

Logistische Optimierung der Citybelieferung mit Lastenrädern (LOOP)

**Fallstudie des Lastenradeinsatzes im Zuge der empfängerbezogenen
Bündelung einer Düsseldorfer Stückgutspedition**



Lehr- und Forschungsgebiet
Güterverkehrsplanung und Transportlogistik

Autoren:

Patrick Mayregger
Prof. Dr.-Ing. Bert Leerkamp
Tim Holthaus
Christoph Mönicks

Zitiervorschlag:

Mayregger, Leerkamp, Holthaus, Mönicks (2023): Logistische Optimierung der Citybelieferung mit Lastenrädern (LOOP). Fallstudie des Lastenradeinsatzes im Zuge der empfängerbezogenen Bündelung einer Düsseldorfer Stückgutspedition, DOI: <https://doi.org/10.25926/rqg5-n989>

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das Projekt „Logistische Optimierung der Citybelieferung mit Lastenrädern“ wird gefördert durch das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) aus Mitteln zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans.

Inhalt

1	Einleitung und Projektkontext	4
2	Projektübersicht.....	5
2.1	Ausgangspunkt: Das Bündelungskonzept incharge	5
2.2	Projektbeschreibung.....	8
3	Potenzialanalyse Düsseldorf	10
3.1	Güterverkehr in Düsseldorf	11
3.2	Ordnungsrechtliche Beschränkungen.....	14
3.3	Sonstige Beschränkungen	16
3.4	Räumliche Verteilung der gewerblichen Nutzungen in Düsseldorf	17
3.5	Analyse und Prognose des Sendungsaufkommens.....	19
4	Feldversuch Düsseldorf	22
4.1	Entwicklung des Sendungsaufkommens	23
4.2	Trackingdaten.....	24
4.2.1	Aufbereitung der Trackingdaten	25
4.3	Interviews	28
5	Kundenansprache Wuppertal	29
6	Projektergebnisse	30
6.1	Sendungen und belieferte Branchen	31
6.2	Tourenbezogene Erkenntnisse	33
6.3	Fahrgeschwindigkeiten und Störquellen.....	36
6.4	Umsetzungshemmnisse und Transformationspfad.....	39
6.4.1	Betriebliche Herausforderungen	39
6.4.2	Technische Herausforderungen	41
7	Literaturverzeichnis	43

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: drei Säulen des incharge-Konzepts	6
Abbildung 2: Prinzipskizze geänderter Güterströme mit dem incharge-Konzept.....	8
Abbildung 3: Untersuchungsgebiet und Gebiete mit besonderer Relevanz für die Nutzung von Lastenrädern.....	11
Abbildung 4: Branchenzugehörigkeit von Fahrzeugen des Wirtschaftsgüterverkehrs in der Düsseldorfer Altstadt, (Goebels et al. 2018-2021)	13
Abbildung 5: Fahrzeugtypen des Wirtschaftsgüterverkehrs in der Düsseldorfer Altstadt, (Goebels et al. 2018-2021)	13
Abbildung 6: Verteilung der Haltezeiten nach Marktsegment der jeweiligen Fahrzeuge, nach Mayregger (2023).....	14
Abbildung 7: Lieferzeitbeschränkungen im Untersuchungsgebiet.....	15
Abbildung 8: Netzbeschränkungen für die Nutzung mit dem Fahrrad	16
Abbildung 9: beispielhafte Darstellung des Höhenprofils eines Straßenzugs.....	17
Abbildung 10: räumliche Verteilung gewerblicher Nutzungen im Fokusgebiet (Untersuchungsgebiet der Nutzungserhebung).....	18
Abbildung 11: Detailuntersuchung Nutzungsverteilung in der Düsseldorfer Altstadt, Stand 2018, (Leerkamp 2021)	19
Abbildung 12: Auswertung des durchschnittlichen monatlichen Sendungsaufkommens nach Jahren.....	20
Abbildung 13: durchschnittliches tägliches Sendungsaufkommen nach Wochentagen (2015-2018).....	21
Abbildung 14: Anteile der Sendungen, die Objekte der unterschiedlichen Objektkategorien enthalten, zeitlich differenziert (vor und nach Markteinführung incharge-Konzept)	22
Abbildung 15: monatliches Sendungsaufkommen der ABC-Logistik in der Stadt Düsseldorf, grau umrandet der Zeitraum seit Einführung von incharge.....	23
Abbildung 16: Verteilung der Objektarten an der Sendungsanzahl.....	24
Abbildung 17: täglicher Lastenradeinsatz während des Feldversuchs 2019/2020	25
Abbildung 18: überlagerte Darstellung der Trackingdaten aller aufgezeichneten Tage	26

Abbildung 19: Cluster von zeitlich aufeinanderfolgenden Trackingpunkten mit geringer räumlicher Veränderung	27
Abbildung 20: Gebietsabgrenzung für den Wuppertaler Feldversuch	29
Abbildung 21: Skizze Datenanalyse und Ergebnisverwendung	30
Abbildung 22: Anteile der Branchen am Sendungsaufkommen insgesamt und den Lastenradsendungen	32
Abbildung 23: Vergleich aufgezeichnete und modellierte Touren, ausgewählte Tage ohne erkennbare Trackingfehler	33
Abbildung 24: Verteilung der Tourlängen (modellierte Entfernung) und Fahrzeiten (exkl. Stopps)	34
Abbildung 25: Haltezeitenverteilung nach Haltetyp in Minuten.....	35
Abbildung 26: Verteilung der durchschnittlichen aufgezeichneten Geschwindigkeiten auf den Netzkanten des Düsseldorfer Straßennetzes	37
Abbildung 27: Verteilung der Abweichungen zwischen durchschnittlicher Fahrgeschwindigkeit und Modellannahme aus Potenzialstudie.....	37
Abbildung 28: räumliche Verteilung der identifizierten Zeitverluste	38

Vorbemerkung zum Projektverlauf

Externe Entwicklungen im Projektverlauf hatten teilweise gravierende Auswirkungen auf die Projektdurchführung. Dies führt teilweise dazu, dass fest eingeplante inhaltliche Teile in diesem Bericht nicht enthalten sind.

Durch die im Laufe des Projektes aufgetretene Covid-19-Pandemie kam es zu deutlichen Beeinträchtigungen des Feldversuchs in Düsseldorf. Diese werden an den entsprechenden Stellen im Bericht beschrieben. Zunächst war auch die Durchführung eines Feldversuchs in Wuppertal geplant, um die Übertragbarkeit des Bündelungskonzepts auf andere Städte zu untersuchen. Die Beschränkungen der Kontaktaufnahme und des Handels im Rahmen der Pandemie haben den Aufbau eines Händler:innenstamms jedoch so sehr erschwert, dass ein solcher Feldversuch nicht durchgeführt werden konnte.

Das Forschungsprojekt war in zwei Teile geteilt, die bei der Bergischen Universität Wuppertal bzw. bei der Düsseldorfer ABC-Logistik durchgeführt wurden. Durch den kurzfristigen Ausstieg der ABC-Logistik vor dem Projektende können die entsprechenden Teile dieses Endberichts nicht erstellt werden. Dazu gehören insbesondere die folgenden Punkte:

- Wirtschaftlichkeitsuntersuchung des Lastenradeinsatzes im Rahmen des Feldversuchs in Düsseldorf
- Analyse der Branchenzugehörigkeit der mit Lastenrädern belieferten Unternehmen und Vergleich zur Zusammensetzung aller Empfänger:innen von durch incharge bzw. ABC-Logistik durchgeführten Lieferungen.

1 Einleitung und Projektkontext

Bündelung ist eine vieldiskutierte und bedeutende Strategie zur Minderung der negativen Effekte des urbanen Güterverkehrs. Er wird insbesondere durch den Einsatz großer Fahrzeuge als Belastung für das Stadtbild und die Verkehrssicherheit angesehen. Außerdem wird erwartet, dass der Güterverkehr einen Beitrag zur Minderung der Treibhausgasemissionen im Verkehrssektor leistet.

In der urbanen Logistik liegt bisher der Fokus vieler Projekte auf den Kurier-, Express- und Paketdiensten (KEP). Anbieterübergreifende Bündelung hat dabei in der Regel nicht stattgefunden. Viele Projekte haben sich darauf beschränkt, Mikrodepots in Zielgebietsnähe zu schaffen. Dabei waren zwar teilweise unterschiedliche Paketdienste an einem Standort tätig, haben aber, wie beim vieldiskutierten Berliner Projekt KoMoDo (LogisticNetwork Consultants et al. 2019) keine gemeinsame Zustellung auf der letzten

Meile durchgeführt. Das Projekt RadLast (Fontaine et al. 2021) hat u.a. am Beispiel der Stadt München gezeigt, wie die Standorte und die Anzahl der Mikrodepots in einer Stadt bestimmt werden können. Ziel war dabei in der Regel nicht die Bündelung und Minderung der Fahrleistung, sondern die Ermöglichung des Lastenradeinsatzes auf der letzten Meile.

Dieser Bericht stellt ein Düsseldorfer Fallbeispiel dar, das auf empfängergetriebene Bündelung setzt. Dieses Bündelungskonzept wird in Abschnitt 2.1 genauer vorgestellt. Anknüpfend an dieses Bündelungskonzept hat das Forschungsprojekt zur logistischen Optimierung der Citybelieferung mit Lastenrädern (LOOP) das Einsatzpotenzial von Lastenrädern untersucht. Das Projekt wird aus Mitteln des Nationalen Radverkehrsplans (NRVP) finanziert. Das Vorgehen und die Ziele des Projektes werden in Abschnitt 2.2 vorgestellt. Zur Ermittlung der Einsatzpotenziale wurde u.a. ein Feldversuch in Düsseldorf durchgeführt, dessen vorbereitende Potenzialstudie in Abschnitt 3 und dessen Verlauf in Abschnitt 4 dargestellt ist. Abschnitt 5 befasst sich mit dem Versuch einen weiteren Feldversuch in Wuppertal zu beginnen. Die Analyse der erhobenen Daten und Informationen sowie der Projektergebnisse erfolgt in Kapitel 6.

2 Projektübersicht

2.1 Ausgangspunkt: Das Bündelungskonzept incharge

Ausgangspunkt der vorgestellten Fallstudie ist ein am Markt entstandenes Angebot des LOOP-Projektpartners ABC-Logistik. Unter der Bezeichnung „incharge“ unterbreitet er den Düsseldorfer Einzelhändler:innen ein Angebot, das aus drei Teilen besteht: Der Bündelung, der Lagerhaltung und der Same-Day-Endkundenzustellung (vgl. Abbildung 1). Im Gegensatz zu dem häufig diskutierten Modell der Gebietskonzession sind hier nicht alle Empfänger:innen innerhalb des Projektgebiets obligatorisch einbezogen. Vielmehr treten die Empfänger:innen in ein individuelles Vertragsverhältnis mit der ABC-Logistik. Keines der Angebote wird über die klassischen Sendungsportos, sondern über direkte und zusätzliche Zahlungen der Empfänger:innen finanziert. Deshalb kann auch von einer empfängergetriebenen Bündelung gesprochen werden.

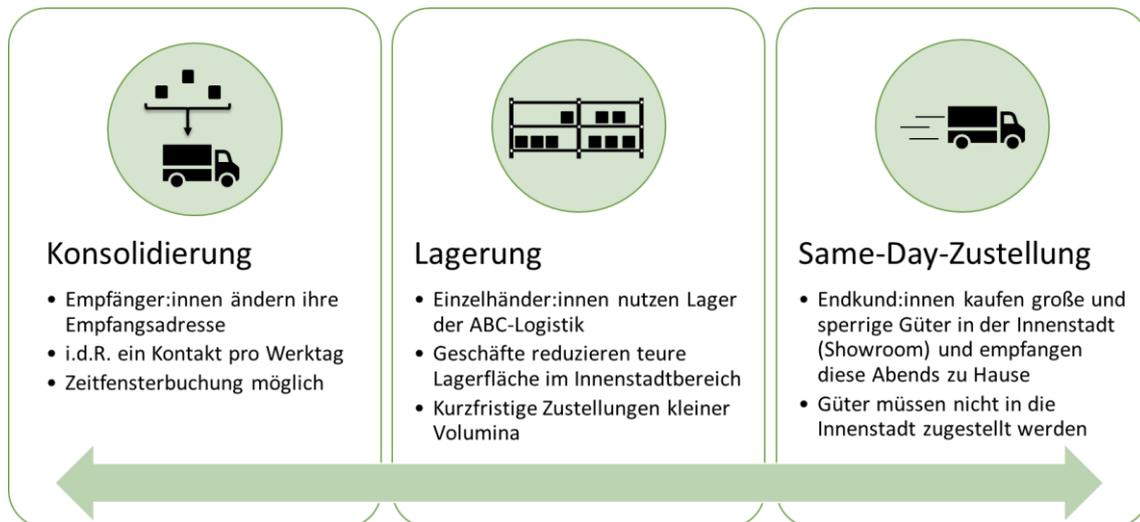


Abbildung 1: drei Säulen des incharge-Konzepts

Viele Einzelhandelsgeschäfte empfangen über den Tag verteilt eine hohe Zahl kleinerer Sendungen. Da für die Warenannahme immer wieder andere Tätigkeiten unterbrochen werden müssen, stellt dies ein Problem für viele Geschäfte dar. Im Rahmen des incharge-Konzepts wird deshalb eine **konsolidierte Zustellung** angeboten, die in der Regel dazu führt, dass zu jedem Werktag nur einmalig eine Warenannahme erfolgt. Zusätzlich ist die Vereinbarung von Zeitfenstern für die Zustellung möglich, was die Integration der Warenannahme in die übrigen Prozesse im Geschäft erleichtert. Die empfangenden Unternehmen geben die Adresse des City-Hubs von ABC-Logistik im Düsseldorfer Hafen als Empfangsadresse ihrer Bestellungen an. Dort erfolgt die Warenannahme und Konsolidierung. Da somit ein Umschlag vor der letzten Meile erfolgt, kann die Zustellung in den Innenstadtbereich mit emissionsärmeren Fahrzeugen mit vergleichsweise geringeren Reichweiten erfolgen.

Insbesondere in Innenstadtlagen steigen die Bodenpreise immer weiter. Dies gilt für Düsseldorf in besonderem Maße. Dadurch entsteht der Druck auf Geschäfte im Innenstadtbereich, die ihnen zur Verfügung stehende Fläche möglichst effizient zu nutzen. Deshalb werden Lagerflächen in den Geschäften häufig als notwendiges Übel empfunden, durch welches die verfügbare Verkaufsfläche eingeschränkt wird. So liegt der Gedanke nahe, die Lagerung von nur mittelfristig benötigten Waren nicht im Geschäft selbst vorzunehmen. Das incharge-Konzept umfasst deshalb das Angebot der **Lagerung** von Waren im City-Hub der ABC-Logistik im Düsseldorfer Hafen. Einerseits können so Sendungen konsolidiert zugestellt werden, deren ursprüngliche Lieferung an unterschiedlichen Tagen erfolgt wäre. Andererseits führt die räumliche Trennung von Lager und Verkaufsfläche teilweise zu spontanen Transportbedarfen, die nur schwer in anderen Touren abgebildet werden können. Letzteres führt dann zu sehr gering

ausgelasteten Pendelfahrten. Der Transportauftrag ist in diesem Fall eher mit dem eines Kurierdienstes als mit klassischen Transportaufträgen einer Stückgutspedition zu vergleichen. Der Lastenradeinsatz erscheint auch für solche Aufgaben sinnvoll zu sein.

Der stationäre Einzelhandel steht in großer Konkurrenz zum Onlinehandel. Die Haustürzustellung ist eines der wesentlichen Komfortmerkmale des Onlinehandels. Einige Einzelhandelsgeschäfte wollen deshalb gerade diese Haustürzustellung als weitere Leistung des stationären Einzelhandels etablieren. Die Ladengeschäfte in der Innenstadt würden bei solchen Verkäufen die Funktion eines show rooms übernehmen. Insbesondere beim Kauf von sperrigen oder schweren Waren kann ein solches Angebot ein Komfortgewinn für die Endkund:innen darstellen. Teil des incharge-Konzepts ist deshalb die **Same-Day-Zustellung** an die Endkund:innen des Einzelhandels durch die ABC-Logistik. Die Waren werden entweder aus dem Ladenlokal abgeholt oder direkt aus dem Lager der ABC-Logistik an die Endkund:innen zugestellt. Im letzten Fall können die Güterströme komplett aus dem Innenstadtbereich ferngehalten werden.

Die empfängergetriebene Bündelung zeigt im Hinblick auf

- die Fahrleistungen von Nutzfahrzeugen im Auslieferungsgebiet Innenstadt,
- den Einsatz schwerer Nutzfahrzeuge (sNfz) $\geq 7,5$ t zulGG,
- die Transportleistungen [tkm],
- die Aufenthaltszeiten und Ladeflächenbedarfe von Auslieferungsfahrzeugen in der Innenstadt und
- die wirtschaftlichen Einsatzbedingungen von batterieelektrisch betriebenen Nfz

prinzipiell folgende Wirkungen:

Die gesamten Nfz-Fahrleistungen nehmen ab, weil Auslieferungsfahrten von Stückgut- und KEP-Logistikern im Gebiet auf weniger Fahrzeuge gebündelt werden, deren Touren effizienter sind (höhere Tourdichten und Stoppdichten).

Der Einsatz von sNfz wird in dem Maße reduziert, in dem Stückgutspediteure, die mit derartigen Fahrzeugen im Rahmen ihrer regionalen Auslieferungstouren nur wenige Zieladressen in der Düsseldorfer City anfahren, ihre innenstadtbezogenen Sendungen nun am ABC-Logistik-Hub im Düsseldorfer Hafen abliefern. Durch die Bündelung bei ABC-Logistik kommen vorrangig Nfz $< 7,5$ t zulGG zum Einsatz.

Die Transportleistungen werden etwa in dem Maße reduziert, in dem die Tourdichten zunehmen.

Die Aufenthaltszeiten des gesamten Nutzfahrzeugverkehrs der KEP- und Stückgutlogistik im Auslieferungsgebiet und damit auch die Ladeflächenbedarfe nehmen proportional zur Erhöhung der Tour- und Stoppdichten ab.

Batterieelektrisch betriebene Nfz können im Auslieferungsverkehr zwischen dem Logistik-Hub im Düsseldorfer Hafen und der Innenstadt effizient eingesetzt werden, weil die Fahrtweiten gering sind und am Hub Lademöglichkeiten bestehen.

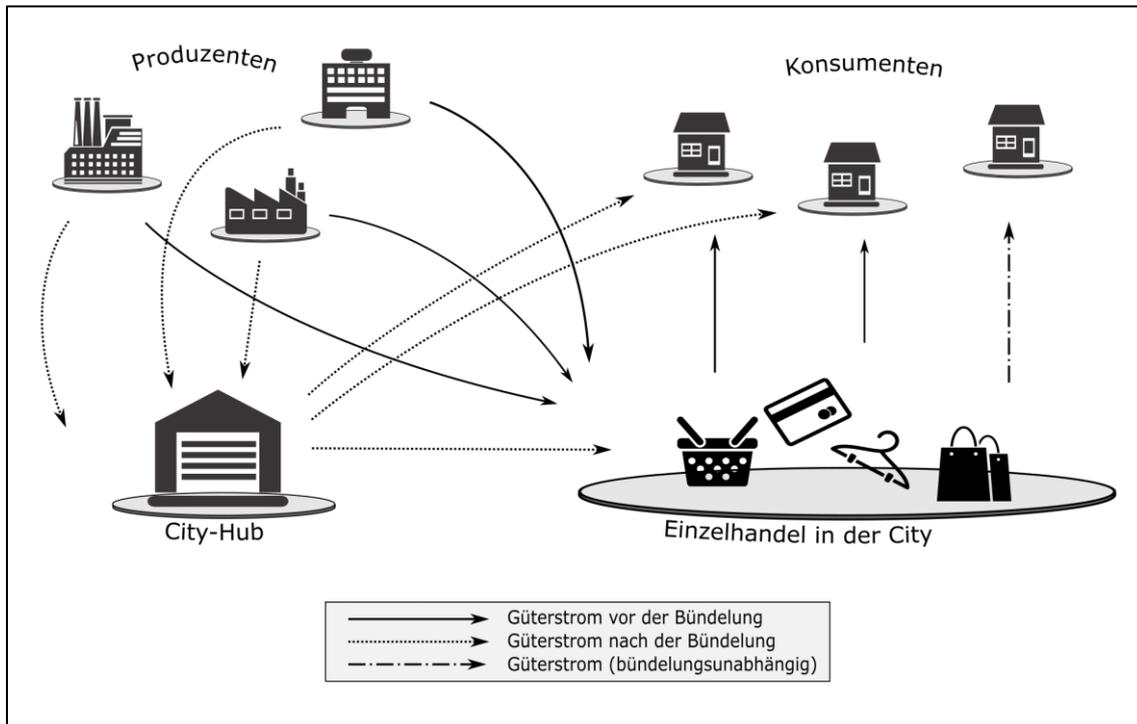


Abbildung 2: Prinzipskizze geänderter Güterströme mit dem incharge-Konzept

2.2 Projektbeschreibung

Dieser Bericht fasst die Ergebnisse des NRVP-Projekts LOOP zusammen. Das Projekt und die damit verbundenen Ziele und Potenziale werden in diesem Abschnitt kurz beschrieben.

Das Projekt knüpfte an das schon zuvor etablierte incharge-Konzept an. Ziel des Projektes war es, die Einsatzpotenziale für Lastenräder im Zuge dieses Konzeptes zu identifizieren und einen Versuch zur Übertragung auf die Stadt Wuppertal zu unternehmen. Hierfür waren eine theoretische Potenzialanalyse für den Raum Düsseldorf und jeweils ein halbjähriger Feldversuch in Düsseldorf und Wuppertal vorgesehen.

Die Potenzialanalyse erfolgte auf Grundlage von Sendungsdaten der ABC-Logistik, die im Untersuchungsraum vor Beginn des Feldversuchs erhoben wurden. Die Nutzbarkeit von Lastenrädern wurde anhand von Sendungseigenschaften (Volumen, Maße, Gewicht) und Empfängereigenschaften (Umfang der täglichen Sendungsmenge)

abgeschätzt. Mittels eines Tourenplanungs- und -umlegungsalgorithmus wurden Fahrleistungen und Arbeitsstunden unterschiedlicher Fahrzeugklassen im Ist- und im Soll-Szenario approximiert (mit und ohne Lastenradeinsatz).

Die theoretische Potenzialanalyse ergab, dass die Fahrleistung von herkömmlichen Transportern und LKW deutlich gesenkt werden kann. Die Fahrzeit über alle eingesetzten Fahrzeuge (incl. Lastenräder, ohne Berücksichtigung der Parksuch- und Haltezeiten) verändert sich durch den Lastenradeinsatz nicht wesentlich. Aus diesen Ergebnissen der Potenzialanalyse wurde abgeleitet, dass das Vorhaben einen Beitrag zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse in der Düsseldorfer Innenstadt leisten kann und wirtschaftlich darstellbar ist. Somit wurde ein Lastenrad (Modell Bring des Herstellers Bayk) für die Erprobung des Einsatzes angeschafft und ein sechsmonatiger Feldversuch begonnen.

Im Rahmen des Düsseldorfer Feldversuchs konnte das angeschaffte Lastenrad durch den Projektpartner ABC-Logistik ohne zuvor festgelegte Vorgaben eingesetzt werden. Der Feldversuch wurde durch die Bergische Universität Wuppertal begleitet, indem regelmäßige qualitative Interviews mit dem Fahrer des Lastenrads durchgeführt sowie Trackingdaten des Lastenrads und Sendungsdaten über den Zeitraum des Feldversuchs gesammelt und ausgewertet wurden.

In Düsseldorf konnte das Lastenrad in die bestehenden betrieblichen Vorgänge bei ABC-Logistik integriert werden. Insbesondere war bereits vor Projektbeginn ein Standort in Innenstadtnähe und ein großer Kundenstamm etabliert, wodurch größere Sendungsmengen anfielen, die teilweise mit dem Lastenrad zugestellt werden konnten. Um den Aufbau eines vergleichbaren Systems ohne diese sehr guten Voraussetzungen zu erproben, sollte im Anschluss ein weiterer Feldversuch in Wuppertal durchgeführt werden. Hier sollte von einem Micro-Hub in Randlage der Elberfelder Innenstadt aus die Zustellung erfolgen. Lagerhaltung und Warenannahme wären allerdings auch hier zunächst im Düsseldorfer Hafen erfolgt. Das Elberfelder Depot wäre in diesem Fall täglich aus Düsseldorf beliefert worden. Auch in diesem Feldversuch hätte die ABC-Logistik das Lastenrad frei einsetzen können und der Feldversuch wäre analog zu dem in Düsseldorf von der Bergischen Universität Wuppertal begleitet worden. Voraussetzung für die Durchführung dieses Feldversuchs war es jedoch, eine ausreichende Menge von Empfänger:innen in Wuppertal zu finden, die an dem Projekt teilnehmen wollten. Dieses Ziel konnte trotz intensiver Bemühungen nicht erreicht werden, wodurch der Wuppertaler Feldversuch nicht gestartet werden konnte.

3 Potenzialanalyse Düsseldorf

In diesem Abschnitt werden zunächst die Rahmenbedingungen des Düsseldorfer Feldversuchs dargestellt. Den Untersuchungsraum stellt die Düsseldorfer Innenstadt (bestehend aus den Stadtteilen Hafen, Unterbilk, Friedrichstadt, Altstadt, Carlstadt und Stadtmitte) dar. In diesem Gebiet liegt ein großer Teil des Einzelhandels und der Gastronomie des Oberzentrums Düsseldorf (vgl. Abbildung 3). Außerdem weist der Untersuchungsraum eine starke räumliche Nähe zum Betriebsstandort der ABC-Logistik im Düsseldorfer Hafen auf. In Absprache mit ABC-Logistik wurden die drei Teilgebiete Medienhafen, Altstadt/Carlstadt und Königsallee aufgrund der hohen Dichte an Einzelhandelsnutzungen als besonders relevant für den Lastenradeinsatz identifiziert.

Damit die Nutzungen im Untersuchungsraum differenziert betrachtet werden können, wurden sie manuell während einer Begehung erhoben. Dabei wurden Eigenschaften der Nutzungen erfasst (u. a. Art der wirtschaftlichen Aktivität). Darüber hinaus wurden die ordnungsrechtlichen Beschränkungen für den Lieferverkehr (Fußgängerzonen mit und ohne Lieferzeitfenster sowie Einfahrverbote für Fahrräder) erhoben (vgl. Abbildung 8).

Am 30. April 2019 erfolgte ein Austausch mit der Stadt Düsseldorf zu geplanten und zu erwartenden Entwicklungen der Rahmenbedingungen für den Lieferverkehr. Dabei waren besonders die damals im Raum stehenden Dieselfahrverbote ein Thema. Diese wurden jedoch in den Analysen der Potenzialstudie nicht berücksichtigt, da die Stadt Maßnahmen plante, die zur Minderung der Luftschadstoffkonzentration in der Innenstadt führen sollten und eine Berücksichtigung die Vorteile des Lastenrads gegenüber konventionellen Nutzfahrzeugen tendenziell noch verstärkt hätte.

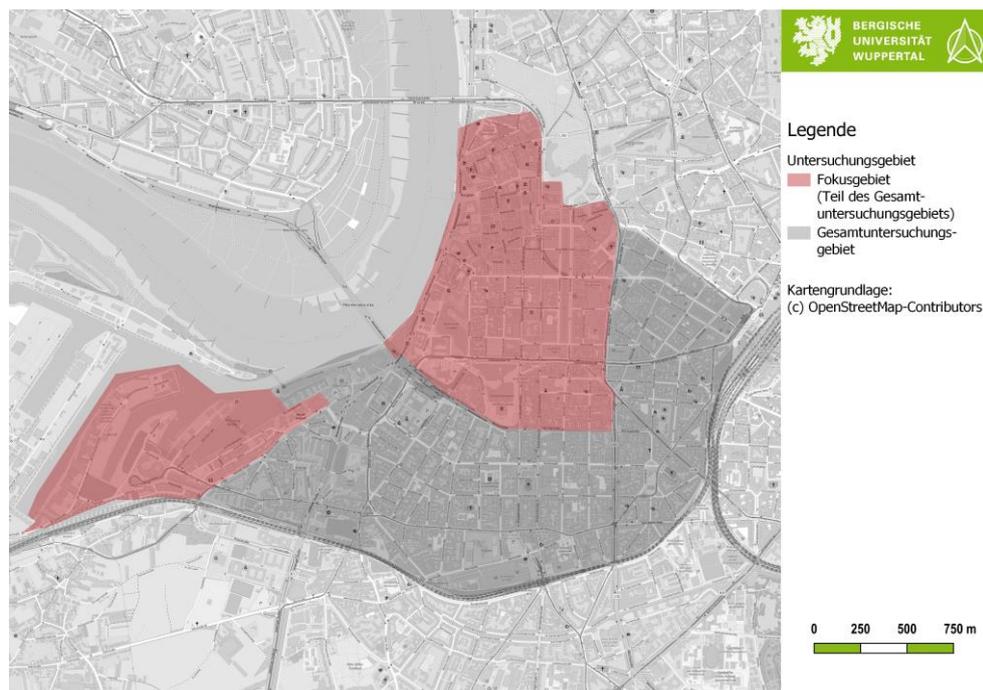


Abbildung 3: Untersuchungsgebiet und Gebiete mit besonderer Relevanz für die Nutzung von Lastenrädern

3.1 Güterverkehr in Düsseldorf

Im Rahmen der Eigenforschung des Lehr- und Forschungsgebiets Güterverkehrsplanung und Transportlogistik (LuF-GuT) wurde bereits vor Beginn des Projekts durch eine Nutzungs-, Kordon- und Sendungsbeobachtung für den Lieferverkehr in den Stadtteilen Altstadt und Carlstadt u. a. Informationen über die Aufenthaltsdauer im Kordon, die Stoppdauer und die Zustellungsichte sowie die Branchenzugehörigkeit der Fahrzeuge des Wirtschaftsverkehrs gewonnen (Goebels et al. 2018-2021).

Die Erhebung der gewerblichen Nutzung in der Düsseldorfer Stadt zeigte, dass Einzelhandel und Gastronomie im Untersuchungsgebiet zwar stark repräsentiert sind, aber in keinem Teil des Untersuchungsgebiets die Mehrheit der Nutzungen darstellen. Zwar ist die Düsseldorfer Altstadt das klare Einzelhandelszentrum innerhalb der Stadt Düsseldorf. Dennoch dominieren in absoluten Zahlen die Dienstleistungen teilweise deutlich (Leerkamp 2021).

Im Altstadtgebiet hat die Kordonerhebung im Sommer 2018 von 7:00 Uhr bis 12:30 Uhr stattgefunden. Als relevante Fahrzeuggruppen wurden Pkw mit Kastenaufbau¹ sowie leichte² und schwere³ Nutzfahrzeuge erhoben. Neben dem Fahrzeugtyp und den teilanonymisierten Kennzeichen der ein- und ausfahrenden Fahrzeuge wurde auch die Branchenzuordnung der Fahrzeuge erhoben, sofern diese ermittelt werden konnte. Dabei wurden Paketdienste, Dienstleistungsverkehre, Handwerksverkehre, städtische Fahrzeuge und der allg. Gütertransport⁴ erfasst.

Der allgemeine Gütertransport / Stückgut macht insg. ein Viertel der Fahrzeuge aus, die im Untersuchungszeitraum in der Düsseldorfer Innenstadt ein- oder ausfahren (Abbildung 4). Er macht damit einen deutlich größeren Anteil des Wirtschaftsgüterverkehrs im Innenstadtgebiet aus als die vieldiskutierten Paketdienste, denen nur etwa 5 % der Fahrzeuge zugeordnet werden konnten. In der Innenstadt dominieren die Sprinterklasse und Kastenwagen den Güterwirtschaftsverkehr. Sie machen zusammen rund 80 % der Fahrzeuge aus, die in den Kordon eingefahren sind oder ihn verlassen haben (Abbildung 5). Schwere Lkw machen mit rund 5 % nur einen kleinen Teil dieser Fahrzeuge aus. Dennoch sind es besonders diese Fahrzeuge, die häufig in schwere Unfälle verwickelt sind (Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen 2021).

Eine Auswertung der Haltezeiten von Mayregger (2023), in die auch die Daten der Düsseldorfer Sendungsbeobachtung eingegangen sind, hat gezeigt, dass besonders Handwerksverkehre lange Haltezeiten aufweisen (Abbildung 6), während Paketdienste und städtische Fahrzeuge (enthält u.a. die Stadtreinigung und Abfallbetriebe) besonders kurze Haltezeiten aufweisen. Der allg. Güterverkehr ist bei dieser Betrachtung in keine Richtung besonders auffällig.

¹ Da nur der Güterwirtschaftsverkehr (hier inkl. Handwerk) erhoben werden sollte, wurden Einfahrten von Pkw nur dann dokumentiert, wenn sie durch einen Kastenaufbau oder entsprechende Beschriftungen dem Güterverkehr zuzuordnen waren.

² sog. „Sprinterklasse“. Hier wurde grundsätzlich die Zugehörigkeit zum Güterwirtschaftsverkehr unterstellt.

³ ab 2,8 t zulässigem Gesamtgewicht

⁴ Als allgemeiner Gütertransport wurden in der Erhebung v.a. Fahrzeuge der Stückgutlogistik begriffen.

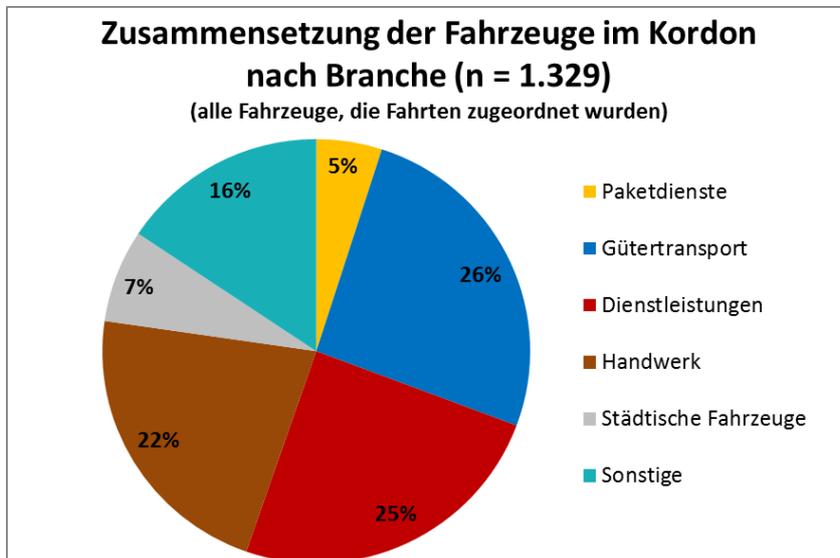


Abbildung 4: Branchenzugehörigkeit von Fahrzeugen des Wirtschaftsgüterverkehrs in der Düsseldorfer Altstadt, (Goebels et al. 2018-2021)

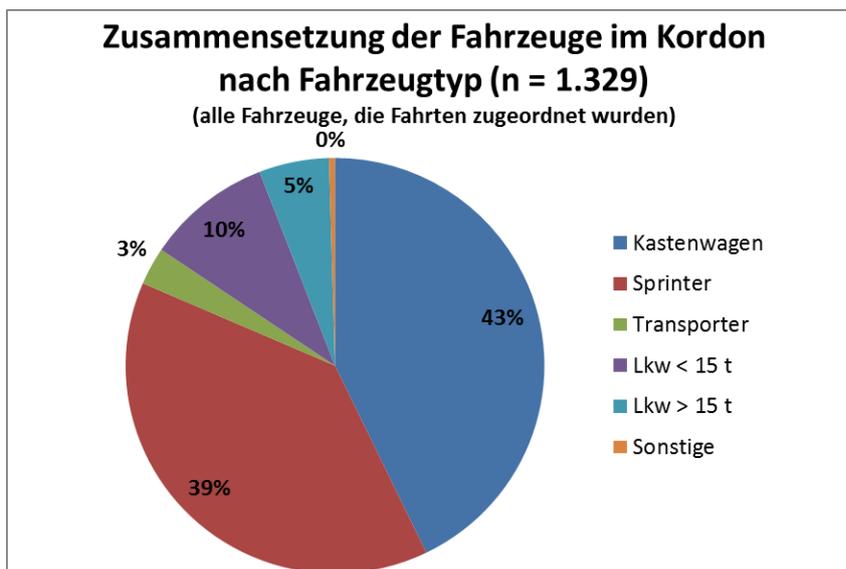


Abbildung 5: Fahrzeugtypen des Wirtschaftsgüterverkehrs in der Düsseldorfer Altstadt, (Goebels et al. 2018-2021)

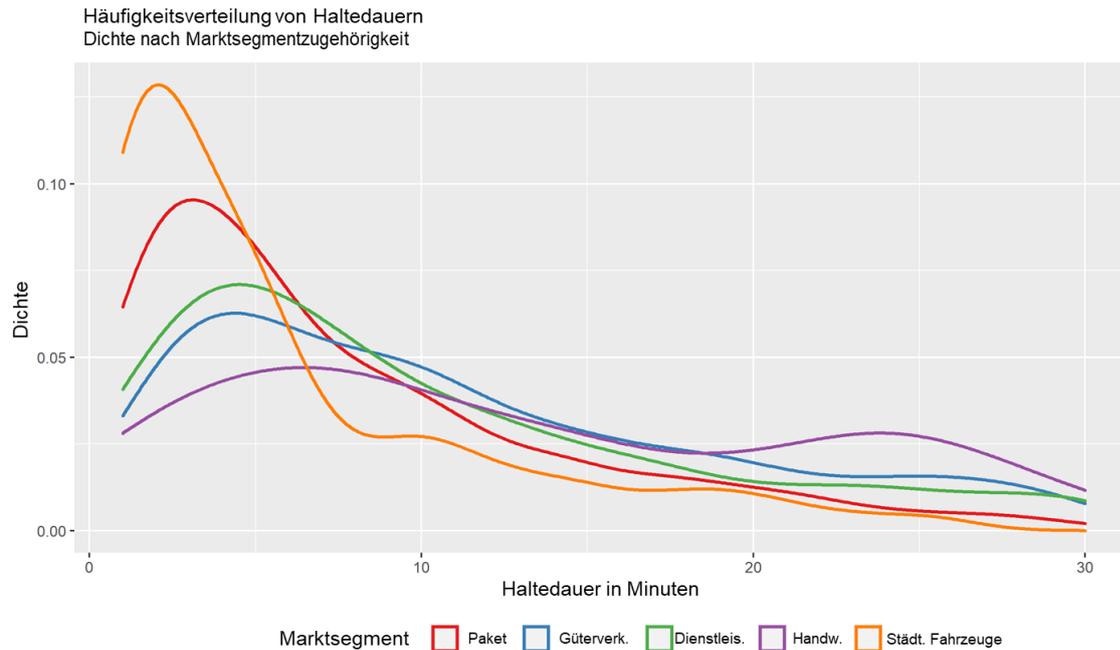


Abbildung 6: Verteilung der Haltezeiten nach Marktsegment der jeweiligen Fahrzeuge, nach Mayregger (2023)

3.2 Ordnungsrechtliche Beschränkungen

Die Lieferzeitbeschränkung in der Düsseldorfer Altstadt stellt eine der wichtigsten ordnungsrechtlichen Rahmenbedingungen für den Lieferverkehr dar. Während die lieferzeitbeschränkten Gebiete (vgl. Abbildung 7) nur wochentags zwischen 5:00 und 11:30 Uhr, sowie samstags von 5:00 bis 9:00 Uhr von herkömmlichen Lieferfahrzeugen bedient werden können, können Lastenräder den Großteil der Gebiete ganztägig befahren. Durch die steigende zeitliche Flexibilität entsteht bei der Organisation des Lieferverkehrs ein Vorteil für das Lastenrad gegenüber dem herkömmlichen Lieferverkehr. Die existierenden ordnungsrechtlichen Einschränkungen für die Zustellung mit Lastenrädern sind der Abbildung 8 zu entnehmen und wurden im Zuge der Begehung noch einmal aktuell erfasst. Sie reichen von expliziten Einfahrverboten für den Radverkehr bis zu Sonderregelungen über die Freigabe der Fußgängerzonen für den Radverkehr.

Viele Einbahnstraßen sind für den Radverkehr auch in Gegenrichtung freigegeben. Im Rahmen der hier durchgeführten Analysen wird davon ausgegangen, dass aufgrund der

Breite⁵ der betrachteten Lastenradmodelle und den i. d. R. engen Einbahnstraßen der Begegnungsfall Personenkraftwagen (Pkw) – Lastenrad zu Konfliktsituationen führt. Deswegen wird bei der Modellierung des Auslieferungsverkehrs auf das Befahren von Einbahnstraßen mit Freigabe für Fahrräder verzichtet, außer es existieren baulich getrennte Radwege entgegen der Fahrtrichtung der Richtungsfahrbahn von Einbahnstraßen. Diese sind wie Gehwege im Straßennetz der OSM enthalten und werden somit auch für die Umlegung der zur Potenzialbewertung gebildeten Touren berücksichtigt. Die Ergebnisse der Erhebungen zu den existierenden Rahmenbedingungen werden in das Straßennetz überführt.

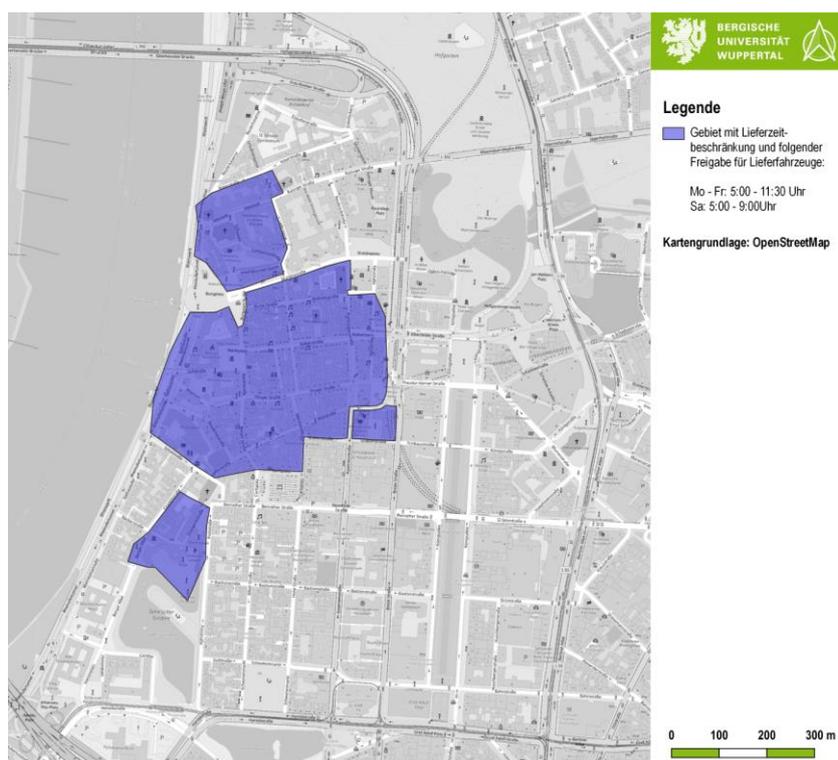


Abbildung 7: Lieferzeitbeschränkungen im Untersuchungsgebiet

⁵ Das genutzte Lastenradmodell Bring weist eine Breite von 1 m auf, während ein herkömmliches Fahrrad eine Lenkerbreite von ca. 50 cm aufweist.

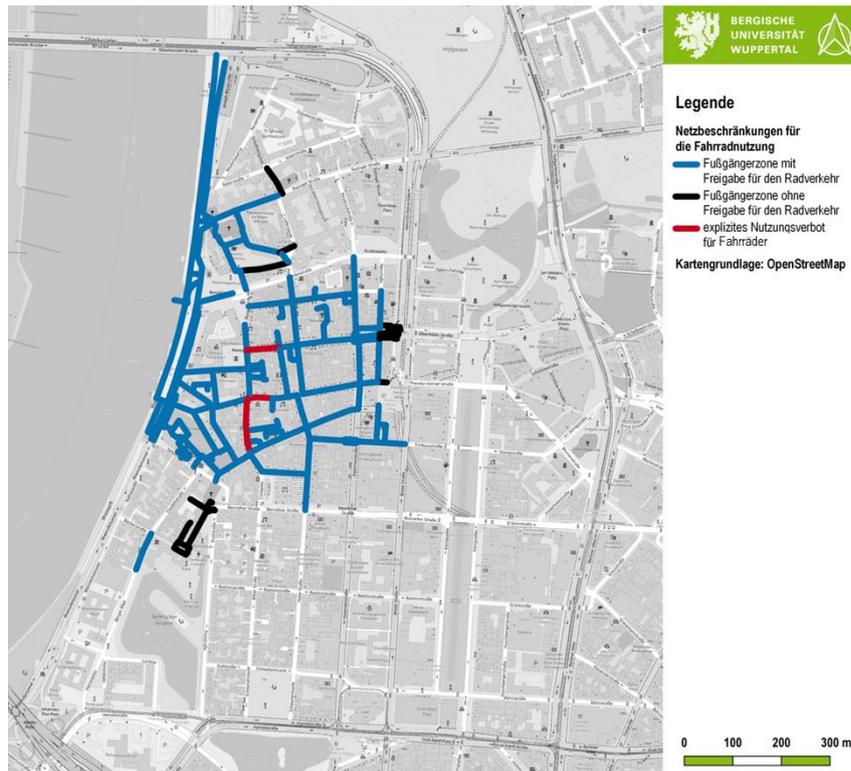


Abbildung 8: Netzbeschränkungen für die Nutzung mit dem Fahrrad

Die bereits erwähnte Debatte um Dieselfahrverbote in der Innenstadt hätte zu einer weiteren ordnungsrechtlichen Einschränkung des Güterverkehrs führen können. Allerdings war nicht absehbar, ob Einfahrverbote für Dieselfahrzeuge in Teilen der Innenstadt verhängt werden. Die ABC-Logistik nutzte bereits zu diesem Zeitpunkt für einen Teil der Zustellungen, insbesondere für incharge-Kunden im Innenstadtbereich, Elektrofahrzeuge, weshalb nur ein Teil der Zustellungen von einem möglichen Dieselfahrverbot betroffen wären. Grundsätzlich ist aber festzuhalten, dass ein Dieselfahrverbot als Restriktion für den Lieferverkehr mit herkömmlichen Nutzfahrzeugen tendenziell zu komparativen Kostenvorteilen der Lastenradzustellung gegenüber der Zustellung mit dieselbetriebenen Lieferfahrzeugen führt. Ein Verzicht auf die Betrachtung möglicher Dieselfahrverbote in der Modellrechnung führt deshalb lediglich dazu, dass die Lastenradzustellung in ihrem emissionsmindernden Potenzial und der Wirtschaftlichkeit schlechter bewertet wird als realistisch anzunehmen ist. Deshalb wurde bei der Potenzialanalyse auf deren Betrachtung verzichtet.

3.3 Sonstige Beschränkungen

Weitere mögliche Einflussfaktoren für die Nutzbarkeit von Streckenabschnitten für die Zustellung mit Lastenrädern sind bauliche und topografische Faktoren (u. a. die

Fahrbahnbreiten und die Längsneigung). Diese Informationen bestimmen, wo das Lastenrad Vorteile hat, indem es z. B. breite Seitenräume zum temporären Halten nutzen und enge Gassen befahren kann. Die Fahrbahn- und Seitenraumbreiten werden aus dem LiDAR-Datensatz NRW (Geobasis NRW o. J.) abgeleitet, der über opengeodata.nrw.de verfügbar ist. Eine beispielhafte Darstellung des Höhenprofils eines Straßenzugs ist in Abbildung 9 dargestellt. Darin sind die Fahrbahn, die Randbebauung und die Bäume im und abseits des Straßenraums gut zu erkennen.

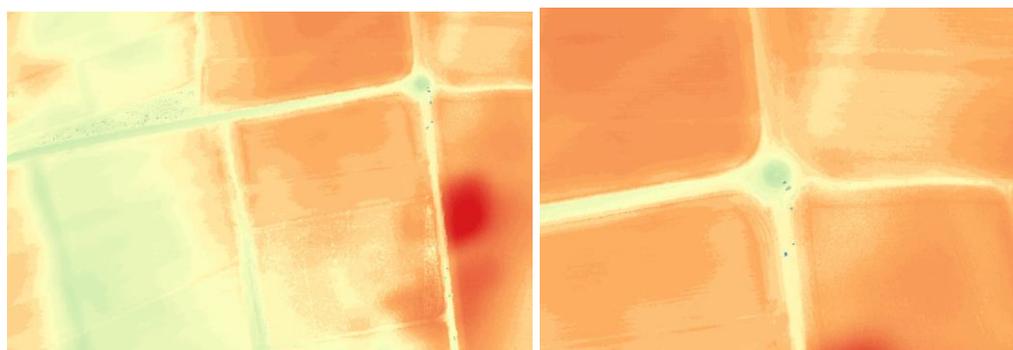


Abbildung 9: beispielhafte Darstellung des Höhenprofils eines Straßenzugs

Das Düsseldorfer Untersuchungsgebiet weist überwiegend ebene Strecken auf. Ein Einfluss der Längsneigung auf die mit dem Lastenrad fahrbare Geschwindigkeit besteht daher nicht.

3.4 Räumliche Verteilung der gewerblichen Nutzungen in Düsseldorf

Für den Medienhafen, die Stadtteile Altstadt und Carlstadt sowie für den Teil des Stadtteils Stadtmitte östlich der Berliner Allee wurde eine Vollerhebung der gewerblichen Nutzungen durchgeführt (Abbildung 10). Dabei wurde eine Klassifikation wirtschaftlicher Aktivität gewählt, die Einzelhandel, Dienstleistungen, Handwerk, Gastronomie und Produktion unterscheidet. Die Nutzungen werden darunter auf einer weiteren Klassifikationsebene detaillierter unterschieden (bspw. enthält die Gastronomie u.a. Cafés, Bars und Fast-Food-Restaurants). Besonders hoch ist die Dichte der Betriebsstandorte an der südlichen Königsallee sowie am Carlsplatz und der Bölkerstraße. Der Medienhafen weist insgesamt eine geringere Nutzungsdichte auf, ist für die Lastenradzustellung aber insbesondere auf Grund der räumlichen Nähe zum Standort der ABC-Logistik interessant. Mit dem Fahrrad ist zwischen dem Standort der ABC-Logistik und dem Medienhafen eine Distanz von ca. 1,5 km und in die Altstadt von ca. 4 km zurückzulegen.

Bei der räumlichen Verteilung der Standorte des Einzelhandels ergeben sich unterschiedliche Schwerpunkte. Im Untersuchungsgebiet wurden 606 Standorte des

Einzelhandels ermittelt. Besonders stark sind diese im südlichen Teil der Königsallee und am Carlsplatz vorzufinden. Die insgesamt 1.115 Betriebe aus dem Dienstleistungsbereich sind im gesamten Untersuchungsgebiet vorzufinden, besonders stark allerdings an der nördlichen Königsallee, sowie im Stadtteil Carlstadt und im Medienhafen. Im Untersuchungsgebiet wurden 308 gastronomische Nutzungen ermittelt. Der Schwerpunkt der Gastronomie liegt in der Altstadt im Umfeld der Bölkerstraße.

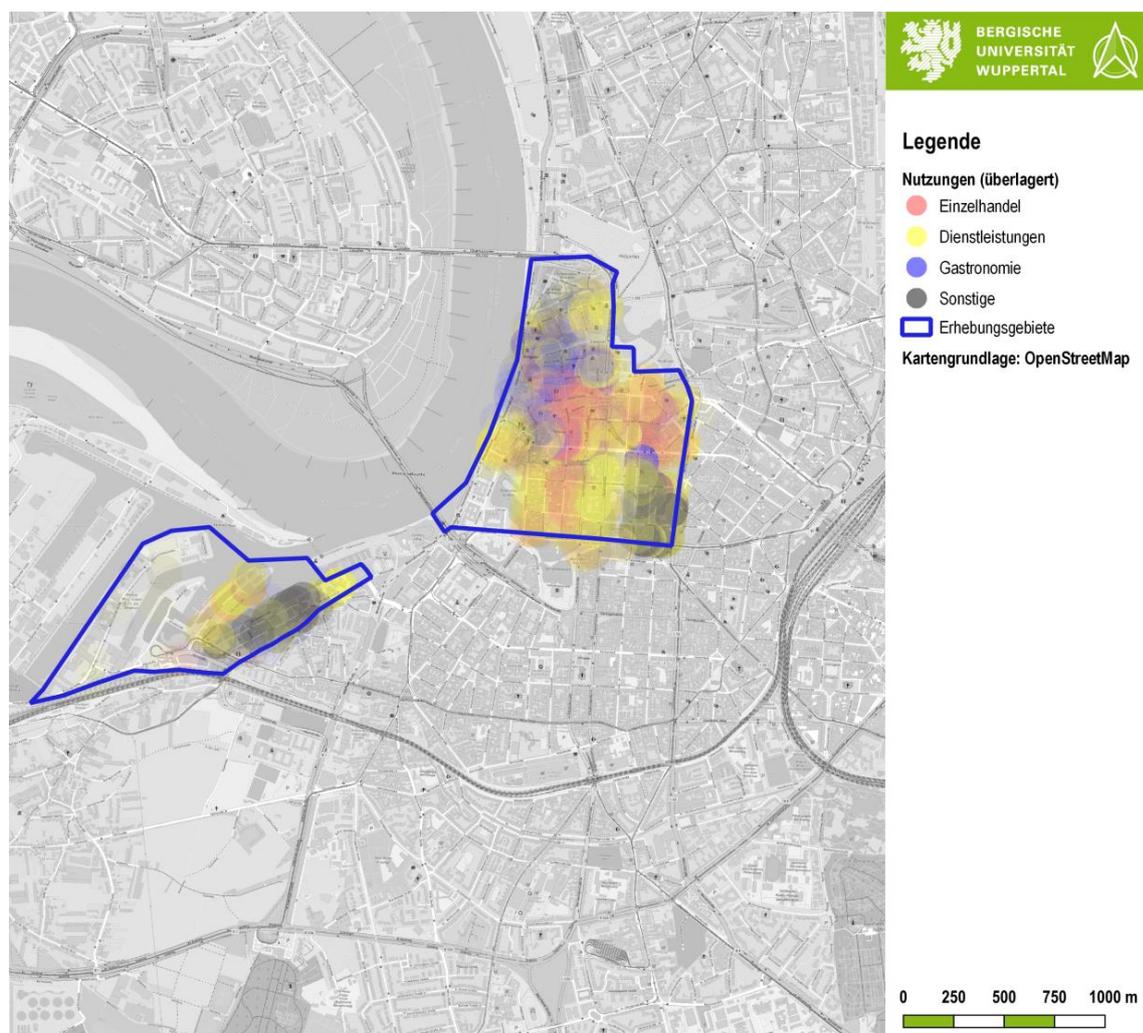


Abbildung 10: räumliche Verteilung gewerblicher Nutzungen im Fokusgebiet (Untersuchungsgebiet der Nutzungserhebung)

Eine detaillierte Betrachtung der Nutzungen im Altstadtbereich (Leerkamp 2021) zeigt, dass selbst dort in weiten Teilen der Dienstleistungssektor dominiert (Abbildung 11). Eine reine Fokussierung auf den Einzelhandel und die Gastronomie bildet also selbst in diesem Innenstadtquartier nur einen Teil der Verkehre ab.

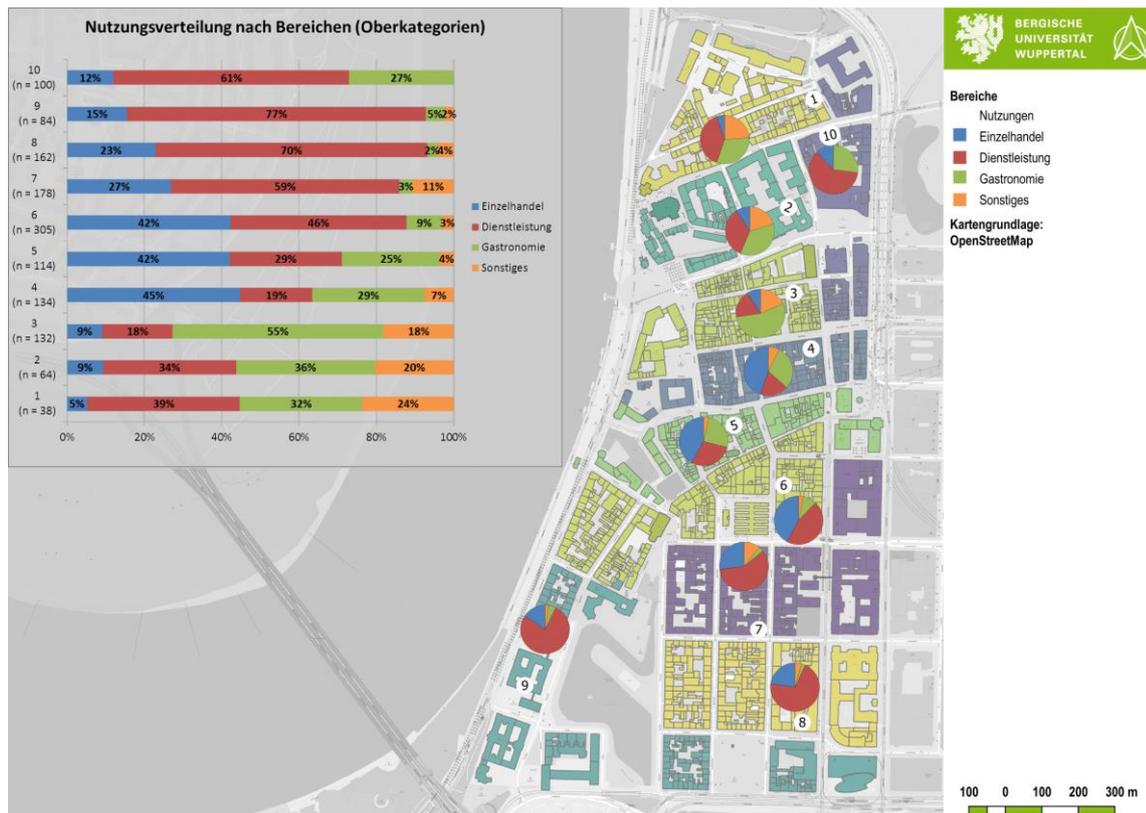


Abbildung 11: Detailuntersuchung Nutzungsverteilung in der Düsseldorfer Altstadt, Stand 2018, (Leerkamp 2021)

Die Ergebnisse der Nutzungserhebung werden zur Auswertung des Feldversuchs genutzt. Sie sollen insbesondere der Bestimmung von Quartierstypen dienen. Hierfür werden jedoch zu einem späteren Zeitpunkt die Ergebnisse des Düsseldorfer Feldversuchs berücksichtigt.

3.5 Analyse und Prognose des Sendungsaufkommens

Im Vorfeld des Feldversuchs wurden die tatsächlichen Sendungsaufträge der ABC-Logistik aus den Jahren 2015 bis 2017 und für die Monate Januar bis September des Jahres 2018 innerhalb der Stadt Düsseldorf ausgewertet. Das durchschnittliche tägliche Sendungsaufkommen ist für diesen Zeitraum in Abbildung 12 und Abbildung 13 dargestellt. Dabei ist besonders auffällig, dass das monatliche Sendungsaufkommen mit der Markteinführung von incharge im Dezember 2017 abrupt angewachsen ist. Seitdem ist ein Wachstum des monatlichen Sendungsaufkommens zu verzeichnen. Das abrupte Anwachsen des Sendungsaufkommens mit Markteinführung von incharge ist darauf zurückzuführen, dass die incharge-Kund:innen alle Sendungen, die bisher über andere Logistik-Dienstleister gestellt wurden, nunmehr von ABC-Logistik gestellt

bekommen. Das seitdem stattfindende Wachstum ist zu großen Teilen dadurch bedingt, dass die Kund:innenzahl des incharge-Angebots seit seiner Markteinführung stetig steigt. Dieses Wachstum zeigt auch, dass am Markt eine zunehmende Nachfrage nach den von incharge angebotenen Mehrwertdienstleistungen besteht.

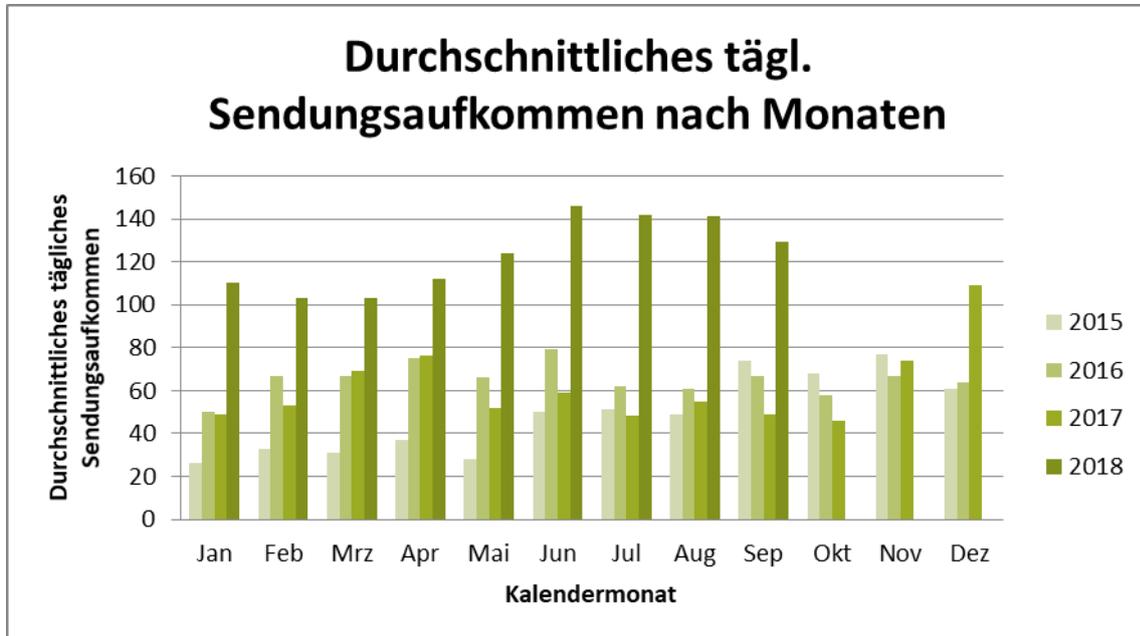


Abbildung 12: Auswertung des durchschnittlichen monatlichen Sendungsaufkommens nach Jahren

Das durchschnittliche Sendungsaufkommen im Untersuchungszeitraum je Wochentag zeigt, dass Donnerstag der Tag mit dem geringsten durchschnittlichen Aufkommen ist, aber insgesamt keine großen Schwankungen an Arbeitstagen⁶ vorliegen (vgl. Abbildung 13). An Arbeitstagen liegt das durchschnittliche Sendungsaufkommen bei rd. 100 Sendungen/Tag, während an Samstagen und Sonntagen i. d. R. keine Zustellungen von ABC-Logistik durchgeführt werden.

⁶ hier: Montag bis Freitag

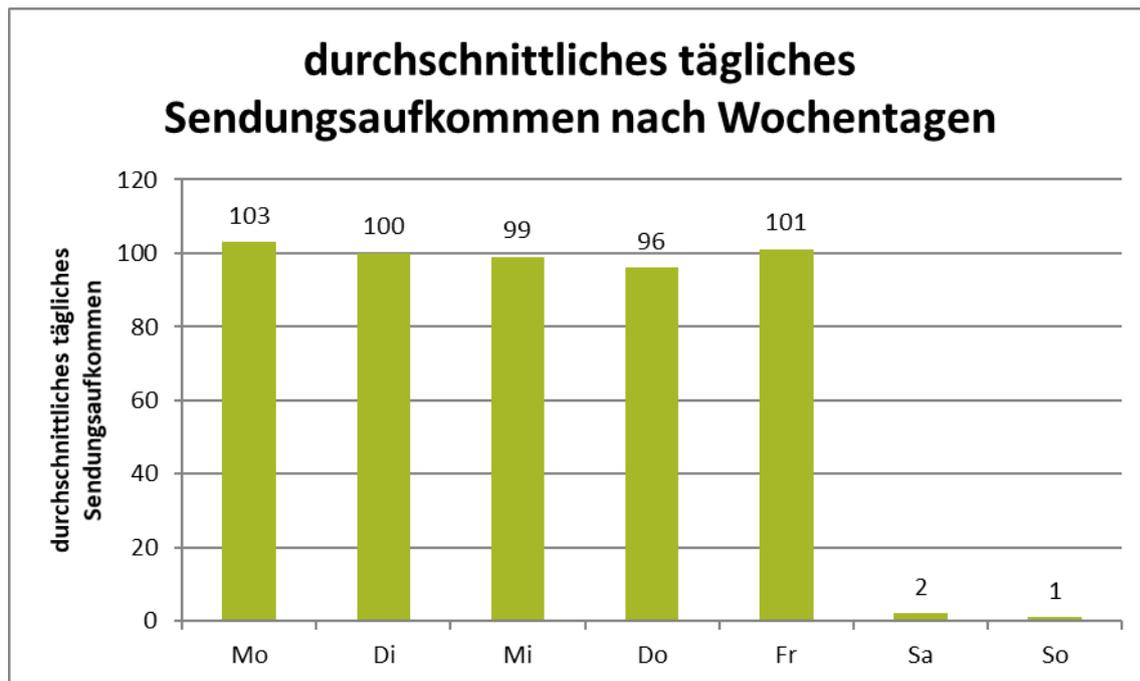


Abbildung 13: durchschnittliches tägliches Sendungsaufkommen nach Wochentagen (2015-2018)

In den Sendungsdaten der ABC-Logistik wird das Sendungsaufkommen je nach Beschaffenheit der Sendung in folgenden Einheiten/Objektarten angegeben:

1. Anzahl Europaletten (Euro),
2. Anzahl Gitterboxen (Gibo),
3. Anzahl Einwegpaletten (Einw) und
4. Stückzahl (Colli).

Teilweise wurde zusätzlich die Anzahl der notwendigen Palettenstellplätze (PaSt) angegeben, um den Platzbedarf beim Umschlag darzustellen.

Insbesondere kleine Objekte und Pakete werden als Colli angegeben. Abbildung 14 zeigt, dass der Anteil der Collis im Zeitraum nach der Markteinführung von incharge deutlich höher ist. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass Paketlieferungen durch das incharge-Konzept von anderen Unternehmen (beispielsweise KEP-Dienstleistern) auf die Zustellung durch die ABC-Logistik umgestellt wurden. Dies führt grundsätzlich dazu, dass der Anteil der potenziell mit dem Lastenrad zustellbaren Sendungen an den Gesamtsendungen steigt. Somit ist mit der Einführung der von incharge angebotenen Mehrwertdienstleistungen eine für die Lastenradzustellung positive Veränderung der Sendungsstruktur einhergegangen.

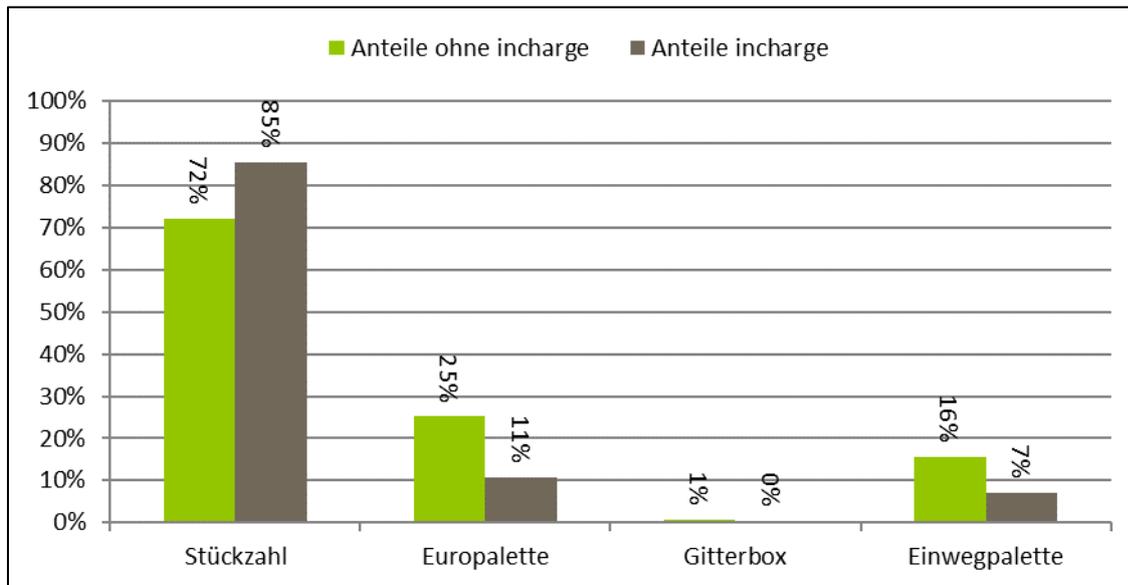


Abbildung 14: Anteile der Sendungen, die Objekte der unterschiedlichen Objektkategorien enthalten, zeitlich differenziert (vor und nach Markteinführung incharge-Konzept)

4 Feldversuch Düsseldorf

Im August 2019 startete der Feldversuch in Düsseldorf, der bis zur Einführung der ersten Maßnahmen zur Bekämpfung der COVID 19-Pandemie wie geplant verlief. Im März 2020 trat die erste Coronaschutzverordnung in Nordrhein-Westfalen in Kraft und hatte deutliche Auswirkungen auf den Feldversuch. Insbesondere wurde in der Coronaschutzverordnung vom 22.03.2020 der Betrieb von Verkaufsstellen des Einzelhandels mit wenigen Ausnahmen untersagt. Der Versandhandel und die Auslieferung bestellter Waren waren davon zu jedem Zeitpunkt ausgenommen (CoronaSchVO NRW 22.03.2020 § 5 Abs. 4). Die Rahmenbedingungen für das incharge-Projekt und den Feldversuch haben sich dadurch deutlich geändert. Ein Großteil der Innenstadt kund:innen hat seinen Betrieb während dieser Zeit komplett eingestellt. Das klassische Geschäft der Innenstadtbelieferung ist deshalb zeitweise zum Erliegen gekommen und somit konnte auch das Lastenrad nicht wie geplant weiter eingesetzt werden. Da der Fokus dieses Projektberichts darauf liegt Entwicklungen zu beschreiben, die auch für die Übertragung des Konzepts auf andere Städte relevant sein können, wird hier zunächst die Entwicklung vor dem Ausbruch der Pandemie beschrieben.

4.1 Entwicklung des Sendungsaufkommens

Auf die Einführung des incharge-Konzepts folgte unmittelbar ab Anfang 2018 ein deutliches Wachstum der Anzahl der Sendungsvorgänge (von monatlich rd. 1.500 bis 2.000 Sendungen auf rd. 3.500 bis 4.000 Sendungen der gesamten Stadt Düsseldorf), das sich anschließend – abgesehen von üblichen saisonalen Schwankungen – konsolidierte (vgl. Abbildung 15). Während des Feldversuchs war die Gesamtsendungsmenge weitgehend stabil.

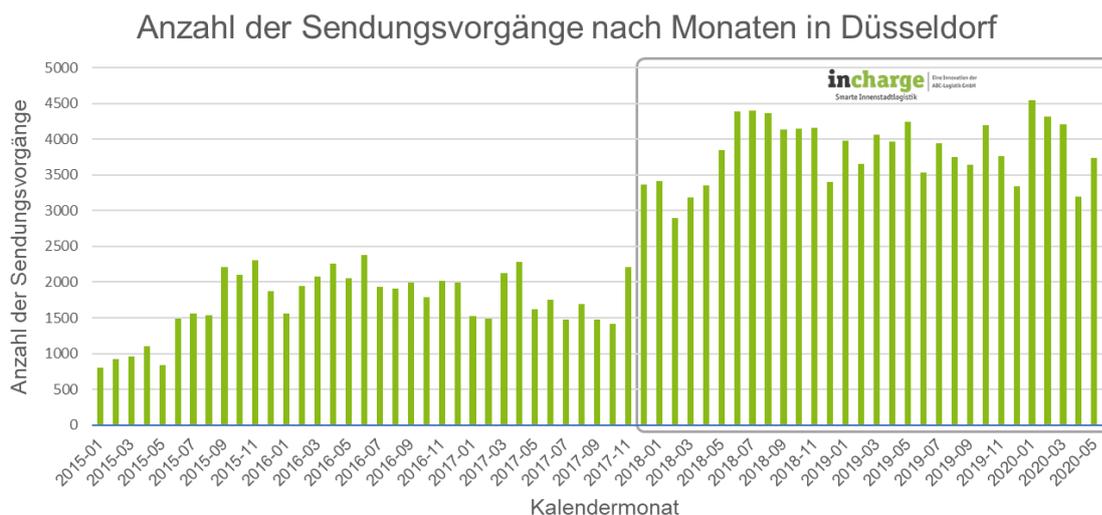


Abbildung 15: monatliches Sendungsaufkommen der ABC-Logistik in der Stadt Düsseldorf, grau umrandet der Zeitraum seit Einführung von incharge

Für die Auswertung der Sendungsdaten während des Feldversuchs konnte auf die Sendungsdaten der ABC-Logistik vom 20. August 2019 bis zum 20. Juli 2020 zurückgegriffen werden. Hierbei wurden durch die ABC-Logistik jene Sendungen besonders gekennzeichnet, die bei der Tourenplanung einer Lastenradtour zugeordnet wurden. Es ist nicht auszuschließen, dass bei der Kommissionierung der Sendungen teilweise weitere Sendungen kurzfristig einer Lastenradtour zugeordnet werden. Für die Auswertung der Sendungsarten kann jedoch nur auf die insg. 531 Sendungen zurückgegriffen werden, bei denen durch die Tourenzuordnung unmittelbar eine Lastenradnutzung erkennbar war. Mit dem Lastenrad wurden rd. 1,2 % der Sendungen innerhalb Düsseldorfs zugestellt, die in diesem Zeitraum angefallen sind.

Verteilung der Sendungsvorgänge mit Lastenradnutzung auf die Sendungsarten

berechnet nach Monaten mit jenen Sendungsvorgängen, die mindestens ein Objekt der jeweiligen Sendungsart beinhalten (bei mehreren Sendungsarten Mehrfachwertung)

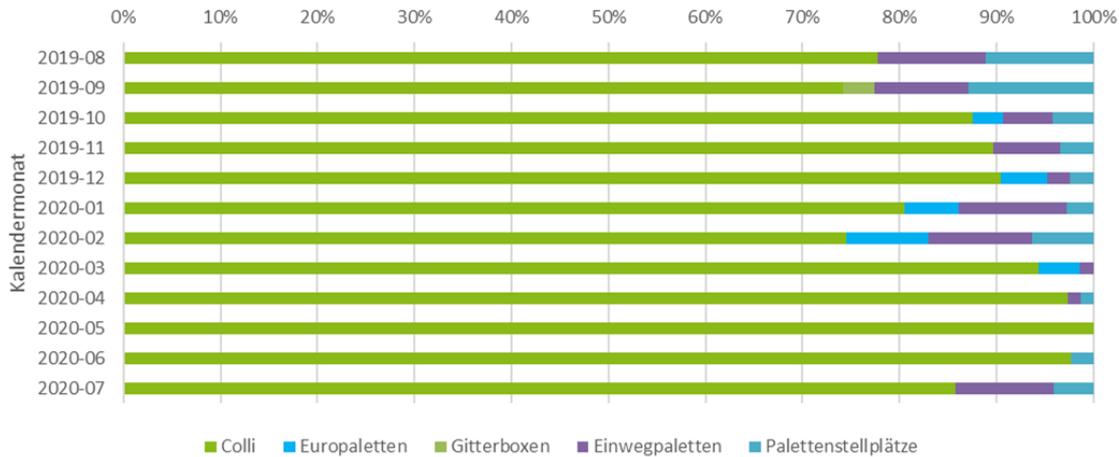


Abbildung 16: Verteilung der Objektarten an der Sendungsanzahl

Um zu betrachten, welche Sendungsarten besonders häufig mit dem Lastenrad versendet werden, kann in erster Linie auf genutzte Objektarten zur Angabe der Sendungsmenge (Europaletten, Gitterboxen, Einwegpaletten, Palettenstellplätze, Stückzahl / Colli) zurückgegriffen werden. Rund 90 % der Sendungen sind Collis. Diese Sendungen umfassen i.d.R. kleine, nicht palettierte Stückgüter und Pakete.

Die Ausführungen des Fahrpersonals während der begleitenden Interviews decken sich damit. Bei der Auswahl eines geeigneten Lastenrads ist noch davon ausgegangen worden, dass wie üblich für Transporte im Stückgutsegment Europaletten auch im Lastenrad zum Einsatz kommen würden. Während des Feldversuchs wurden lediglich Leerpaletten transportiert. Der Transport beladener Paletten ist auf Grund der Zuladungsrestriktionen des Lastenrads nicht erfolgt. Dies ist der Fall, obwohl vor der Anschaffung des Lastenrads die Möglichkeit der Zuladung einer beladenen Europalette von ABC-Logistik als wichtig angesehen wurde.

4.2 Trackingdaten

Während des Feldversuchs wurden Trackingdaten der zurückgelegten Fahrten mittels eines am Lastenrad befestigten Smartphones aufgezeichnet. Diese Daten wurden zeitgleich mit den Fallstudieninterviews mit dem Fahrer manuell gesichert. Da die Aufzeichnung manuell gestartet werden musste, fehlen an einigen Tagen Daten. Außerdem wurde das Smartphone während des Betriebs im Frühjahr 2020 entwendet.

Das ersatzweise angeschaffte Smartphone war erst spät verfügbar, sodass damit lediglich zwei Tage aufgezeichnet wurden. Im Mai 2020 ist das Fahrrad über längere Zeit wegen Reparaturarbeiten ausgefallen. In Abbildung 17 ist dargestellt, an welchen Tagen des Feldversuchs Lastenradzustellungen erfolgten (abgeleitet aus den Sendungsdaten der ABC-Logistik), für welche dieser Tage Trackingdaten vorliegen und für wann das Lastenrad längere Zeit für externe Reparaturarbeiten ausgefallen ist (abgeleitet aus begleitenden Interviews). Kleinere Reparaturarbeiten, die vor Ort erfolgen konnten, sind dabei nicht berücksichtigt.

Insgesamt wurden Trackingdaten an 67 Tagen zwischen Oktober 2019 und Juli 2020 aufgezeichnet. Außerdem sind fünf weitere Tage im August 2020 aufgezeichnet worden. Für diesen Monat liegen allerdings keine Sendungsdaten vor. Die überlagerten Trackingdaten sind in Abbildung 18 dargestellt.

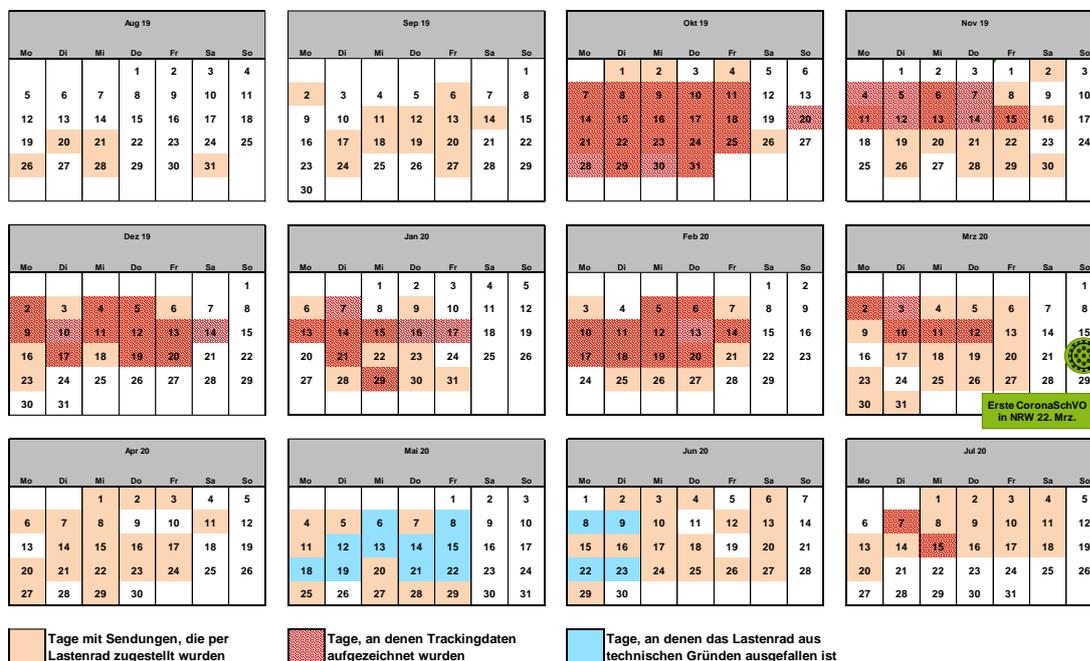


Abbildung 17: täglicher Lastenradeinsatz während des Feldversuchs 2019/2020

4.2.1 Aufbereitung der Trackingdaten

An den Tagen, an denen Trackingdaten aufgezeichnet wurden, sind teilweise mehrere Touren erfolgt. Diese galt es zunächst zu sequenzieren, um anschließend Tourenparameter auswerten zu können. Dafür wurden zunächst für jeden Tag Gesamttouren aus den Datenpunkten abgeleitet.

Anhand von Abbildung 17 wird deutlich, dass die von ABC-Logistik bereitgestellten Sendungsdaten nicht vollständig und richtig parametrisiert sind. Aus den

Sendungsdaten können nur solche Sendungen als „Lastenradzustellungen“ identifiziert werden, die Touren zugeordnet wurden, bei denen wiederum die entsprechende Fahrzeugnummer vermerkt ist. Dies ist dann der Fall, wenn solche Touren bereits im Rahmen der Disposition erstellt wurden. Die den Feldversuch begleitenden Interviews haben gezeigt, dass auch nach der Erstellung dieser Touren Änderungen vorgenommen wurden, die nicht aus den bereitgestellten Tourdaten erkennbar sind. So wurden teilweise einzelne Lieferungen „auf Zuruf“ dem Lastenrad zugeordnet und zugestellt. Für die Auswertung der Daten ergibt sich dadurch ein Problem bei der Identifikation der Stopps innerhalb einer Tour.

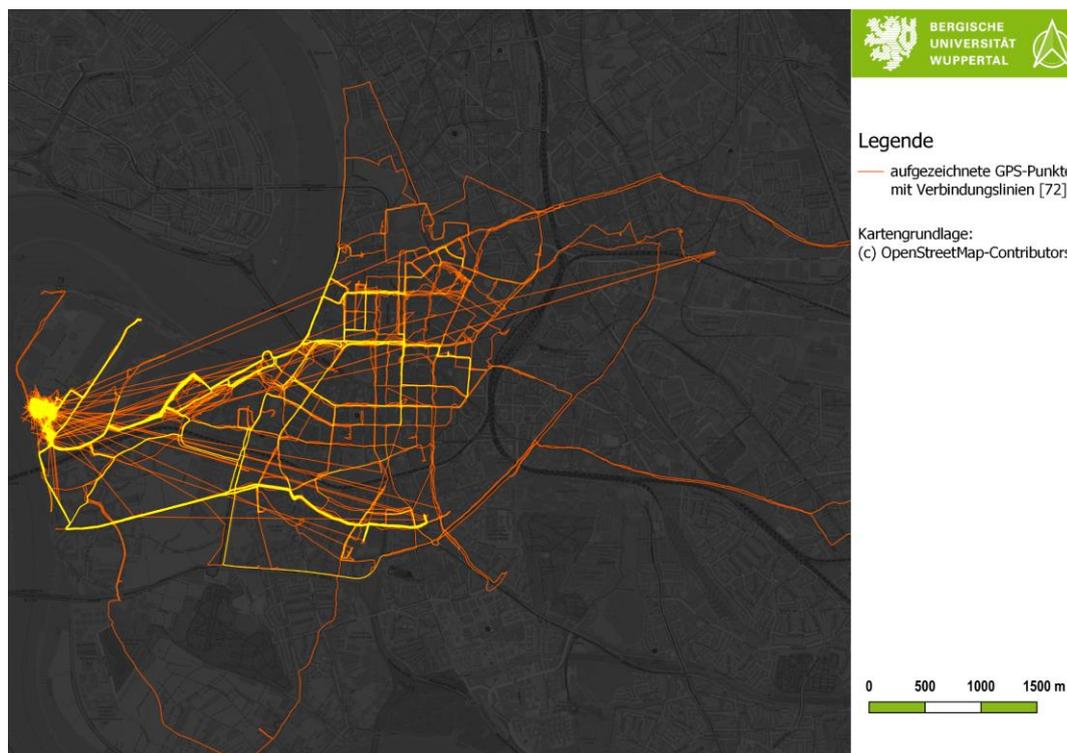


Abbildung 18: überlagerte Darstellung der Trackingdaten aller aufgezeichneten Tage

Auf Grund dieser Problematik können Stopps auf den Touren nicht einfach durch die räumliche Nähe zu den Zielorten von Sendungen des entsprechenden Tages ermittelt werden. Zwar können einige Stopps sicher auf diesem Weg identifiziert werden, allerdings muss ein Weg gefunden werden, um weitere mögliche Stopps zu identifizieren, bei denen Sendungen zugestellt wurden. Hierfür wird zunächst in den Trackingdaten nach Clustern gesucht, an denen mehrere Datenpunkte ohne nennenswerte Bewegung im Raum aufgezeichnet wurden (Abbildung 19). Solche Cluster können entweder durch Verlustzeiten im Straßenverkehr, Zustellungen oder

Pausen begründet sein. Je länger die Zeitspanne dauert, die das Cluster umfasst, desto geringer ist dabei die Wahrscheinlichkeit, dass es sich um eine Verlustzeit im Verkehr hält. Deswegen werden besonders die Cluster genauer untersucht, die eine längere Zeitspanne umfassen. Diese Punkte wurden anhand der Randnutzungen und bekannter regelmäßiger Ziele im Umfeld einzeln den Gruppen „vermutete Zustellungen“ und „sonstige Halte“ zugeordnet.

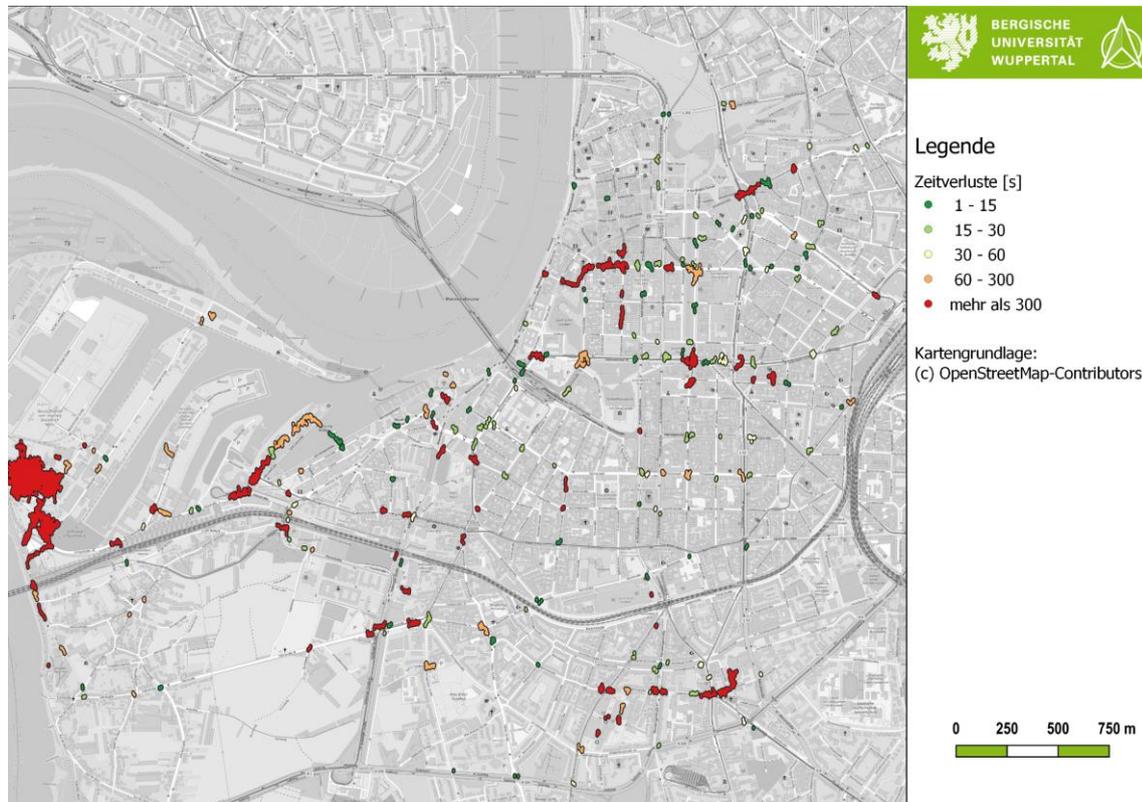


Abbildung 19: Cluster von zeitlich aufeinanderfolgenden Trackingpunkten mit geringer räumlicher Veränderung

Über die vermuteten Zustellungen liegen außer dem Ort der Zustellung keine weiteren Informationen vor. Bei der Analyse der versendeten Objektarten können sie deshalb nicht berücksichtigt werden. Ein großer Teil der Touren ist jedoch von Aufzeichnungsfehlern betroffen. In Abbildung 18 sind größere Aufzeichnungslücken als gerade Verbindungslinien zu erkennen. Aufgrund solcher Fehler, können die Trackingdaten auf Tourebene nicht dafür genutzt werden, um Turlängen und Fahrtgeschwindigkeiten zu ermitteln. Da sich aus den Trackingdaten dennoch lokale Fahrgeschwindigkeiten an den jeweiligen Datenpunkten ablesen lassen, können sie genutzt werden, um einzelnen Streckenabschnitten mittlere Fahrgeschwindigkeiten zuzuordnen. Auf diese Fahrgeschwindigkeiten wird in Abschnitt 6.3 eingegangen.

Ein so parametrisiertes Netz kann wieder genutzt werden, um Touren modellhaft nachzubilden. So können tourenbezogene Informationen abgeleitet werden. Zur Berechnung der Touren wird auf die bereinigten bekannten Zielorte zurückgegriffen (sichere und vermutete Zustellungen). Diese Touren weisen allerdings deutlich geringere Umwege auf, als die aufgezeichneten Touren (Abschnitt 6.2). Das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sie Pausen und indirektes Routenwahlverhalten nicht abbilden können. Auch sie sind deshalb nicht geeignet, um tatsächliche Tourlängen zu ermitteln. Sollten bei der Übertragung des Konzepts auf andere Unternehmen und Städte Überlegungen zu Tourlänge und der Größe des Einsatzgebiets angestellt werden, sind auch dort a priori keine Informationen zum detaillierten Routenwahlverhalten und Pausenorten bekannt. Deshalb werden diese Touren hier genutzt, um eine untere Abschätzung tatsächlicher Tourenlängen zu ermöglichen. Vergleichbare modellhafte Routen können bei Kenntnis der Sendungsstruktur auch in anderen Städten und für andere Unternehmen angefertigt werden. Hierfür kann dann die Fahrgeschwindigkeit nach Streckentyp aus OpenStreetMap (OSM) den jeweiligen Streckenabschnitten zugewiesen werden.

4.3 Interviews

Begleitend zu dem Feldversuch wurden insgesamt fünf Fallstudieninterviews mit dem Fahrpersonal der Lastenräder durchgeführt. Die Interviews erfolgten am 17.10.2019, 12.11.2019, 18.12.2019, 12.03.2020 und dem 30.06.2020. Interviewpartner war der regelmäßige Fahrer des Lastenrads. Bei Bedarf wurden einzelne Sachverhalte mit anderen Vertreter:innen der ABC-Logistik besprochen, um die Sachlage zu klären. Bei den Fallstudien wurden jeweils folgende fünf Themenblöcke angesprochen:

- Allgemeine Entwicklung des Feldversuchs
- Be- und Entladen des Lastenrads an den Zielorten
- Entwicklungen bei der Tourenanzahl, Tourenplanung und der Routenwahl
- Akzeptanz des Lastenradeinsatzes bei den Kund:innen
- Technische Ausstattung des Fahrrads

Die Interviews wurden dokumentiert und ausgewertet. Die Ergebnisse liefern an verschiedenen Stellen einen inhaltlichen Erklärungsansatz für die Ergebnisse anderer Datenanalysen. Außerdem werden aus den Erfahrungen der ABC-Logistik, die in den Interviews festgehalten wurden, direkt Hemmnisse im Transformationspfad und Empfehlungen für den Transfer abgeleitet. Die Ergebnisse werden in Abschnitt 6.4 vorgestellt.

5 Kundenansprache Wuppertal

Im Rahmen des Feldversuchs in Wuppertal sollte die konsolidierte Zustellung in der Elberfelder Innenstadt mit Lastenrädern von einem Mikrodepot aus durchgeführt werden (Abbildung 20). Durchgeführt werden sollte der Feldversuch vom Projektpartner ABC-Logistik. Voraussetzung für die Durchführung des Feldversuchs war die Beteiligung einer ausreichenden Zahl von Einzelhändler:innen. Es konnten jedoch nicht genug Einzelhändler:innen gewonnen werden, um einen Feldversuch zu rechtfertigen.

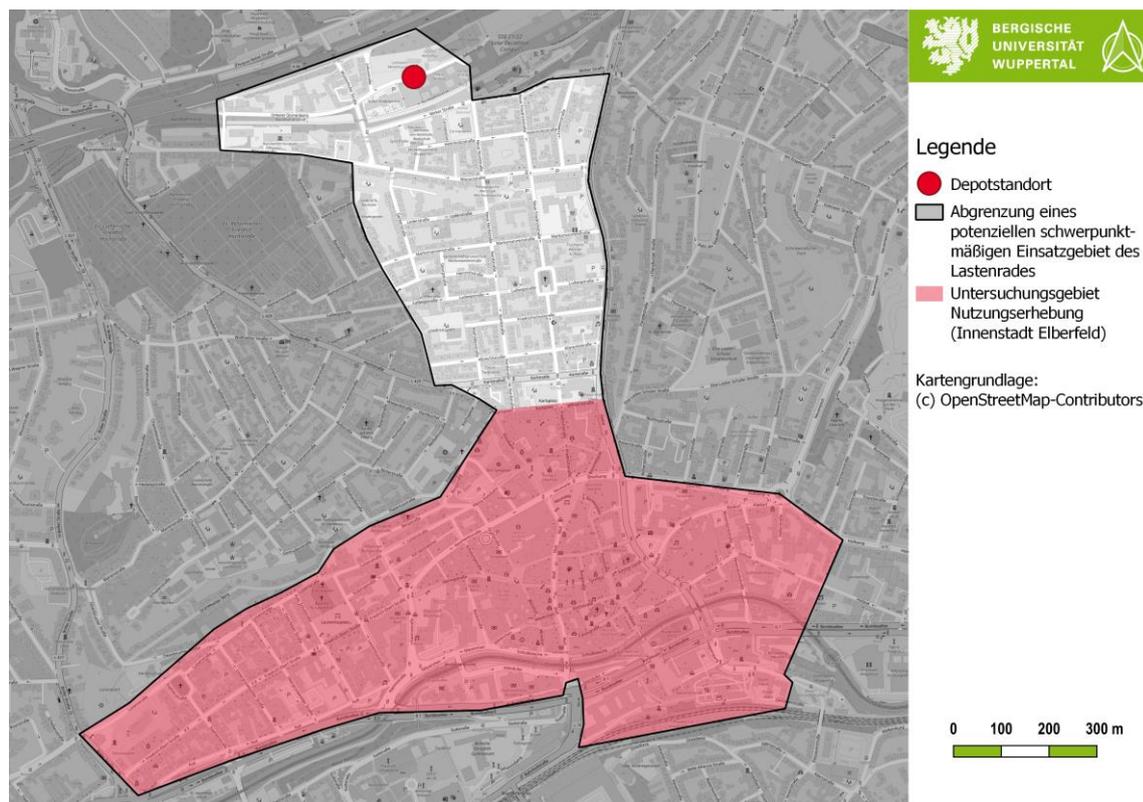


Abbildung 20: Gebietsabgrenzung für den Wuppertaler Feldversuch

Zur Gewinnung der Einzelhändler:innen für das Projekt wurden folgende Versuche unternommen:

1. Ansprache von Unternehmen über die Wirtschaftsförderung
2. Anspracheversuche der Interessengemeinschaften des Einzelhandels (keine Reaktion, weder auf direkte Ansprache noch über die Wirtschaftsförderung)
3. Anspracheversuche der Immobilienstandortgemeinschaften über die Wirtschaftsförderung (keine Reaktion)
4. Einladung zu einer digitalen Informationsveranstaltung (gemeinsame Einladung mit der Wirtschaftsförderung, sehr geringe Teilnahme)
5. Anspracheversuch des Oberbürgermeisters als potenzieller Multiplikator

Diese Versuche haben nicht den gewünschten Erfolg gebracht. Der Feldversuch in Wuppertal wurde deshalb nicht durchgeführt.

Die Gründe für die fehlende Teilnahmebereitschaft können nicht abschließend geklärt werden. Festzuhalten ist jedoch, dass in Düsseldorf auf einen gewachsenen Kund:innenstamm zurückgegriffen werden konnte. In Wuppertal musste dieser neu aufgebaut werden und das werbende Unternehmen war nicht in der eigenen Stadt ansässig. Bei der Etablierung des incharge-Konzepts in Düsseldorf hat es sich bewährt, ohnehin stattfindende Sitzungen der Einzelhandelsverbände und Interessengemeinschaften zur Information über das neue Angebot zu nutzen. In Wuppertal wurde versucht vergleichbar vorzugehen. Allerdings haben vergleichbare Veranstaltungen auf Grund der Corona-Pandemie nur eingeschränkt stattgefunden. Wie die Maßnahmen zur Bekämpfung der Corona-Pandemie auf die Teilnahmebereitschaft der Einzelhändler:innen wirkte, ist ebenfalls unklar. Einerseits ist denkbar, dass die vielfältigen damit verbundenen Problemlagen die Teilnahme an einem Feldversuch als unnötige Zusatzaufgabe erscheinen ließen. Andererseits hätte besonders die in einigen Geschäften erfolgte Umstellung auf den Versandhandel während der obligatorischen Geschäftsschließungen ein Zeitpunkt sein können, zu dem ein solcher Feldversuch besonders gut angenommen wird.

Festzuhalten ist, dass der Aufbau eines Grundstocks an Endkund:innen eine besondere Herausforderung bei der Etablierung einer empfängergetriebenen Bündelung darstellt. Lokal bereits etablierte Unternehmen stehen bei der Umsetzung eines vergleichbaren Bündelungskonzeptes an dieser Stelle vor geringeren Herausforderungen als neu zu etablierende Unternehmen.

6 Projektergebnisse

Durch das Projekt werden Erkenntnisse zum Lastenradeinsatz in vier wichtigen Feldern erlangt. Die Ergebnisse können entsprechend bei der Übertragung verwendet werden (Abbildung 21).

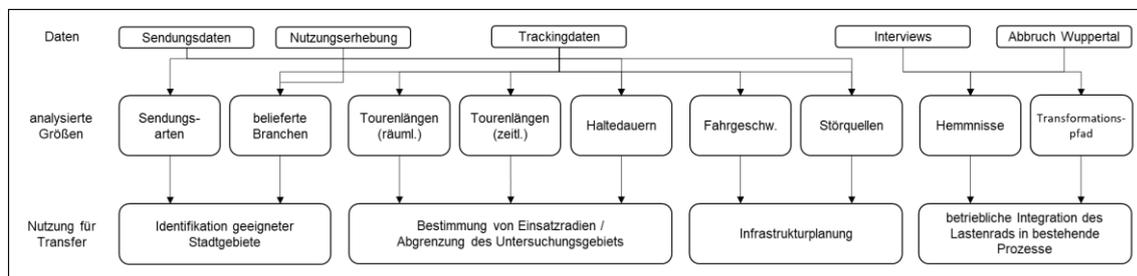


Abbildung 21: Skizze Datenanalyse und Ergebnisverwendung

Informationen zu Sendungsdaten und belieferten Branchen im Untersuchungsgebiet liefern ein Indiz für die Auswahl geeigneter Stadtgebiete bei der Übertragung des Konzepts auf andere Städte.

Durch die Analyse der Trackingdaten können Erkenntnisse zur Tourenlängen (zeitlich und räumlich) und der Haltedauer bei der Auslieferung gewonnen werden. Diese Erkenntnisse sind für die Potenzialermittlung vergleichbarer Vorhaben nutzbar und können die Eingrenzung eines Untersuchungsgebiets erleichtern, sobald ein Depotstandort bestimmt ist.

Die Analyse von Fahrgeschwindigkeiten und Störquellen liefert Erkenntnisse, die insbesondere für die kommunale Verkehrsplanung bei der Schaffung einer lastenradgerechten Infrastruktur interessant sein können.

Hürden bei der Integration des Lastenrads in die betrieblichen Prozesse der ABC-Logistik werden qualitativ ausgewertet und liefern Hinweise für die Implementierung vergleichbarer Bündelungskonzepte bei weiteren vergleichbaren Logistikunternehmen.

6.1 Sendungen und belieferte Branchen

Wie bereits dargestellt, sind besonders kleine Sendungsobjekte (angegeben als Colli/Stückzahl) für die Zustellung mit dem Lastenrad geeignet und machten auch während des Feldversuchs einen Großteil der Sendungen aus, die mit dem Lastenrad versendet wurden.

Im Rahmen der Aufbereitung der Sendungsdaten konnten für rd. 70 % aller Sendungen und für rd. 60 % aller mit dem Lastenrad zugestellten Sendungen die Empfänger:innen einem der sechs oben definierten Wirtschaftszweige (Einzelhandel, Dienstleistungen, produzierendes und verarbeitendes Gewerbe, öffentliche Einrichtungen und Sonstiges) zugeordnet werden. Dabei sind unter allen Sendungen der Einzelhandel (rd. 65 %) und Dienstleistungen (rd. 27 %) sehr stark vertreten. Bei den Sendungen, die mit dem Lastenrad zugestellt wurden, sticht besonders hervor, dass das produzierende und verarbeitende Gewerbe (rd. 54 %) den größten Teil der Sendungen ausmacht. Das ist ein deutlich größerer Anteil als an den Gesamtsendungen (rd. 4 %). Dagegen weist der Einzelhandel einen deutlich geringeren Anteil an den Lastenradsendungen (rd. 24 %) auf als an der Gesamtsendungsmenge.

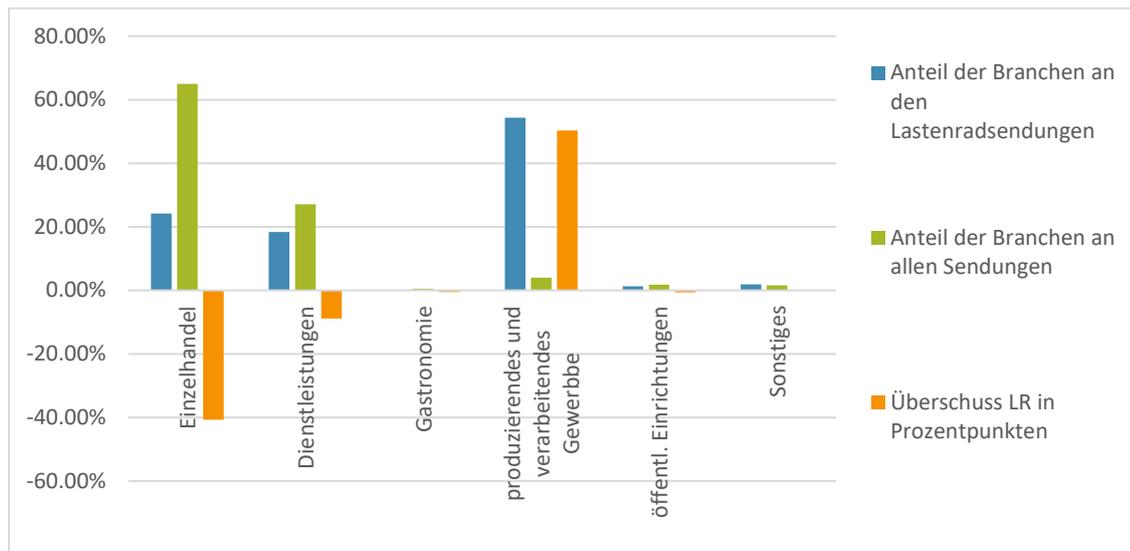


Abbildung 22: Anteile der Branchen am Sendungsaufkommen insgesamt und den Lastenradsendungen

Die beschriebenen Unterschiede zwischen der Branchenverteilung der Gesamt-sendungen und der Lastenradsendungen können auf verschiedene Gründe zurückgeführt werden. Da nur ein Lastenrad im Einsatz ist, werden im Vergleich zur Gesamtsendungsmenge sehr geringe Mengen umgelegt. Die Anteile sind sehr stark von einzelnen gewerblichen Nutzungen beeinflusst, die immer wieder beliefert werden. In den Interviews wurde bereits dargestellt, dass ein Unternehmen des produzierenden und verarbeitenden Gewerbes zu den regelmäßigen Kund:innen gehörte. Hieraus ist der hohe Anteil für diese Branche zu erklären.

Das **produzierende und verarbeitende Gewerbe** gilt häufig nicht als besonders lastenradaffine Branche. Das vorliegende Fallbeispiel zeigt jedoch sehr deutlich, **dass auch hier Einsatzfelder für Lastenradtransporte existieren**. So werden hier nach Aussagen aus den Interviews in hoher Regelmäßigkeit kleine Ersatzteile für Produktionsmaschinen zugestellt. Ein solches Beispiel zeigt einen Use Case für Lastenräder im Stückgutverkehr und deutet darauf hin, dass auch weitere Einsatzfelder für Lastenräder abseits von Paketlieferungen gefunden werden können.

Für den Lastenradeinsatz sind **besonders kleine Objekte (wie Standardpakete oder kleines Stückgut)** geeignet. Solche Sendungsobjekte fallen grundsätzlich in allen Gebieten an. Die Dichte der gewerblichen Nutzung als solche ist deshalb entscheidend für die Auswahl eines Projektquartiers. Bei der Übertragung eines vergleichbaren Konzepts sollte deshalb wie in Düsseldorf ein besonderer Fokus auf **Innenstadtbereiche und die Innenstadtränder** gelegt werden. Auch **Industrie- und Gewerbegebiete** sollten jedoch nicht aus dem Auge verloren werden.

Der Feldversuch hat gezeigt, dass dort, wo ein Transportunternehmen schon jetzt regelmäßig kleine Objekte zustellt, der einfachste Ansatzpunkt für den Lastenradeinsatz ist. Dabei kommen alle Branchen grundsätzlich in Frage. Deshalb sollten **bestehende, regelmäßige Aufträge** in die Auswahl eines Projektquartiers mit einfließen, sofern solche existieren.

6.2 Tourenbezogene Erkenntnisse

Aus den aufgezeichneten Sendungsdaten werden die zurückgelegten Touren eines Tages ermittelt. Hierfür werden, wie oben ausgeführt, zunächst jene Stopps in den Trackingdaten identifiziert, die durch die bereitgestellten Sendungsdaten eindeutig einer Sendung zugeordnet werden können. Da durch diese Stopps allein nicht die gefahrenen Routen zu erklären sind, werden darüber hinaus, wie ebenfalls oben beschrieben (Abschnitt 4.2.1), vermutete Zustellungen identifiziert und als weitere Stopps in die Tour eingefügt. So werden die Fahrzeiten und Stoppszeiten im Verlauf einer Tour ermittelt.

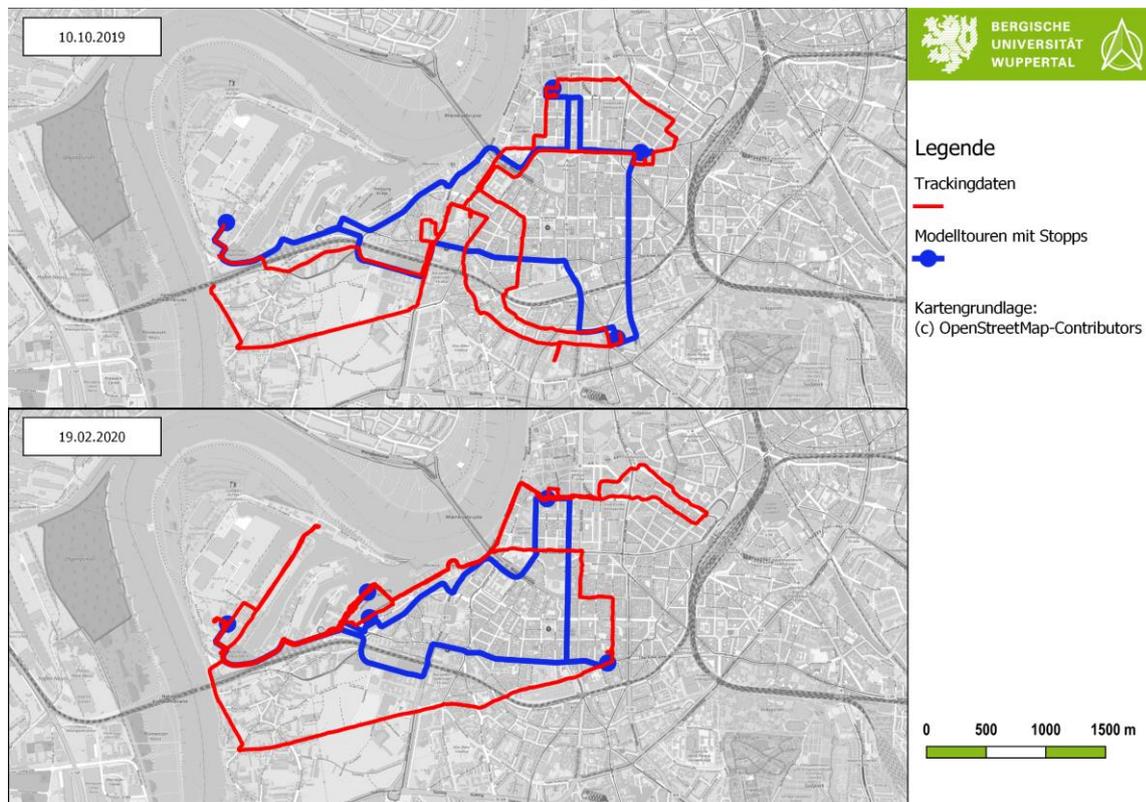


Abbildung 23: Vergleich aufgezeichnete und modellierte Touren, ausgewählte Tage ohne erkennbare Trackingfehler

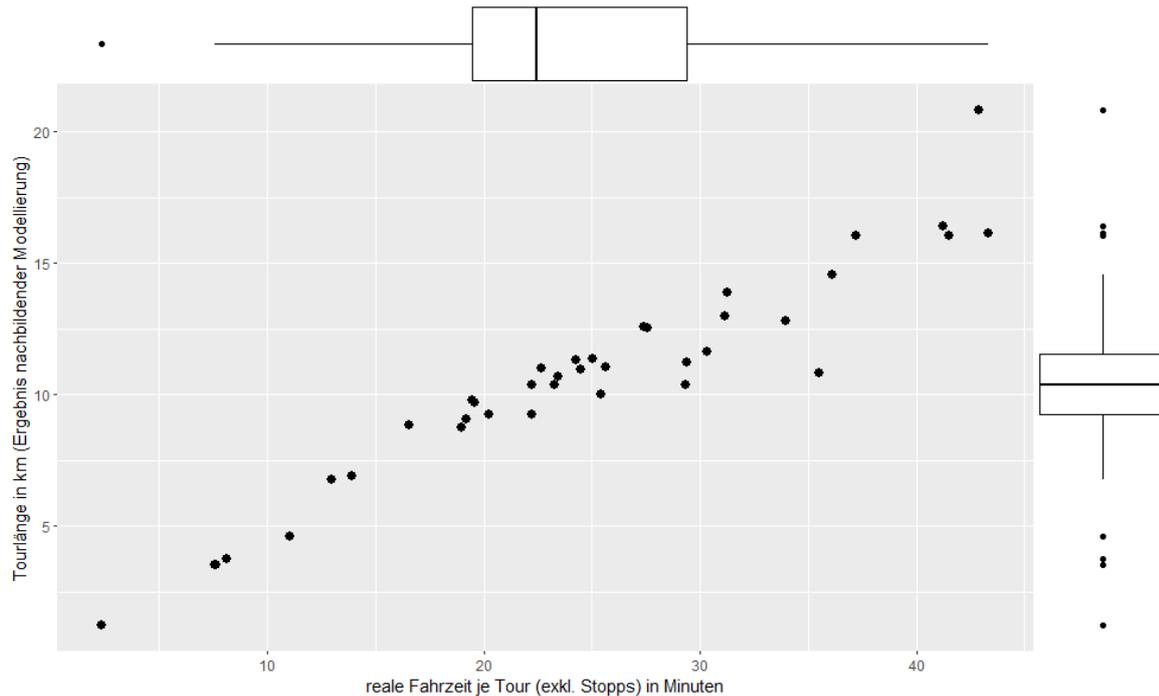


Abbildung 24: Verteilung der Tourlängen (modellierte Entfernung) und Fahrzeiten (exkl. Stopps)

Abbildung 23 zeigt den Vergleich von aufgezeichneten und modellierten Touren am Beispiel von zwei Tagen. In beiden Fällen handelt es sich um Aufzeichnungen ohne größere Trackingfehler. Deutlich zu erkennen ist, dass die Routenwahl zwischen Modell und aufgezeichneter Realität unterschiedlich ist. Außerdem scheinen teilweise Pausen und solche Stopps vorzuliegen, die auch bei der Identifikation vermuteter Sendungsvorgänge nicht erkannt wurden.

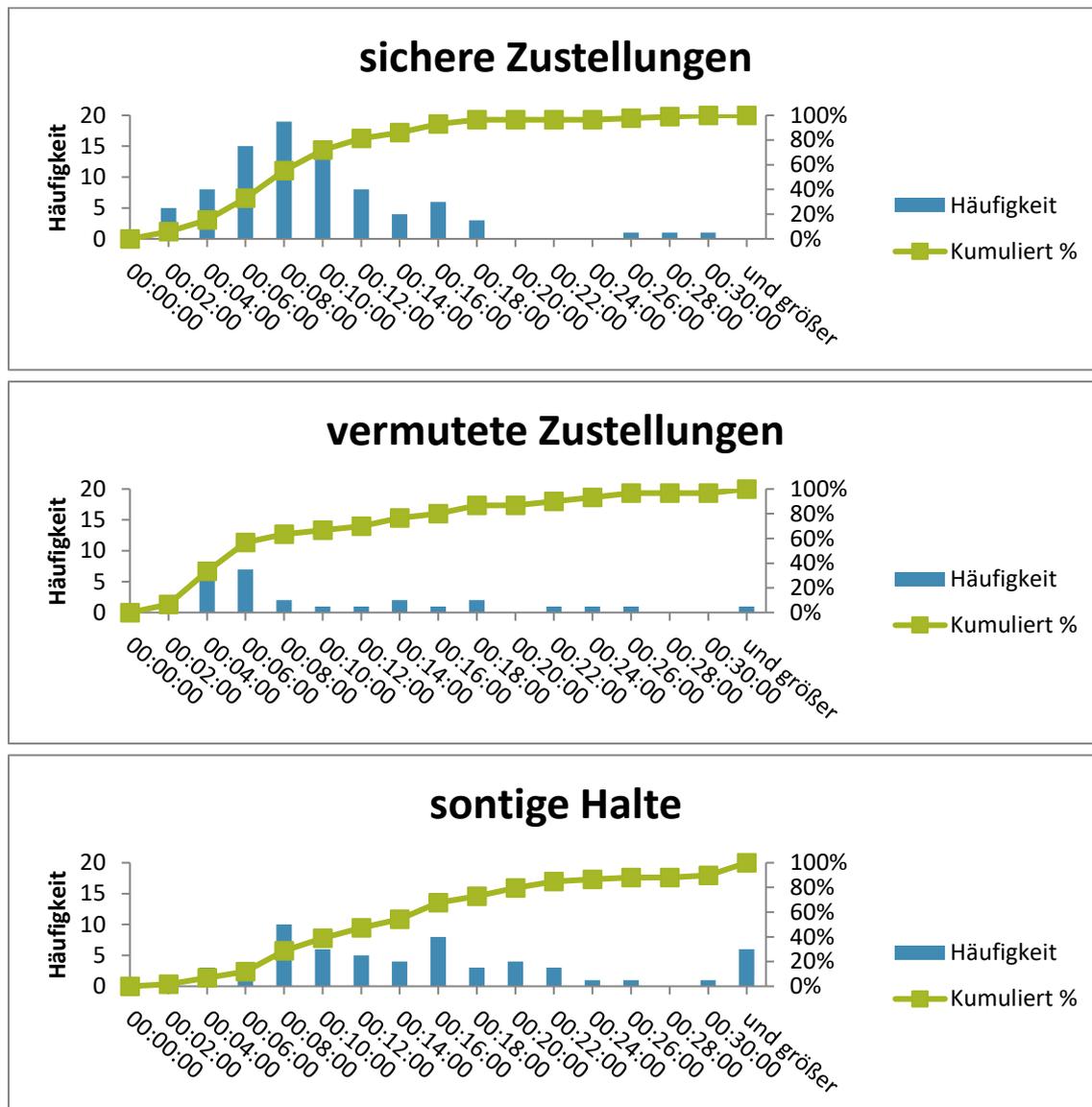


Abbildung 25: Haltezeitenverteilung nach Haltetyp in Minuten

Die Verteilung der Fahrzeiten und Tourlängen ist in Abbildung 24 dargestellt. Die Fahrzeiten stammen von den sequenzierten Trackingdaten. Verlustzeiten an Knotenpunkten sind deshalb weiterhin vorhanden. Die Touren weisen im Durchschnitt eine Fahrzeit von 24 min (Median: 22 min) und Distanzen von 10,3 km (Median: 10,4 km) auf. Berechnet man jeweils die Fahrgeschwindigkeit aus realer Fahrzeit und modellierter Distanz, liegt diese Geschwindigkeit im Durchschnitt bei 26,9 km/h (Median: 27,6 km/h). Die Standardabweichung beträgt dabei lediglich 2,9 km/h. Diese hohen durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten deuten darauf hin, dass die tatsächlich zurückgelegten Entfernungen größer als die modellhaft angenommenen sind.

Die Haltedauern bei Zustellungen variieren erwartungsgemäß deutlich, folgen jedoch für sichere und vermutete Zustellungen einer ähnlichen Verteilung (vgl. Abbildung 25). Sie weisen jeweils bei etwa 5 bis 6 min die höchste Dichte auf. Die Gründe für die sonstigen Halte konnten nicht identifiziert werden. Hier können zwar auch unerkannte Zustellvorgänge vorliegen, ein Teil der hier subsumierten Haltevorgänge wird jedoch Pausen entsprechen. Sie weisen insgesamt höhere Haltezeiten und eine größere Varianz auf.

Die Auswertung der hier aufgezeichneten Touren kann kein abschließendes Bild über die potenziellen Einsatzradien und Tourlängen von Lastenrädern im Kontext vergleichbarer Konzepte geben. Dennoch zeigen die Erfahrungen, dass der Lastenradeinsatz auch von einem **Standort in Innenstadtrandlage** aus erfolgen kann.

Die **Einsatzgebiete sind damit deutlich größer als bei KEP-Diensten**, wo auch auf Grund der hohen räumlichen Dichte der Zielorte deutlich kleinere Einsatzradien realisiert werden.

6.3 Fahrgeschwindigkeiten und Störquellen

Im Feldversuch wurde das Lastenrad Bring von Bayk eingesetzt. In dem Zeitraum, in dem Trackingdaten vorliegen, wurde das Lastenrad nur von einer Person regelmäßig gefahren. Die folgenden Ausführungen zu Fahrgeschwindigkeiten und Störquellen sind deshalb stark von dieser Person und diesem Modell geprägt und nicht repräsentativ. Sie müssen mit weiteren Untersuchungen ergänzt werden, um detaillierte Empfehlungen für die lastenradgerechte Infrastruktur abzuleiten.

Zunächst wurden die Trackingpunkte den Streckenabschnitten des Straßennetzes zugeordnet und durchschnittliche und maximale realisierte Fahrgeschwindigkeiten für diese Streckenabschnitte ermittelt. Solche Werte wurden somit nur jenen Streckenabschnitten zugeordnet, die während der getrackten Fahrten genutzt wurden. Bezogen auf alle Streckenabschnitte liegt der Median der durchschnittlichen realisierten Fahrgeschwindigkeiten bei 14,6 km/h (arithm. Mittel: 13,2 km/h).

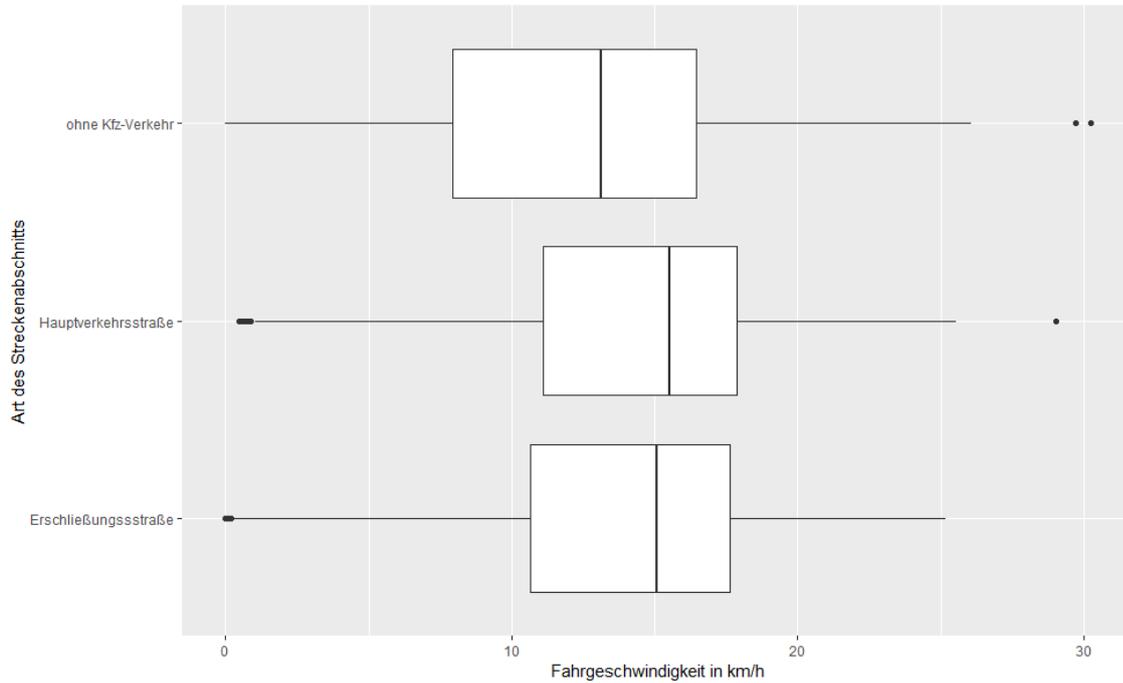


Abbildung 26: Verteilung der durchschnittlichen aufgezeichneten Geschwindigkeiten auf den Netzkanten des Düsseldorfer Straßennetzes

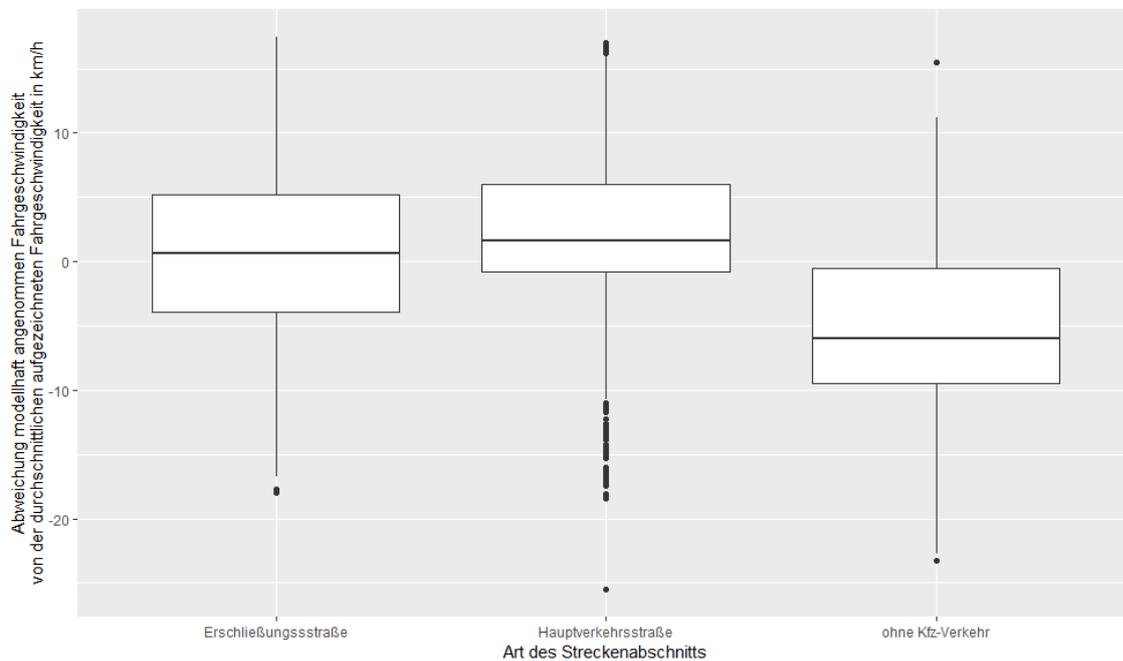


Abbildung 27: Verteilung der Abweichungen zwischen durchschnittlicher Fahrgeschwindigkeit und Modellannahme aus Potenzialstudie

Um die Fahrgeschwindigkeiten differenzierter betrachten zu können, wurden anhand der OpenStreetMap-Streckentypen drei Gruppen von Streckenabschnitten gebildet:

Hauptverkehrsstraßen (OSM-Klassen primary, secondary, tertiary), Erschließungsstraßen (OSM-Klassen residential, road, unclassified, service, living_street) und Straßen ohne Kfz-Verkehr (OSM-Klassen pedestrian, track, path, cycleway, footway).

Die Verteilung der Fahrgeschwindigkeit ist für diese drei Gruppen von Streckenabschnitten in Abbildung 26 dargestellt. Die realen Fahrgeschwindigkeiten weisen teilweise Abweichungen von denen auf, die in der Potenzialuntersuchung angenommen waren. Die Verteilung der absoluten Abweichungen sind in Abbildung 27 dargestellt. Es fällt auf, dass **insbesondere auf Straßen ohne Kfz-Verkehr geringere Fahrgeschwindigkeiten erreicht** werden als bei den anderen Gruppen von Streckenabschnitten. Auch die Abweichungen zu den modellhaft angenommenen Geschwindigkeiten sind deutlich größer. Dies ist u.a. darauf zurückzuführen, dass in diese Gruppe von Streckenabschnitten auch **Fußgängerzonen und Gehwege** fallen, die zwar genutzt wurden, die jedoch nur sehr langsam befahren werden konnten.

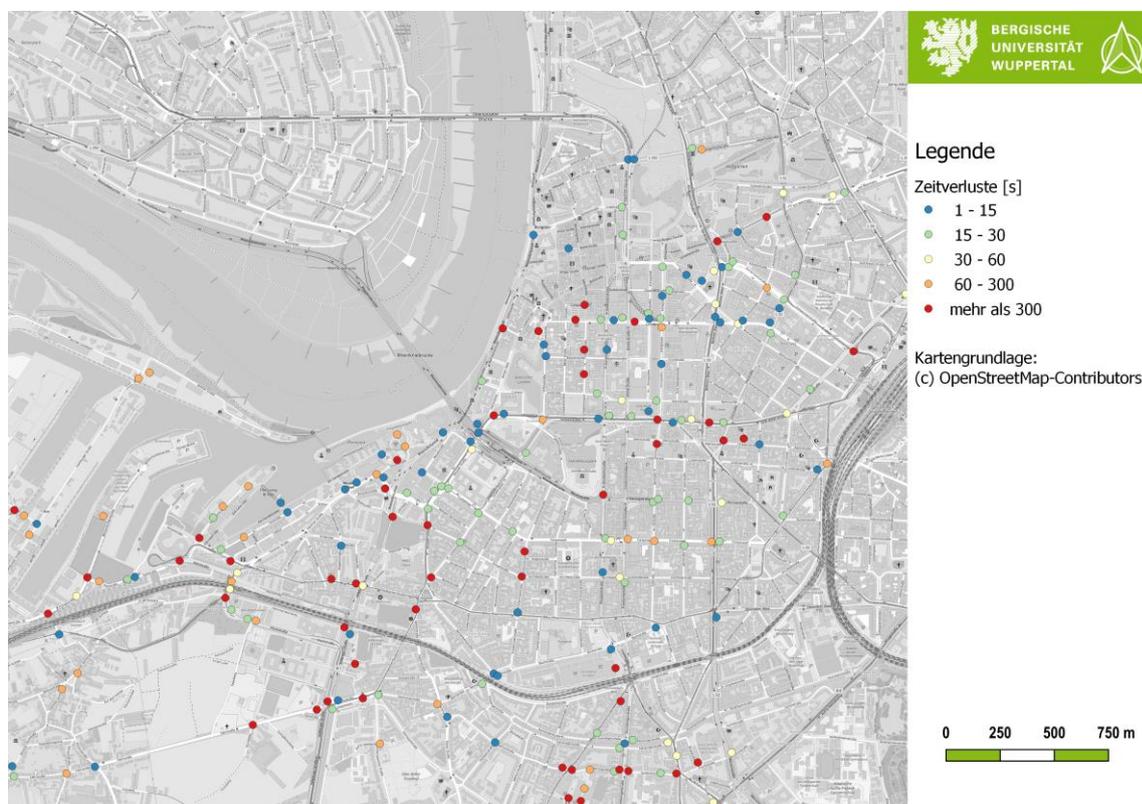


Abbildung 28: räumliche Verteilung der identifizierten Zeitverluste

Zeitverluste, die nicht durch Zustellungen zu erklären sind, liegen in der Regel an Knotenpunkten. Besondere Auffälligkeiten einzelner Typen von Infrastrukturelementen konnten nicht identifiziert werden. Die identifizierten Zeitverluste sind in Abbildung 28 kartiert. Dass im Streckenverlauf keine auffälligen Zeitverluste zu erkennen sind, kann

auch darauf zurückgeführt werden, dass das **Schwerlastrad primär auf der Fahrbahn im Mischverkehr mit dem Kfz-Verkehr** gefahren wurde. So fielen unzureichende Radinfrastrukturen nicht auf.

6.4 Umsetzungshemmnisse und Transformationspfad

6.4.1 Betriebliche Herausforderungen

Im Lauf des Projekts sind verschiedene Hemmnisse offenbar geworden. Diese werden in diesem Abschnitt kurz dargestellt. Dafür wird auf die Auswertung der Fallstudieninterviews und die unmittelbaren Erfahrungen im Projektteam zurückgegriffen.

- Die **Fahrer:innen-Suche** gestaltete sich anspruchsvoller als zunächst erwartet. Bei der ABC-Logistik war man zunächst davon ausgegangen, dass man auf Fahrer:innen zurückgreifen kann, die schon im Unternehmen arbeiten. Dies hat sich nicht bewahrheitet und wurde mit Vorbehalten gegenüber der Lastenradnutzung begründet, insbesondere in Bezug auf einen befürchteten Fahrkomfortverlust. Sobald die Stelle ausgeschrieben war, konnte sie jedoch zeitnah besetzt werden.
- Die Integration des Lastenrads in die betrieblichen Prozesse hat etwas Zeit benötigt. Einerseits wurden in der **Disposition** zunächst Sendungen „aus Gewohnheit“ auch dann Transportern und LKW zugeordnet, wenn sie grundsätzlich mit dem Lastenrad zustellbar gewesen wären. Die Verteilung führte dazu, dass die Touren des Lastenrades teilweise nicht ausgelastet waren. Andererseits hat sich gezeigt, dass insbesondere zu Beginn Maße und Gewicht der Sendungen in der entsprechenden Datenbank nicht ausreichend genau angegeben waren und es so gelegentlich vorkam, dass Sendungen einer Lastenradtour zugeordnet wurden, die entweder zu schwer oder zu sperrig waren, um mit dem Lastenrad transportiert zu werden.
- Im Rahmen des Feldversuchs wurden wie geplant primär gewerbliche Empfänger:innen beliefert. Obwohl insgesamt eher kleine Objekte und Pakete transportiert wurden, haben diese Empfänger:innen teilweise eine größere Anzahl von Objekten empfangen. Einzelne Sendungen waren auch vergleichsweise schwer. Auch wenn das Lastenrad i.d.R. zielortnah abgestellt werden konnte, fehlte zunächst ein **Hilfsmittel für das Entladen** und den Transport auf den letzten Metern oder im Gebäude. Hierfür wurde eine klappbare Sackkarre angeschafft, die nach Aussagen des Fahrers eine Erleichterung des Arbeitsalltags darstellte.

- Ein angenommenes Nutzungsszenario für das Lastenrad war die Zustellung sogenannter „Überhanglieferungen“. Damit sind Sendungen gemeint, die von incharge-Kunden erst im Tagesverlauf beauftragt werden und deshalb schlecht in bereits geplante Touren integriert werden können. Solche Sendungen wurden besonders dann erwartet, wenn Waren, die im Lager im Hafen vorrätig waren, im Geschäft in der Innenstadt unerwartet ausverkauft wurden. Tatsächlich sind solche **Überhanglieferung** nach Aussage der ABC-Logistik **nur selten** aufgetreten. Vielmehr wurde das Lastenrad regelmäßig zur Belieferung solcher incharge-Kunden genutzt, die **regelmäßig geringe Sendungsvolumina** erhalten haben. Dabei hat sich im Laufe der Zeit eine kleine Menge von Kunden herausgebildet, deren Sendungen regelmäßig mit dem Lastenrad zugestellt wurden. Darüber hinaus wurden auch unregelmäßig anfallende Sendungen mit dem Lastenrad zugestellt, die nicht incharge-Kunden zuzuordnen sind, sondern dem klassischen Speditionsgeschäft der ABC-Logistik entstammen.

Wie bereits ausgeführt, ist die Ansprache der Händler:innen in Wuppertal gescheitert. Zwar lagen dort Sondereffekte vor, jedoch liegt nahe, dass vergleichbare Konzepte sinnvollerweise von etablierten Marktteilnehmer:innen umgesetzt werden sollten. In Düsseldorf wurde der Lastenradeinsatz seitens der Händler:innen sehr gut aufgenommen. Sie mussten sich dort jedoch nicht aktiv für die Zustellung mit dem Lastenrad entscheiden, da sie i.d.R. bereits Bestandskund:innen der ABC-Logistik waren.

Einige städtische Güterverkehrskonzepte sehen vor vergleichbare Bündelungskonzepte zu etablieren. Ein Projektbeispiel ist das österreichische Projekt GrazLog (Stadt Graz o. J.). Hierbei sind die Betreiberfragen in der Regel ungeklärt. Auf Grundlage der Erfahrungen des Wuppertaler Feldversuchs wird empfohlen, dass die **konkreten Schritte zur Umsetzung eng mit den lokal aktiven Speditionen abgestimmt werden** und nach Möglichkeit auch auf diese als Anbieter zurückgegriffen wird. Die Stadtverwaltung selbst sollte bei der Etablierung empfängergetriebener Bündelungskonzepte in der Regel als Vermittlerin auftreten und kann im Rahmen der Güterverkehrsrunden Ideen in die Runde der lokal aktiven Speditionen tragen. Im Zuge ihrer **Flächensicherungspolitik** kann sie darüber hinaus notwendige Flächen wie CityHubs in Innenstadtnähe planerisch sichern und für geeignete Betreiber:innen nutzbar machen. Das Düsseldorfer Beispiel verdeutlicht den großen Druck, der für die Umnutzung innenstadtnaher Logistikflächen aktuell ausgeübt wird. Der Düsseldorfer Hafen gerät beispielsweise durch die Vergrößerung des Medienhafens unter Druck. Andernorts sind auch Wohnnutzungen auf ehemals logistisch genutzten Flächen

angedacht. Die planerische Sicherung ist jedoch dringend zu verfolgen, um Bündelungskonzepte wie das hier vorgestellte realisieren zu können.

6.4.2 Technische Herausforderungen

Im Laufe des Düsseldorfer Feldversuchs gab es immer wieder technische Probleme mit dem Lastenrad. Dies betraf folgende Punkte:

- Mängel bei der **Ladungssicherung**: Die Befestigungsvorrichtungen von Spanngurten waren zunächst unpraktisch positioniert und die Federung des Fahrzeugs wurde als nicht ausreichend für den Transport zerbrechlicher Güter eingeschätzt.
- Mängel beim **Fahrkomfort**: Die unzureichende Federung des Lastenrads führte insbesondere auf Strecken mit Kopfsteinpflaster teilweise zu (erhöhten) Belastungen des Fahrers. Der Sitz des Lastenrads ist in einer zurückgelehnten Position angeordnet, was als unangenehm wahrgenommen wurde.
- Mängel beim **Witterungsschutz**: Die Schutzbleche waren zunächst zu kurz und schützten Fahrzeug und Fahrer nur unzureichend vor Regen und Schmutz. Das Schutzblech wurde nachträglich verlängert. Ein größeres Problem stellte die Regenschutzscheibe am Lastenrad dar, da während und nach dem Regenfall Tropfen auf der Scheibe die Sicht behinderten. So war das Lastenrad bei Regen nur eingeschränkt nutzbar.
- Mängel bei der **Verarbeitung**: Die Transportbox hat sich nach kurzer Zeit verzogen, sodass die Tür nicht mehr richtig geschlossen werden konnte.
- Unerwartet hoher **Verschleiß**: Insbesondere die Kette und die Bremsen wiesen einen deutlich höheren Verschleiß auf, als dies zunächst erwartet wurde. Dies führte gelegentlich zu Ausfällen des Fahrzeugs. Die Suche nach einer geeigneten Werkstatt war zunächst schwierig und musste durch den Hersteller vermittelt werden. Die Mängel wurden dem Hersteller gemeldet. Sie wurden teilweise am Folgemodell behoben.

Das im Feldversuch genutzte Lastenrad ist inzwischen nicht mehr auf dem Markt verfügbar. Mit dem Nachfolgemodell sollen einige der oben genannten Mängel behoben worden sein. Insgesamt ist eine große Dynamik bei der Entwicklung neuer (Schwer-)Lastenradmodelle zu beobachten. Dabei werden zunehmend robustere Bauteile verwendet, die die Wartungsintensität des Fahrzeugs reduzieren sollen.

Bei der ABC-Logistik wurden die beschriebenen Mängel darauf zurückgeführt, dass eine Weiterentwicklung der Produkte noch ansteht („Kinderkrankheiten“). Der Feldversuch in Düsseldorf wird insgesamt als Erfolg gesehen. Deshalb erfolgte bei der ABC-Logistik anschließend an den Feldversuch die Anschaffung eines weiteren Lastenrads.

7 Literaturverzeichnis

- Fontaine, Pirmin; Minner, Stefan; Rogetzer, Patricia; Geier, Konstantin; Rautenstrauß, Maximiliane; Moeckel, Rolf; Llorca, Carlos (2021): Potentiale für Lastenradtransporte in der Citylogistik. RadLast Leitfaden. Hg. v. Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt und Technische Universität München. Online verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/buendnis-fuer-moderne-mobilitaet-leitfaden-potenziale-lastenradtransporte-citylogistik.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt geprüft am 05.10.2021.
- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2021): Hinweise zu Maßnahmen für eine Verkehrswende im Güterverkehr. H VwG. Ausgabe 2021. Köln: FGSV Der Verlag (FGSV W 1, 171).
- Geobasis NRW (Hg.) (o. J.): Light Detection and Ranging (LiDaR-Daten).
- Goebels, Claus; Holthaus, Tim; Mayregger, Patrick; Thiemermann, Andre (2018-2021): survey of commercial transport in Duesseldorf, Wuppertal, Cologne and Solingen. unpublished counting data.
- Leerkamp, Bert (2021): Modal Shift auf der letzten Meile – Zur Wirksamkeit von Verlagerungsstrategien des städtischen Güterverkehrs und seiner Einbindung in die Verkehrsentwicklungsplanung. In: *jmv* (9), S. 21–30. DOI: 10.34647/jmv.nr9.id61.
- LogisticNetwork Consultants; DHL Deliverty Berlin; Parcel Line Logistik; BEHALA; Hermes Germany; GLS Germany; DPD Deutschland (2019): KoMoDo - Kooperative Nutzung von Mikro-Depots durch die KEP-Branche für den nachhaltigen Einsatz von Lastenrädern in Berlin. öffentlicher Abschlussbericht. Online verfügbar unter https://www.komodo.berlin/app/download/9871106669/2019-09+KoMoDo+Abschlussbericht_Light-Version_vsd.pdf?t=1624355030, zuletzt geprüft am 28.06.2022.
- Mayregger, Patrick (2023): Determining the Demand for Loading/Unloading Zones in Urban Areas. In: Eftihia G. Nathanail, Nikolaos Gavanias und Giannis Adamos (Hg.): Smart Energy for Smart Transport. Proceedings of the 6th Conference on Sustainable Urban Mobility, CSUM2022, August 31-September 2, 2022, Skiathos Island, Greece. 1st ed. 2023. Cham: Springer Nature Switzerland; Imprint Springer (Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure), S. 1406–1417.
- Stadt Graz (Hg.) (o. J.): Projekthomepage GrazLog. Online verfügbar unter <https://www.grazlog.at>, zuletzt geprüft am 28.06.2022.