP et al. (2013), S. 17 ff. Eine kompakte Übersicht von Studien zu gewerblichen Elektromobilitätsanwendungen findet sich zudem bei DUDENHÖFFER (2015), S. 71 ff. Zur Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von schweren Diesel- und Elektronutzfahrzeugen vgl. HACKER et al. (2015), S. 80 ff. Fernab des städtischen Lieferverkehrs wird der Einsatz von Elektrofahrzeugen im Taxisegment von KILIAN et al. (2014), S. 43 ff., untersucht.
- 68) Zum 01.01.2017 waren in Deutschland ca. 45,8 Mio. Pkws und ca. 5,5 Mio. Nutzfahrzeuge zugelassen. Vgl. KBA (o.J.c).
- 69) Vgl. EC (2013), S. 10 f.; FUNK (2013); KÖHN (2017). Zur Vernachlässigung des Wirtschaftsverkehrs im Hinblick auf die Elektromobilität vgl. auch die Aussage von HENDRICK in SCHAEFER (2016).
- 70) Vgl. DAVIS/FIGLIOZZI (2013), S. 9.
- 71) Allgemein zur Citylogistik vgl. z.B. BENJELLOUN/CRAINIC (2009), S. 45 f.; CRAINIC et al. (2009a), S. 548; CRAINIC et al. (2009b), S. 432 u. 434 ff.; DECKERT (2016), S. 32 ff.; ERD (2015), S. 29 ff.; GLEIBNER/FEMERLING (2016), S. 52; MÜLLER/VOLKAMER (2006), S. 11 ff.; PIONTEK (2013), S. 110; VAHRENKAMP et al. (2012), S. 421; WOLPERT (2013), S. 17 f. Zur Begriffsauslegung von Citylogistik im deutschen und internationalen Raum vgl. LANGE et al. (2013), S. 110 f. Eine umfassende Literaturanalyse zur Citylogistik findet sich bei WOLPERT/REUTER (2012), S. 110 ff. Zur Citylogistik als Oberbegriff für unterschiedliche Strategien des städtischen Wirtschaftsverkehrs vgl. OEXLER (2002), S. 1.
- 72) Zur Strategie „städtischer Sammel- und Verteilzentren“ (siehe auch Kapitel 2.3.3.1) vgl. ALLEN et al. (2015), S. 303 ff.; ALLEN et al. (2012), S. 473 ff.; BENJELLOUN/CRAINIC (2009), S. 46 f.; BROWNE et al. (2005), S. 1 ff. Zur Strategie „gesonderte Lieferzeiten“ (siehe auch Kapitel 2.3.3.3) vgl. ALLEN et al. (2015), S. 302; DABLANC/RODRIGUE (2017), S. 48 f.; GIULIANO et al. (2013), S. 3 u. 27. Zur Schaffung von „Umweltzonen“ als eine Strategie zur Emissionsverminderung (siehe auch Kapitel 2.3.3.2) vgl. ALLEN et al. (2015), S. 310 ff.; DABLANC et al. (2013), S. 33 f.; GIULIANO et al. (2013), S. 42 f.; GRIES et al. (2016), S. 42 f.
- 73) Vgl. hierzu z.B. BENJELLOUN et al. (2010), S. 6224 ff.; ERD (2015), S. 80 ff.; MÜLLER/VOLKAMER (2006), S. 75 ff.; NESTEROVA et al. (2013), S. 39 ff.; WOLPERT (2013), S. 30 ff.
- 74) Der Einsatz von Elektronutzfahrzeugen als eine Strategie für die Paketzustellung im KEP-Segment der Citylogistik wird in Kapitel 2.3.3.4 behandelt. Der Einsatz von Elektronutzfahrzeugen in der Citylogistik wird auch in den folgenden Beiträgen diskutiert: CAGLIANO et al. (2017), S. 1218 ff.; CINIBULAK/ZELEWSKI (2015), S. 430 ff.; GRIES et al. (2016), S. 42 f.; HASSA (2016), S. 24 ff.; KLUMPP et al. (2014), S. 144 ff.; KLUMPP et al. (2013), S. 17 ff.; QUAK et al. (2018), S. 133 f.; TAEFI et al. (2016), S. 496 ff.