

Vergleich alternativer Transportmittel für die letzte Meile Logistik

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M.Sc.)“
im Studiengang Wirtschaftswissenschaft der
Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität Hannover

vorgelegt von:

Name:

██████████

Neumann

██████████

Vorname:

█

Pia

██████

Prüfer: Prof. Dr. Michael H. Breitner

Hannover, den 13.09.2021

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VII
1. Einleitung.....	1
1.1 Motivation und Relevanz	1
1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen.....	2
1.3 Aufbau der Arbeit	4
2. Theoretischer Hintergrund	6
2.1 Letzte Meile Charakteristika und Akteure	6
2.2 Steigendes Sendungsvolumen im Business to Consumer Segment.....	9
2.3 Kundenanforderungen an die Belieferung auf der letzten Meile	12
2.4 Herkömmliche Zustellfahrzeuge für die letzte Meile.....	14
3. Methodischer Teil: Qualitative Ansätze	16
3.1 Literaturrecherche nach Webster und Watson	16
3.1.1 Grundlagen.....	16
3.1.2 Durchführung der Literaturrecherche	19
3.2 Semi-strukturierte Experteninterviews und Inhaltsanalyse nach Mayring.....	22
4. Problemfelder auf der letzten Meile.....	29
4.1 Grundlegende Erkenntnisse.....	29
4.2 Ökologische Problematiken	32
4.3 Ökonomische Problematiken.....	34
4.4 Soziale Problematiken.....	36
5. Alternative Transportmittel für die letzte Meile	38
5.1 Vorgehen.....	38
5.2 Batterieelektrische Transporter	39
5.2.1 Praxisbeispiel: Batterieelektrische Transporter in London.....	43
5.3 Lastenfahrräder	47
5.3.1 Praxisbeispiel: Lastenfahrräder in Hamburg	52

5.4 Transportdrohnen.....	55
5.4.1 Praxisbeispiel: Transportdrohnen in Liaobu, China.....	60
5.5 Lieferroboter.....	63
5.5.1 Praxisbeispiel: Lieferroboter in Hamburg.....	66
5.6 Ermittlung der Kosten- und Umweltperformance der Transportmittel.....	68
5.6.1 Vorgehen.....	68
5.6.2 Daten und Annahmen.....	69
5.6.3 Ergebnisse.....	73
6. Analyse des derzeitigen Nutzens der Alternativen.....	75
6.1 Grundlagen und Vorgehen.....	75
6.2 Ergebnisse der Nutzwertanalyse.....	83
6.3 Diskussion der Zwischenergebnisse.....	85
7. Szenarioanalyse.....	87
7.1 Grundlagen und Vorgehen.....	87
7.2 Durchführung der Szenarioanalyse.....	89
7.2.1 Betrachtungsrahmen.....	89
7.2.2 Schlüsselfaktoren und Einflussanalyse.....	90
7.2.3 Cross-Impact Bilanzanalyse.....	97
7.3 Ergebnisse der Szenarioanalyse.....	100
7.3.1 Szenario 1: Zunahme der Emissionszonen und Abgasnormen.....	100
7.3.2 Szenario 2: Veränderung der Präferenzordnung der Kunden.....	101
8. Diskussion der Ergebnisse.....	102
9. Limitationen.....	105
10. Fazit und Ausblick.....	107
Literaturverzeichnis.....	IX
Anhang.....	XXXII
A Konzeptmatrix der Literaturrecherche.....	VII
B Interviewleitfaden und Transkripts der Experteninterviews.....	XII
C Interpretationsregeln, Verarbeitungsschritte und Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse.....	XXX
D Präferenz- und Nutzwertanalysematrix.....	LI
E Parameter und Berechnungen der Kosten- und Emissionsbeurteilung.....	LIII

F Einfluss- und Konsistenzmatrix der Szenarioanalyse.....	LVI
---	-----

1. Einleitung

1.1 Motivation und Relevanz

Der Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung nimmt global stetig zu. Während die Menschen Mitte der 50er Jahre noch zu über 70 Prozent auf dem Land lebten, sind aktuell bereits etwa 55 Prozent der weltweiten Bevölkerung in Städten und städtischen Gebieten wohnhaft.¹ Die Ursachen für diesen als Urbanisierung bezeichneten Prozess sind vielseitig und maßgeblich von dem Entwicklungsstand eines Landes abhängig. Während in weniger entwickelten Nationen der enorme Zuwachs urbaner Bevölkerung primär auf hohe Geburtenraten der städtischen Bevölkerung zurückzuführen ist, sind in höher entwickelten Staaten vor allem die Zuwanderung ländlicher Bevölkerung und die Neuklassifizierung ehemals ländlicher Gebiete als Städte die Ursachen für die stetig steigende Urbanisierung.² Leben viele Menschen auf engem Raum ergeben sich nicht nur Engpässe hinsichtlich der Flächenverfügbarkeit, sondern auch deutlich konzentriertere Umweltbelastungen. Dabei entstehen die Umweltbelastungen nicht nur in der Stadt selbst, sondern sorgen beispielsweise über die Treibhausgasemissionen (THG) für globale Wechselwirkungen. Zu den lokalen Umweltbelastungen zählen primär die Luftverschmutzung, Wasserverschmutzung oder eine deutlich erhöhte Lärmbelastung, während die globalen Auswirkungen maßgeblich in Form einer veränderten Atmosphärenzusammensetzung und folglich anhand der globalen Erwärmung und des Klimawandels deutlich werden. Als Hauptverursacher für die hohen Emissionsbelastungen in urbanen Regionen zählen hauptsächlich die Industrie und der motorisierte Verkehr.³ Neben des Trends der Urbanisierung lässt sich ein erheblicher Boom im Onlinehandel feststellen. Bestellen immer mehr Menschen ihre Waren im Internet, wirkt sich dies in hohem Maße auf die Komplexität der Stadtlogistik aus. Als Bindeglied zwischen Händler und Kunde kommt den Zustellern der Pakete dabei eine erhebliche Bedeutung zu. Denn ist der Kunde unzufrieden mit der Paketzustellung, ist er auch unzufrieden mit der gesamten Bestellung, was sich auf das zukünftige Kaufverhalten beim Händler auswirken kann.⁴ Während in der konventionellen Distributionslogistik mithilfe des Einsatzes großer Lastkraftwagen große Sendungsmengen an einen Empfänger versendet werden, erfolgt auf der sogenannten letzten Meile der Versand kleinteiliger Sendungen an verstreute Empfänger. Zugleich existiert nicht nur ein Anbieter entsprechender Zustelldienstleistungen, sodass die Unternehmen untereinander einem erheblichen Konkurrenzkampf ausgesetzt sind und oftmals in identischen Zeitfenstern dieselben Gebiete beliefern. Angesichts dieser Entwicklungen ist die städtische Infrastruktur in vielen Fällen bereits überlastet.⁵ In der Folge entwickeln sich immer häufiger Staus und entstehen immer mehr kritische

¹ Vgl. UN DESA (2015), S. 7 ff

² Vgl. ebenda, S. 22 ff

³ Vgl. Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und nukleare Sicherheit (2016)

⁴ Vgl. Rumscheidt (2019), S. 46

⁵ Vgl. ebenda, S. 46 f

Verkehrssituationen, die nicht nur die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung, sondern auch die Leistungsfähigkeit der Logistikdienstleister erheblich beeinträchtigen.⁶ Unter dem Einfluss des zunehmenden Interesses der Öffentlichkeit in Punkto Verkehrswende und Umweltfreundlichkeit Straßenverkehrs steigt der Druck auf die Logistikdienstleister ihre Zustellmethoden in den angespannten urbanen Regionen auf grünere Alternativen umzustellen. Ähnlich zum Personenverkehr gilt dabei die Umstellung der dieselbetriebenen Zustellfahrzeuge auf umweltfreundlichere Alternativen als ein kraftvolles Mittel zur Leistung eines Beitrags zur Umweltfreundlichkeit des Straßenverkehrs.⁷ Allerdings herrschen angesichts der Vielzahl an Alternativen und der Vermischung von Meinung und Fakten in der Öffentlichkeit wenig Klarheit darüber, welches Transportmittel die Problematiken der zunehmenden Urbanisierung und des Onlinebooms lösen kann und um so die Lebensqualität der städtischen Bevölkerung und ein funktionierendes Klimasystem der Erde langfristig zu sichern.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Angesichts der zunehmend angespannten Situation in Innenstädten und möglicher negativer Folgen für die Bevölkerung und das Klima lassen sich hinsichtlich der letzten Meile Logistik einige offene Fragen identifizieren. Geleitet von vermehrten medialem Interesse und einer zunehmenden öffentlichen Debatte ist das primäre Ziel dieser Arbeit, einen Überblick über die möglichen Alternativen und ihren potenziellen Nutzen zu erlangen. Aus diesem Grund lässt sich daher folgende Fragestellung als zentrale Forschungsfrage dieser Abschlussarbeit nennen:

FF1: Welche alternativen Transportmittel für die letzte Meile gibt es und welche dieser Alternativen besitzt das größte Nutzenpotenzial für die letzte Meile?

Um gemäß der Wortbedeutung von Nutzen eine valide Bewertung hinsichtlich des Nutzenpotenzials der einzelnen alternativen Transportmittel vornehmen zu können, ist es im Voraus notwendig, die aktuelle Situation und derzeitige Missstände innerhalb der letzten bzw. durch die letzte Meile Logistik zu analysieren. Da auf dem Handlungsgebiet der Logistikdienstleister allerdings eine Reihe von Akteuren beteiligt bzw. betroffen ist, gilt es verschiedene Perspektiven bei der Betrachtung zu berücksichtigen. Aus diesem Grund lautet die zweite Forschungsfrage:

FF2: Welche derzeitigen Missstände und Problematiken existieren aus den unterschiedlichen Perspektiven auf der letzten Meile?

⁶ Vgl. TomTom Medien (2020), S. 1 ff

⁷ Vgl. Clausen et al. (2016), S. 1541

Neben der Frage inwieweit alternative Transportmittel die herausgearbeiteten Problematiken auf der letzten Meile abmildern bzw. lösen können und wie somit ihr Nutzenpotenzial zu bewerten ist, ist es unklar unter welchen Umständen oder mit welchen Hilfsmitteln die Verbreitung alternativer Konzepte in Zukunft zunehmen kann. Allerdings gilt es besonders zur Ableitung von Handlungsempfehlungen herauszufinden, welche der derzeit noch eher unklaren politischen oder rechtlichen Maßnahmen zur Verbesserung der Situation auf der letzten Meile beitragen können. Daher lautet die letzte Forschungsfrage:

FF3: Welche Einflussfaktoren und Maßnahmen können die Verbreitung von aussichtsreichen Alternativen in Zukunft begünstigen?

Mithilfe dieser drei Forschungsfragen ist es im Rahmen dieser Arbeit möglich, die derzeit oftmals nur isoliert betrachteten technischen Konzepte direkt miteinander zu vergleichen, die Alternative mit dem größten Nutzenpotenzial zu identifizieren und abschließend Faktoren abzuleiten, mithilfe derer die Alternativen in Zukunft flächendeckender zum Einsatz kommen, um so die identifizierten Problematiken verursacht durch herkömmliche Transportmittel auf der letzten Meile zu reduzieren.

1.3 Aufbau der Arbeit

Um die vorgestellten Forschungsfragen in einer validen und zusammenhängen Art und Weise zu beantworten wurde ein strukturierter und logischer Aufbau gewählt, der mithilfe der Aggregation bestehenden Wissens und der Erhebung neuer Erkenntnisse ein zielführendes Vorgehen erlaubt.

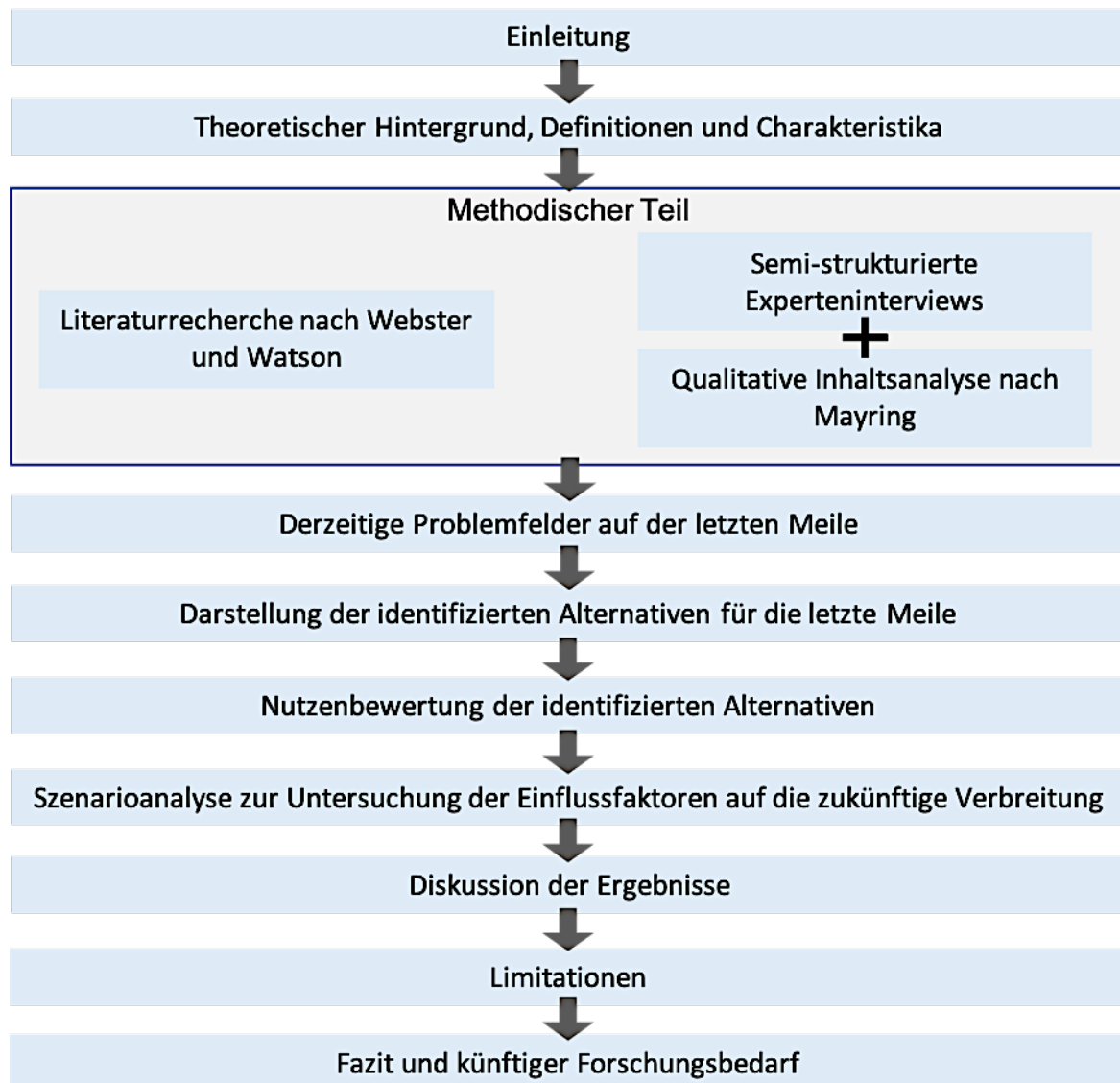


Abbildung 1: Vorgehensmodell der Abschlussarbeit
Quelle: Eigene Darstellung

Gemäß Abbildung 1 folgt nach der Einleitung in das Themengebiet und der Erläuterung der Relevanz des Forschungsthemas der Aufbau einer theoretischen Basis, die dem Leser notwendiges Hintergrundwissen über die Gegebenheiten und Zusammenhänge auf der letzten Meile vermittelt. Nachdem grundlegendes Fachwissen erläutert wurde, werden mithilfe der angewendeten wissenschaftlichen Methoden qualitative Daten zum einen über

Sekundärforschung ausgewertet und zum anderen über Primärforschung erhoben. Die zur Sekundärforschung zählende Literaturrecherche dient dabei als Ausgangspunkt zur Erlangung von Forschungsergebnissen, indem das Theoriekontinuum systematisch hinsichtlich der Forschungsfragen analysiert und dominante Konzepte innerhalb der gesichteten Literaturbeiträge identifiziert werden. Parallel werden mithilfe von Experteninterviews weitere qualitative Daten mit Bezug auf Beantwortung der Forschungsfragen erhoben, die anschließend mittels einer qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet und aggregiert werden. Insgesamt soll mithilfe des zweigleisigen Vorgehens die Validität und Zuverlässigkeit der Ergebnisse erhöht werden, da die analysierten Sekundärdaten der Literaturrecherche mit den eigens erhobenen Primärdaten der Experteninterviews gegengeprüft und ggf. erweitert werden. Somit wird im Rahmen dieser Arbeit nicht nur bisheriges Wissen analysiert, sondern zugleich werden ggf. neue Erkenntnisse in Bezug auf das Themengebiet geliefert. Nachdem mithilfe dieses methodischen Vorgehens die inhaltstechnischen Bausteine gelegt wurden, können die gewonnenen Erkenntnisse in den folgenden Abschnitten systematisch präsentiert werden. Bezugnehmend auf die Forschungsfragen und das Ziel dieser Arbeit werden daher zuerst die derzeitigen Problematiken auf der letzten Meile kategorisiert erläutert. Danach werden die identifizierten alternativen Transportmittel präsentiert, wobei jeweils die Stärken und Schwächen dargelegt und erläutert werden. Abschließend wird für jedes Transportmittel ein Praxisbeispiel eingeführt, das bessere Erkenntnisse über die derzeitige Praxisrelevanz der Alternativen liefern soll. Nachdem die Transportmittel präzise vorgestellt wurden, kann im nächsten Abschnitt das Nutzenpotenzial beurteilt werden. Dafür wird mithilfe einer Nutzwertanalyse ein qualitatives Auswertungsverfahren angewandt, das den Einbezug diverser, gegebenenfalls nicht monetärer Größen erlaubt. Als Bewertungskategorien dienen dabei die im Rahmen des methodischen Fundaments systematisch gewonnenen Problemkategorien auf der letzten Meile. Nachdem das Transportmittel mit dem größten Nutzenpotenzial für die letzte Meile ermittelt werden konnte, untersucht eine Szenarioanalyse mögliche Einflussfaktoren für die Verbreitung der Alternativen in der Zukunft. Basierend auf dieser Analyse lassen sich diejenigen Maßnahmen für die Praxis ableiten, die den Einsatz umweltfreundlicherer Alternativen in Zukunft hemmen oder begünstigen und somit die Praxisrelevanz der neuartigen Lösungen erheblich beeinflussen können. Abschließend werden die im Rahmen dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse kritisch diskutiert, Limitationen verdeutlicht, der identifizierte künftige Forschungsbedarf aufgezeigt und bezugnehmend auf die Forschungsfragen ein Fazit gebildet.

eher Mutmaßungen denn Fakten wären. Darüber hinaus wurden durch das Vorgehen mögliche Zeitersparnisse nicht straßengebundener Alternativen bei der Zustellung in dicht besiedelten und infrastrukturell überlasteten Gebieten nicht berücksichtigt. Allerdings könnten bspw. Lastenräder durch die Nutzung des Radwegs und das dichtere Parken am Zustellpunkt erheblich kürzere Zustellzeiten pro Sendung und somit mehr Lieferungen pro Tag erzielen.³⁷⁵ Neben der Limitationen aufgrund der ausgeschlossenen Betrachtungsdimensionen wurde für die Beurteilung der relativen Kosten- und Umweltperformance der Transportmittel eine Auslastung von stets 100 Prozent angenommen, was besonders beim Transport eiliger Sendungen auf der letzten Meile mit großvolumigen Fahrzeugen aufgrund der geringeren Konsolidierung nicht immer gegeben sein dürfte.³⁷⁶ Bezüglich der Beurteilung der Umweltauswirkungen jeder Alternative wurde analog zur Kostenseite aus forschungsökonomischen Gründen lediglich eine relative und theoretische Größe als Indikator gebildet. Wie bereits erwähnt wurde dabei ausschließlich die relative CO₂-Intensität berechnet, sodass andere positive Effekte wie geringere Luftschadstoffe in Form von NO_x und Feinstaub durch Einsatz elektrischer Varianten nicht quantifiziert wurden. Dieser Aspekt fand allerdings im Rahmen der Nutzwertanalyse Berücksichtigung, sodass die Auswirkungen im Gegensatz zur Kostenseite als begrenzter angesehen werden können.

10. Fazit und Ausblick

Die aktuellen Umstände und Rahmenbedingungen auf der städtischen letzten Meile führen zu einer Vielzahl negativer externer Effekte, die sich auf eine ebenso große Zahl an Stakeholdern auswirken. Im Spannungsfeld zwischen Politik, Umwelt, Sozialem und Wirtschaft entstehen teils komplexe Ursache-Wirkungszusammenhänge, die in negativen Ergebnissen wie einer verminderten Luftqualität in urbanen Regionen oder erheblichen Lärmbelastungen sichtbar werden. Angesichts der zunehmend angespannten politischen und umweltseitigen Situation werden als mögliche Lösung zur Abmilderung der negativen externen Effekte für die Belieferung von Endkunden auf der städtischen letzten Meile eine Vielzahl an Alternativen mit jeweils spezifischen Eigenschaften und entsprechend spezifischen Stärken und Schwächen diskutiert. Während batterieelektrische Transporter beispielsweise aufgrund ihres Aufbaus ein zu konventionellen Fahrzeugen ähnlich großes Transportvolumen aufweisen, weisen Lastenräder, Lieferroboter und Transportdrohnen eine kleinere Transportkapazität aber dafür die Nutzung eines anderen Verkehrsträgers auf. Obgleich Lastenfahräder und batterieelektrische Transporter bereits vermehrt in der Praxis zum Einsatz kommen, scheinen

³⁷⁵ Elbert und Friedrich (2020), S. 447

³⁷⁶ Siehe Kin et al. (2018), S. 1

die Lieferroboter und Transportdrohnen aufgrund ihrer derzeit geringen technischen Reife eine aktuell sehr begrenzte Praxisrelevanz zu besitzen. Die spezifischen technischen Eigenschaften gepaart mit externen Rahmenbedingungen bestimmen maßgeblich darüber, in welcher Form und in welchem Ausmaß die Transportmittel zur Belieferung auf der letzten Meile eingesetzt werden können. Gemäß der Berechnungen im Rahmen der Nutzwertanalyse besitzen besonders Lastenfahräder ein großes Potenzial, die Missstände in Folge der zunehmenden Paketflut in Innenstädten gepaart mit der begrenzten Zahlungsbereitschaft der Kunden, zu reduzieren. Dank ihrer lokal emissionsfreien Zustellung, der relativ großen Transportkapazität und der damit günstigen Kosten- und Umweltperformance können mithilfe dieser Alternative die lokale Bevölkerung entlastet und das globale Klimasystem geschont werden, ohne dass für die KEP Dienstleister große Effizienzeinbußen entstehen. Allerdings erscheint es hinsichtlich des derzeit nicht vorhandenen Netzes an erforderlichen Mikrodepots besonders aus Sicht der KEP Dienstleister fraglich, inwiefern diese Alternative in naher Zukunft unter derzeitigen Rahmenbedingungen flächendeckend zur Auslieferung auf der letzten Meile eingesetzt werden wird. Angesichts jährlich neuer Sendungsvolumenrekorde im KEP Segment erscheint es implizit, dass BET das größte Potenzial besitzen, die Paketmassen auf der letzten Meile bewältigen zu können und gleichzeitig in naher Zukunft einsatzbereit zu sein. Dabei kommt der politischen Ebene hinsichtlich der Verbreitung dieser Alternative in der Praxis eine erhebliche Bedeutung zu. Aus Sicht der rein betriebswirtschaftlich orientierten KEP Dienstleister zählen derzeit nahezu ausschließlich monetäre Gesichtspunkte bei der Beurteilung und Wahl der Fahrzeuge für den Regelbetrieb auf der letzten Meile, sodass konventionelle Fahrzeuge aktuell weiterhin präferiert eingesetzt werden. Gemäß den Ergebnissen der Szenarioanalyse können daher besonders politische Maßnahmen in Form strengerer Abgasnormen und Emissionszonen für konventionelle Fahrzeuge dazu beitragen, den technischen Fortschritt hinsichtlich BET voranzutreiben und die Kosteneffizienz dieser Alternative und damit die Verbreitung im Regelbetrieb weiter zu steigern. Insgesamt lässt sich jedoch ermitteln, dass ein Transportmittel allein die diversen Problematiken auf der letzten Meile nicht lösen können.³⁷⁷ Zugleich besitzt jede der vorgestellten Alternativen spezifische Stärken und Schwächen, sodass sich bei Vorliegen verlässlicher quantitativer Daten die optimalen Einsatzfelder je Transportmittel ermitteln lassen und so ein optimaler Mix für die konkret vorliegende logistische Aufgabe und die räumlichen Gegebenheiten abgeleitet werden kann. Basierend auf dieser Erkenntnis lässt sich der weitere Forschungsbedarf erschließen. So ist es zur Beurteilung des konkreten optimalen Einsatzfeldes einer Alternative zwingend erforderlich, auf eine umfangreiche und valide Datenbasis zurückgreifen zu können.³⁷⁸ Derzeit herrscht in der wissenschaftlichen Welt wenig Konsens hinsichtlich der Leistungsparameter alternativer Transportmittel und somit hinsichtlich der konkreten Leistungsfähigkeit aller Alternativen. Folglich ist es zwingend erforderlich, über groß angelegte, systematische Feldversuche praxisrelevante quantitative

³⁷⁷ Siehe dazu z.B. Arnold et al. (2018), S. 11

³⁷⁸ Siehe dazu De Cauwer et al. (2015), S. 9

Daten hinsichtlich der Nutzung von Alternativen auf der letzten Meile zu sammeln, um basierend darauf die konkrete logistische Leistungsfähigkeit zu beurteilen und praxisnahe Erkenntnisse hinsichtlich des optimalen Einsatzgebietes ableiten zu können. Besonders im Hinblick auf die technisch eher unreifen Transportdrohnen und Lieferroboter fehlen mit der Ungewissheit hinsichtlich der Lebensdauer oder der pro Tag auslieferbaren Sendungsmenge essentielle Daten zur Beurteilung der Kosten- und Umweltperformance, sodass dort ein erheblicher Bedarf zur Schließung der Lücke besteht. Sobald eine valide und verifizierbare Datenbasis vorhanden ist, ist es möglich die nächste identifizierte Lücke hinsichtlich des behandelten Themengebietes zu schließen. So wurde aufgrund des Daten- und Konsensmangels die Kombination aller vorgestellten Alternativen in Form eines ganzheitlichen integrierten Ansatzes bisher nicht systematisch und wissensseitig gewinnbringend untersucht. Allerdings scheint angesichts der diversen logistischen Anforderungen und der unterschiedlichen Problematiken auf der letzten Meile nicht das eine „One Size fits All“ Transportmittel, sondern die Kombination der Alternativen zu einem ganzheitlichen System die vielversprechendste Lösung zu sein. Zur Ausnutzung der Vorteile einer Alternative und zum Ausgleich der Schwächen anderer Alternativen ist es zudem aussichtsreich, die Integration von alternativen Transportmitteln, bspw. in Form von BET die als Mikrodepot für Lieferroboter dienen, näher zu untersuchen und ggf. in das System aus dem Mix der Alternativen zu integrieren. Hinsichtlich Mikrodepots lässt sich zudem ausführen, dass auch die Belieferung dieser Warenlager eine erhebliche Rolle für die CO₂-Intensität der Belieferungsaktivitäten hat, weshalb in dieser Hinsicht Möglichkeiten einer lokal emissionsfreien Belieferung via E-LKW zu untersuchen ist.³⁷⁹ Basierend auf diesen Ausführungen lässt sich zum Zwecke der vermehrten Nutzung alternativer Transportmittel auf der letzten Meile ein erheblicher Forschungsbedarf hinsichtlich der spezifischen optimalen Einsatzfelder und der systematischen Kombination von Alternativen zu einem praxistauglichen und umweltfreundlichen Gesamtsystem, mit einem optimalen Mix der Alternativen für das spezifisch vorliegende Zustellgebiet, ableiten. Sobald diese Wissenslücken geschlossen sind, ist eine flächendeckende Umstellung zugunsten umweltfreundlicher Alternativen als wahrscheinlich anzusehen, ohne dass große effizienzseitige Einbußen für die Dienstleister entstehen.

³⁷⁹ Clausen et al. (2016), S. 1536