DIW ECON

Mobility as a Public Service – MaaPS

Machbarkeitsstudie für die Nutzung von Mikromobilitätsdaten in der öffentlichen Verwaltung

Berlin, 15. Oktober 2021

DIW Econ GmbH
Mohrenstraße 58
10117 Berlin

Kontakt:
Maximilian Priem
Tel. +49.30.20 60 972 - 0
Fax +49.30.20 60 972 - 99
service@diw-econ.de
www.diw-econ.de

Executive Summary

Die vorliegende Machbarkeitsstudie des im Rahmen des Mobilitätsfonds des BMVI (mFUND) geförderten Projekts „Mobility as a Public Service (MaaPS)“ untersucht das Verwendungspotenzial von Nutzungsdaten von Mikromobilitätsanbietern für Städte bzw. die öffentliche Verwaltung. Im Rahmen einer explorativen Fallstudie werden die Daten des E-Tretrolleranbieters Circ aus dem Jahr 2019 beispielhaft für die Städte Berlin und München mit Hilfe des hexagonalen Raumbezugs H3 aggregiert und mit weiteren Datenquellen verknüpft und analysiert.

Ziel der vorliegenden Studie ist es einerseits zu zeigen, welche Erkenntnisse durch die Auswertung der Nutzungsdaten generiert werden könnten und andererseits Vorschläge zu erarbeiten, in welcher Form Nutzungsdaten von Mikromobilitätsanbietern effizient für Städte zur Verfügung gestellt werden können. Die Machbarkeitsstudie schafft somit die Grundlage für einen standardisierten Austausch von Daten zwischen deutschen Städten und (Mikro-)Mobilitätsanbietern.

Methodischer Ansatz

Zentral für MaaPS ist die Frage, mit welchem technischen Ansatz Städte, unter Berücksichtigung der Anforderungen des Datenschutzes, den bürokratischen Mehraufwand minimieren und gleichzeitig das Nutzungspotenzial der Mikromobilitätsdaten maximieren können. In diesem Zusammenhang lassen sich vier Bewertungskriterien für die Datenaggregation und Datenverwertung unterscheiden:

- **Datenschutz** (Anonymisierung der personenbezogenen Daten)
- **Aussagekraft** (Informationsqualität der Daten)
- **Zugang** (einfache Weiterverarbeitung und Verknüpfung mit anderen Datenquellen)
- **Effizienz** (Kosten- und Zeiteffizienz der Datenübertragung)

Die Gütekriterien stehen dabei z.T. in Zielkonflikten zueinander, weshalb eine technische Lösung niemals alle vier Dimensionen bestmöglich erfüllen kann.

Die vorliegende Studie testet die Anwendung des indirekten, **hexagonalen Raumbezugs H3** zur Aggregation von Mikromobilitätsdaten, um die drei Gütekriterien Datenschutz, Zugang und Aussagekraft zu optimieren. Bei H3 handelt es sich um ein auf Hexagonen basierendes und von Uber entwickeltes hierarchisches Geosystem zur räumlichen Erschließung. Zur Erfüllung des Bewertungskriterium „Effizient“ sollte H3 in Kombination mit einer geeigneten

Programmierschnittstelle (API) verwendet werden. Im Rahmen der Studie wird zu diesem Zweck insbesondere auf die Programmierschnittstellen der Mobility Data Specification (MDS) näher eingegangen.

Datengrundlage der Machbarkeitsstudie

Datengrundlage der vorliegenden Studie bildet die **Datenspende des Mikromobilitätsunternehmens Circ**. Der Datensatz umfasst rund **380.000 E-Tretrollerfahrten in Berlin** und **260.000 E-Tretrollerfahrten in München**, der Beobachtungszeitraum erstreckt sich vom **01. Juli 2019 bis zum 31. Dezember 2019**.[1] Der bereitgestellte Datensatz enthält somit die Fahrten der ersten Monate nach der Zulassung von E-Tretrollern im deutschen Straßenverkehr. Start- und Endpunkte der Fahrten wurden vor der Weitergabe durch Circ mit Hilfe des innovativen Raumbezugs H3 aggregiert. Für die Analysen wurde der MaaPS-Datensatz mit weiteren Datenquellen verknüpft (u.a. mit mFund-Projekt ally Mobility Analytics Platform (allyMAP) und OpenStreetMap).

Fallstudie Berlin und München

Im Rahmen von zwei Fallstudien wertet die vorliegende Studie die im MaaPS-Datensatz enthaltenen E-Tretroller-Nutzungsdaten für Berlin und München aus. In Kombination mit öffentlich zugänglichen Daten und Gesprächen mit den kommunalen Fachverwaltungen, lässt der MaaPS-Datensatz **Rückschlüsse zum Nutzungsverhalten von E-Tretrollern nach Zeit, Wetter, lokalen Begebenheiten, Fahrtlänge und der Interaktion mit dem ÖPNV** zu. Dabei liefern beide Fallstudien empirische Hinweise darauf, dass E-Tretroller sowohl komplementär zum ÖPNV zur Bestreitung der „letzten Meile“ als auch anstelle des ÖPNV genutzt werden. Die Nutzung eines E-Tretrollers wird tendenziell wahrscheinlicher, wenn eine Strecke zurückgelegt wird, die durch den ÖPNV schlechter erschlossen ist. Dass sich die vorliegenden Daten auch als Planungsgrundlage für den Umbau der Verkehrsinfrastruktur eignen könnten, macht ein auf k-means-Clustering basierender **Parkzonen-Algorithmus** deutlich.

Der im Rahmen der Machbarkeitsstudie vorgeschlagene technische Ansatz erweist sich generell als vielversprechend. So ermöglicht er, besonders durch die Verknüpfung mit externen Datenquellen, eine **hohe Aussagekraft** und gleichzeitig kann durch die H3-Datenaggregation der Grundsatz der

[1] Der MaaPS-Datensatz – inkl. den Verknüpfungen mit anderen Datenquellen- steht auf der Datenplattform mCLOUD des BMVI zum Download zur Verfügung unter https://mcloud.de/web/guest/suche/-/results/detail/51661C47-30C4-4B4B-8C1D-F339C02B15FB.

Datensparsamkeit gewahrt werde. Das heißt, es werden nur so detaillierte Daten für Auswertungen von Mikromobilitätsdaten genutzt, wie für aussagekräftige Analysen nötig sind. Im H3-Format aggregierte Daten bieten sich folglich für eine regelmäßige Berichterstattung von Mikromobilitätsanbietern an die Stadt an (historische Daten). Aus Effizienzgründen sollte dabei eine Programmierschnittstelle (API) zum Einsatz kommen. Allerdings zeigt die vorliegende Studie auch, dass die Datensatzbereinigung und Datenauswertung sowie die Verknüpfung der Daten mit externen Quellen zeit- und ressourcenaufwändig ist.

Organisatorische Lösungen für die praktische Implementierung

Mit Blick auf die praktische Implementierung eines H3-basierten Datenaustauschs sind verschiedene Modelle denkbar. Zentral ist hierbei vor allem die Frage, welche Partei - die Städte, die Mobilitätsanbieter oder eine dritte Stelle - die im Rahmen dieser Studie erprobte Aggregation der Daten auf H3 in der Praxis vornehmen soll. Die vorliegende Studie empfiehlt für einen effizienten Austausch von Mikromobilitätsdaten zwischen Anbietern und Städten die Einrichtung eines **zentralen Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrums zur Mikromobilität**. Diese nimmt gemäß der Empfehlung der Studie nicht nur die Aggregation der Daten auf H3 vor, sondern führt empirische Analysen im Auftrag der Städte durch und berät diese zu allen datenspezifischen Fragen, beispielsweise bei der Formulierung von Datenbereitstellungspflichten. Dieses Modell stellt sicher, dass möglichst viele Städte effizient Zugang zu datenbasierten Erkenntnissen zur Mikromobilität erhalten können, der Schutz der personenbezogenen Informationen der Nutzer:innen sichergestellt ist und die Datenübertragung für die Mobilitätsanbieter einen vertretbaren Aufwand nicht übersteigt.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung ... 1
2. Methodischer Ansatz ... 2
2.1 H3 ... 4
2.2 Datenschnittstellen-Standards ... 6
2.2.1 Mobility Data Specification ... 8
2.2.2 Datenschutzaspekte ... 9
3. Datengrundlage der Machbarkeitsstudie ... 11
3.1 Nutzungsdaten der E-Tretroller ... 11
3.2 Weitere Datensätze ... 14
3.2.1 Ortsinformationen von OpenStreetMap ... 15
3.2.2 Daten zu Niederschlag und Temperatur des Deutschen Wetterdienstes ... 17
4. Fallstudie Berlin und München ... 19
4.1 Mikromobilität in Berlin und München ... 20
4.2 Auswertung für Berlin und München ... 24
4.2.1 Distanz zwischen Start- und Endpunkt und Fahrtdauer ... 24
4.2.2 Wetter ... 26
4.2.3 Nutzung nach Tageszeit ... 29
4.2.4 Rundfahrten ... 32
4.2.5 Nutzungshotspots ... 35
4.2.6 Räumliche Nutzung nach Fahrtdauer ... 38
4.2.7 Points of Interest ... 41
4.2.8 E-Tretroller und ÖPNV-Erreichbarkeit (nur Berlin) ... 43
4.2.9 Parkzonenalgorithmus ... 50
4.3 Fazit Fallstudie ... 51
4.3.1 Aussagekraft ... 52
4.3.2 Datenschutz ... 53
4.3.3 Zugang ... 54
4.3.4 Effizienz ... 55
5. Ausblick und Empfehlungen ... 56
Literaturverzeichnis ... 63

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Methodischer Ansatz in MaaPS 4
Abbildung 2-2: Visualisierungsbeispiel von Quell-Ziel-Matrizen mittels H3 5
Abbildung 2-3: Exemplarischer Vergleich hierarchischer Raumbezüge 6
Abbildung 2-4: Anwendungsbeispiele mittels verschiedener MDS-Schnittstellen 9
Abbildung 3-1: Zahl der täglichen Fahrten im Beobachtungszeitraum, nach Stadt 13
Abbildung 3-2: Endpunkte pro Hexagon im Beobachtungszeitraum, Berlin 14
Abbildung 3-3: Haltestellen des ÖPNV (schwarz) und Tourismusattraktionen (orange), Startpunkte von Fahrten mit E-Tretrollern (grün) in München 16
Abbildung 3-4: Beispielhaftes ÖPNV-Isochron (grün) der Station S+U Friedrichstraße, Berlin 18
Abbildung 4-1: Durchschnittliche Distanz (gestrichelte Linie) zwischen Start- und Endpunkt in Kilometern 25
Abbildung 4-2 Durchschnittliche Fahrtlänge (gestrichelte Linie) in Minuten 26
Abbildung 4-3 Fahrten pro Stunde in Abhängigkeit von der Temperatur 28
Abbildung 4-4 Fahrten pro Stunde in Abhängigkeit von Niederschlag 29
Abbildung 4-5 Durchschnittliche Fahrten pro Stunde differenziert nach Werktagen und Wochenende 31
Abbildung 4-6: Anteil Rundfahrten nach Tageszeit 34
Abbildung 4-7: Heatmap Endpunkte Berlin (unten inkl. Haltestellen der S- und U-Bahn in Schwarz, touristische Attraktionen in Orange) 36
Abbildung 4-8: Heatmap Endpunkte München (unten inkl. Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs in Schwarz und touristischen Attraktionen in Orange) 37
Abbildung 4-9: Durchschnittliche Länge von Fahrten in Berlin 39
Abbildung 4-10: Durchschnittliche Länge von Fahrten in München 40
Abbildung 4-11: U-Bahnhaltestelle Kottbusser Tor (schwarz) und touristische Attraktionen (orange) in Berlin 41
Abbildung 4-12: In 15 Minuten mit dem ÖPNV und zu Fuß erreichbare Gebiete (grün) 46
Abbildung 4-13: E-Tretrollerfahrten und ÖPNV-Erreichbarkeit. 47
Abbildung 4-14 Beispiel einer algorithmisch-basierten Parkzonenallokation, Strecke pro Fahrt. 51

Abbildung 5-1: Verschiedene Formate für einen H3-basierten Datenaustausch 56
Abbildung 5-2: Datenaustausch über eine zentrale Stelle („trusted third party“) 57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Vergleich von GBFS und MDS 7
Tabelle 3-1: Metainformationen zu den bereitgestellten Mikromobilitätsdaten in MaaPS 12
Tabelle 3-2: Betrachtete Kategorien im OpenStreetMap-Datensatz 15
Tabelle 4-1: Points of Interest in der Nähe von Start- und Endpunkt der Fahrten 42
Tabelle 4-2: Variablen des Logit-Modells 49
Tabelle 4-3: Ergebnisse des Logit-Modells 50
Tabelle 5-1: Vergleich Option 1 und 4 zur Ausgestaltung eines H3-basierten Datenaustauschs 59

1. Einleitung

Mobility-as-a-Service-Konzepte sind im Begriff, den innerstädtischen Verkehr grundlegend zu verändern. Geringere Kosten und das steigende Bewusstsein für die ökologischen Folgen der Kfz-Nutzung schaffen einen Markt für Sharing-Angeboten von E-Autos, Elektro-Fahrrädern und Elektro-Tretrollern (E-Tretroller). Die neuen Verkehrsmöglichkeiten verändern die Verkehrsmittelverteilung (Modal Split). Sie werden sowohl in Konkurrenz als auch komplementär zum bestehenden öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) genutzt. Dies stellt die kommunalen Verwaltungen vor neue Herausforderungen.

Die in einer Stadt vorhandenen Mikromobilitätsanbieter erheben im Rahmen ihrer unternehmerischen Aktivität Nutzungsdaten, welche für die jeweiligen Behörden wichtige Erkenntnisse liefern können. Zum einen könnten sie Städte beim Umgang mit Regelverstößen und Konflikten unterstützen, und zum anderen könnten Mikromobilitätsdaten zur Bewertung größerer Trends genutzt werden. Beispielsweise, um den Beitrag von E-Tretrollern zu einer nachhaltigen Verkehrswende empirisch zu bewerten. Grundsätzlich wird der Mikromobilität ein großes Potenzial zur Stärkung des ÖPNV zugesprochen, insbesondere als Mobilitätsoption auf der ersten und letzten Meile, zur Entlastung bei Stoßzeiten und als Ausweichoption im Falle von Störungen und Verspätungen. Bisher fehlt es allerdings in vielen Städten noch an belastbarer Evidenz zur verkehrlichen Wirkung von E-Tretrollern. Letztendlich können Mobilitätsdaten dabei helfen, ein Verständnis für das Zusammenspiel neuer Mobilitätsangebote und der bestehenden Verkehrsinfrastruktur zu gewinnen und, basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen, Lösungen für eine neue, nachhaltige Mobilität zu entwickeln. Darüber hinaus können Mikromobilitätsdaten Städten dabei helfen, auf der Grundlage von validen empirischen Erkenntnissen zur Nutzung von neuen Mobilitätsformen die bestmöglichen Entscheidungen zum Um- und Ausbau der Verkehrsinfrastruktur zu treffen.

Gegenstand dieser Studie ist die Erforschung und praktische Erprobung eines technischen Ansatzes, welcher die Mikromobilitätsdaten für Stadtverwaltungen nutzbar machen soll. Die gewonnen Erkenntnisse sollen Städten dabei helfen, die aktuellen Herausforderungen im Bereich der Mobilität zu bewältigen.

Zu den wichtigsten Herausforderungen gehört, unter Einhaltung des Datenschutzes, möglichst gehaltvolle Analysen der Nutzungsdaten durchführen zu können und somit deren Nutzungspotenzial zu maximieren. Zudem sollte sichergestellt werden, dass Städte möglichst niedrigschwellig Zugang zu

Auswertungen von Mikromobilitätsdaten bekommen und dass gleichzeitig der bürokratische Aufwand für Mobilitätsanbieter möglichst geringgehalten wird.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie des im Rahmen des Mobilitätsfonds des BMVI (mFUND) geförderten Projekts „Mobility as a Public Service (MaaPS)“ untersucht, inwiefern sich der indirekte Raumbezug H3 zur Aggregation von Mikromobilitätsdaten und damit als technische Lösung für Kommunen anbietet. Am Beispiel der Nutzungsdaten des ehemaligen Mikromobilitätsanbieters Circ wird dieser Ansatz beispielhaft für die Städte München und Berlin erprobt. Hierfür werden die Nutzungsdaten aggregiert, mit verschiedenen anderen Datenquellen verknüpft und ausgewertet. Während die Studie ausschließlich Daten zu E-Tretrollern untersucht, sind die gewonnen Erkenntnisse auf jede Form von Mikromobilität anwendbar.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie ist wie folgt aufgebaut. In Kapitel 2 wird zunächst der technische Ansatz zur Übertragung von Mikromobilitätsdaten vorgestellt. Dabei werden zum einen der indirekte Raumbezug H3 und die Mobility Data Specification als Lösungsansätze präsentiert und zum anderen herausgearbeitet, welche datenschutzrechtlichen Herausforderungen bei der Übertragung von Mikromobilitätsdaten bestehen. Kapitel 3 beschreibt die Datengrundlage der Machbarkeitsstudie. In Kapitel 4 werden die Auswertungsmöglichkeiten des erstellten Datensatzes diskutiert. Die gewonnenen Erkenntnisse zur E-Tretroller-Nutzung in Berlin und München werden anhand von Fallstudien präsentiert. Kapitel 5 fasst die Erkenntnisse der Machbarkeitsstudie zusammen und arbeitet Empfehlungen für die Nutzbarmachung von Mikromobilitätsdaten heraus.

2. Methodischer Ansatz

Zentral für MaaPS ist die Frage, wie Städte, unter Berücksichtigung der Anforderungen des Datenschutzes, das Potenzial von Mikromobilitätsdaten nutzen und gleichzeitig den bürokratischen Mehraufwand minimieren können – letzteres ist dabei auch für die beteiligten Unternehmen von besonderer Relevanz. Im Hinblick auf das Ziel dieser Studie sowie die zugrundeliegenden Herausforderungen werden im Folgenden vier Kriterien definiert, welche durch den technischen Ansatz zur Nutzung der Mobilitätsdaten erfüllt werden sollten:

- Datenschutz: Die übersendeten Daten müssen den vorherrschenden Bestimmungen des Datenschutzes entsprechen. Die erforderliche Anonymisierung kann z.B. durch verschiedene Arten der Aggregation vorgenommen werden – dadurch wird verhindert, dass einzelne Nutzer:innen identifiziert werden können.

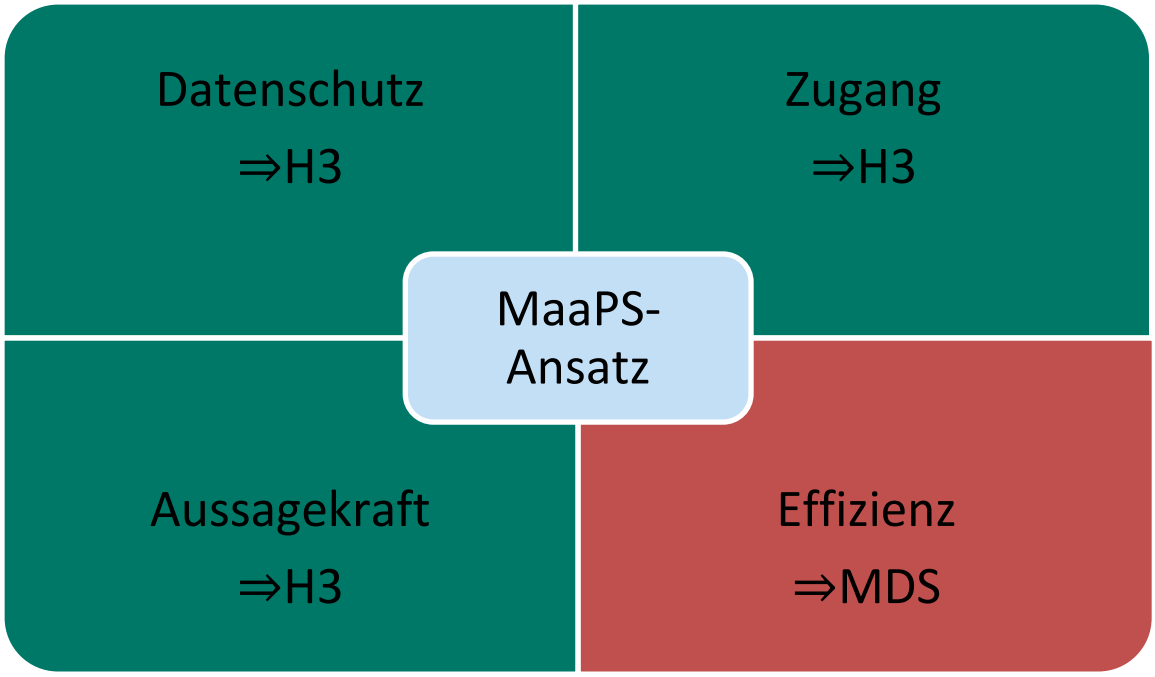
- Aussagekraft: Bei der Aggregation der Daten befindet man sich in einem Trade-off zwischen Datenschutz und Aussagekraft der übermittelten Informationen. Eine zu starke Aggregation mindert die Informationsqualität der Daten, während eine zu schwache Aggregation Gefahr läuft, nicht den Anforderungen des Datenschutzes zu entsprechen.
- Zugang: Die Daten sollten in einem Aggregationsformat vorliegen, welches eine möglichst einfache und schnelle Interpretation der Daten, bspw. durch passende Visualisierungen, zulässt. Ebenso wichtig ist es, das Anspielen anderer Datenquellen bzw. Variablen zu erleichtern.
- Effizienz: Die Aggregation und Übermittlung von Nutzungsdaten ist für Mikromobilitätsanbieter ein betriebswirtschaftlicher Aufwand. Sollten die Anforderungen an die Übermittlungen zu groß sein, könnte die Wirtschaftlichkeit des Mikromobilitätsservice als Ganzes gefährdet werden. Datenübertragungen sollten daher möglichst geringe Kosten beim MaaPS-Anbieter verursachen und zeiteffizient sein.

Allgemein lässt sich jeder methodische Ansatz für die Datenübertragung von Mikromobilitätsanbietern an öffentliche Institutionen dahingehend bewerten, inwieweit dieser den vier Anforderungen genügt. Abbildung 2-1 visualisiert das Zutreffen der jeweiligen Anforderungen. Während die Abbildung die Erfüllung aller Anforderungen darstellt, ist das dadurch entstehende Gleichgewicht in der Praxis fast nicht realisierbar. Dies liegt daran, dass bei der Wahl des Ansatzes Zielkonflikte zwischen den einzelnen Dimensionen entstehen. Beispielsweise würde eine vollkommen zufriedenstellende Aussagekraft der Daten durch eine vollständige Übertragung aller Informationen der Anbieter zu einer nichtbefriedigenden Bewertung in der Dimension des Datenschutzes führen. Insgesamt ist das Ziel des methodischen Ansatzes in MaaPS, die Fläche über alle vier Dimensionen gemeinsam zu maximieren und somit die bestmögliche Bewältigung der Herausforderungen, welche mit der Nutzung der Mobilitätsdaten einhergehen, zu ermöglichen.

Die vorliegende Machbarkeitsstudie MaaPS untersucht die Anwendung des indirekten Raumbezugs H3 zur Aggregation von Mikromobilitätsdaten, um die drei Dimensionen Datenschutz, Zugang und Aussagekraft zu optimieren. Um auch die vierte Dimension (Effizienz) zu berücksichtigen und somit eine technisch zufriedenstellende Nutzung von Mikromobilitätsdaten in der öffentlichen Verwaltung zu ermöglichen, sollte H3 in Kombination mit einer geeigneten Programmierschnittstelle angewendet werden. Da die Implementierung einer neuen Programmierschnittstelle im Rahmen der Machbarkeitsstudie MaaPS nicht möglich und sinnvoll ist, wird auf vorhandene Schnittstellen zurückgegriffen. Im Rahmen der Studie werden Datenschnittstellen, insbesondere die Mobility Data

Specification (MDS), als zu H3 komplementärer technischer Ansatz diskutiert und in die Maßnahmenempfehlungen mit aufgenommen.

Abbildung 2-1:
Methodischer Ansatz in MaaPS



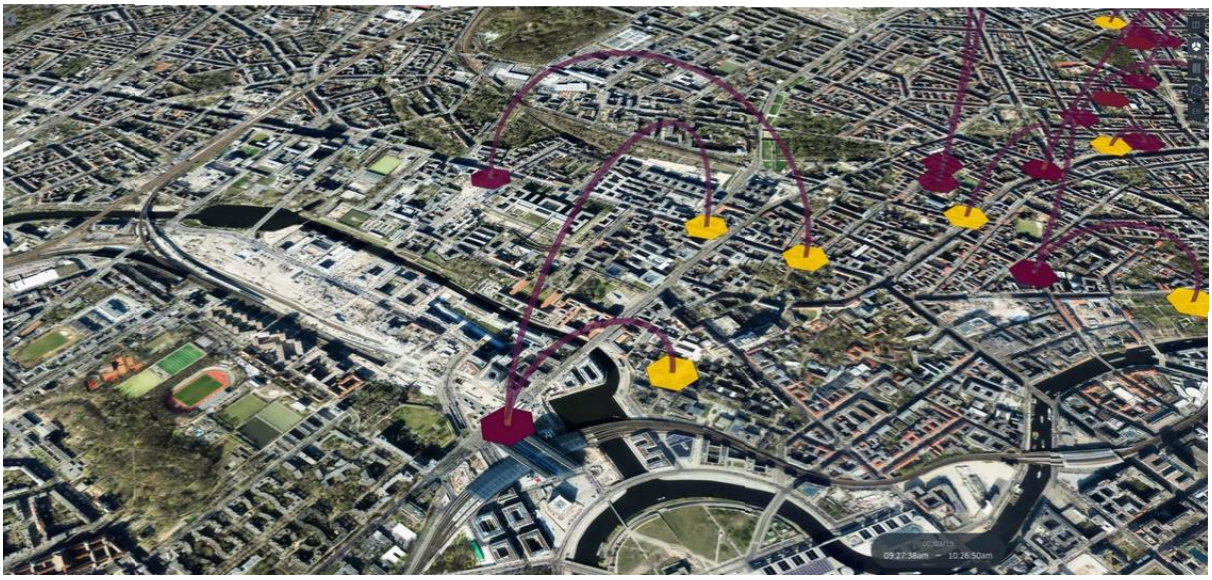
Quelle: DIW Econ.

Im Folgenden werden die Hintergründe der beiden technischen Ansätze in H3 und MDS näher erläutert.

2.1 H3

Mit Hilfe des H3-Systems sollen die Herausforderungen, welche bei der Nutzung von Mobilitätsdaten in Bezug auf Zugang sowie Datenschutzkonformität auftreten, adressiert werden. Vorweg ist festzuhalten, dass es sich bei H3 um ein hierarchisch aufgebautes geographisches Indizierungssystem handelt, welches von Uber entwickelt und seit 2018 als Open Source verfügbar ist (Uber, 2018). Es teilt die Erdkugel in Sechsecke (Hexagone) ein, welche wiederum jeweils in sieben weitere jedoch nicht deckungsgleiche Hexagone zerteilt werden können. Daraus entstehen 16 H3-Ebenen, auch Auflösungen, wobei die größten Hexagone eine Kantenlänge von 1107 km, und die kleinsten von ca. 51 cm aufweisen.

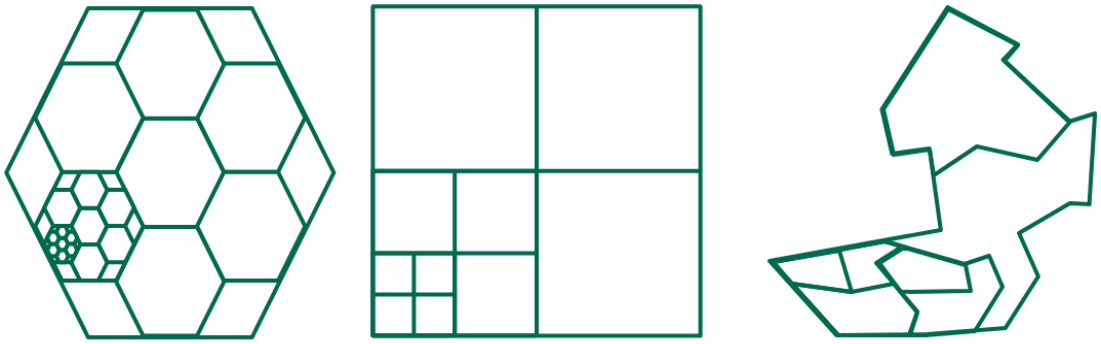
Abbildung 2-2:
Visualisierungsbeispiel von Quell-Ziel-Matrizen mittels H3



Quelle: DIW Econ mit Hilfe von kepler.gl.

Die Vorteile dieses hexagonalen Raumbezugs sind eine schnelle Aggregations- und Distanzberechnung durch effiziente Indexierung, sowie unveränderliche Positionen und Größen der Hierarchieebenen. Allerdings folgt H3 keinem internationalen Standard, erfüllt nicht die Anforderungen des Open Geospatial Consortiums an Interoperabilität und ist nicht direkt kompatibel mit gängigen Gitternetzmodellen (Bondaruk et al., 2019). Darüber hinaus besteht durch die auf Hexagonen basierende Hierarchie die Möglichkeit eines (geringfügigen) Zuordnungsfehlers. Als Alternativen zu H3 existieren sowohl verschiedene gitternetzbasierte Raumbezüge als auch auf örtlichen Gegebenheiten basierende Systeme, z.B. Teilverkehrszellen oder lebensweltlich orientierte Räume (vgl. Abbildung 2-3). Doch auch diese weisen diverse Nachteile auf: Der Vergleich zwischen (a) und (b) auf Abbildung 2-3 verdeutlicht, dass bei Hexagonen aufgrund der zwei zusätzlichen Ecken gegenüber einem Gitternetz die Standortzuordnung mit höherer Präzision vorgenommen werden kann. Daneben besteht bei Teilverkehrszellen (c) die Herausforderung darin, Werte einzelner Teilzellen unterschiedlicher Beschaffenheit miteinander zu vergleichen. Zudem entsteht eine Ungenauigkeit dadurch, dass Flächen mit der Zeit neu aufgeteilt werden – dies sollte insbesondere bei Analysen über einen längeren Zeitraum berücksichtigt werden.

Abbildung 2-3:
Exemplarischer Vergleich hierarchischer Raumbezüge



(a) H3 (b) Gitternetz (c) Verkehrszellen

Quelle: Eigene Darstellung.

Insgesamt bietet die Nutzung von H3 in diesem Projekt dahingehend einen Vorteil, dass es den Mikromobilitätsanbietern ein eindeutiges Referenzsystem gibt, welches von aktuellen örtlichen Gegebenheiten unabhängig ist. Somit vereinfacht H3 die Aggregation von Daten verschiedener Anbieter und eignet sich auch für die Analyse von unterschiedlichen Städten. Zudem ist die Anonymisierung durch die Aggregation über die verschiedenen Ebenen gut steuerbar und anpassungsfähig. H3 sorgt somit für eine Harmonisierung des geographischen Bezugs über die Zeit.

2.2 Datenschnittstellen-Standards

Für die Datenbereitstellung bzw. den Datenaustausch zwischen Mikromobilitätsanbietern und öffentlicher Verwaltung haben sich in den letzten Jahren zwei Schnittstellen-Standards etabliert: die General Bikeshare Feed Specification (GBFS) und die, wie zuvor erwähnte, Mobility Data Specification (MDS). GBFS wurde 2014 in Anlehnung an den Schnittstellenstandard des öffentlichen Personennahverkehrs – dem General Transportation Feed Specification (GTFS) – konzipiert und wird seit 2015 vom US-amerikanischen Bikesharing-Verband NABSA unterstützt. Das Ziel von GBFS ist es, Echtzeitinformationen zum Standort und Verleihstatus eines Gefährts öffentlich zugänglich zu machen, z.B. um eine Integration des Angebots in Drittanwendungen wie Aggregatoren zu vereinfachen. MDS zielt im Gegensatz zu GBFS darauf ab, öffentlichen Verwaltungen, insbesondere mittels historischer Nutzungsdaten, die Steuerung und Überwachung der Einhaltung von gesetzlichen Regelungen zu ermöglichen. Im Gegenzug profitieren Mikromobilitätsanbieter insofern von der Bereitstellung der Daten, als dass diese die aktuellen Regelungen standarisiert zur Verfügung gestellt bekommen. Darüber hinaus besteht langfristig die Möglichkeit einer besseren Einbindung in das Mobilitätskonzept

einer Stadt. Allgemein unterscheiden sich die beiden Ansätze auch hinsichtlich der Einhaltung Datenschutzes: Während GBFS per se Open-Data-konform ist, stellen die detaillierten Analysemöglichkeiten von MDS eine größere Gefahr dar, Nutzer:innen re-identifizieren zu können. Tabelle 2-1 bietet einen Überblick über die Unterschiede von GBFS und MDS.

Tabelle 2-1:
Vergleich von GBFS und MDS

Schnittstelle	GBFS	MDS
Ziel	■ B2C-Apps das Finden und Buchen von Gefährten eines oder mehrerer Mobilitätsanbieter ermöglichen	■ Öffentlichen Verwaltungen die Möglichkeit geben, das Angebot und die Nutzung von geteilten Mobilitätsdiensten zu überwachen und zur weiteren Planung auszuwerten
Zugang	■ Größtenteils öffentlich (open data-konform[2]) ■ Nur Lesezugriff	■ Nur für öffentliche Verwaltungen, allerdings ist MDS auch GBFS-kompatibel ■ Verschiedene APIs ermöglichen eine bi-direktionale Kommunikation
Zeitraum	■ Echtzeit	■ Echtzeit und historische Daten
Unterstützung	■ Stationsbasierte, free-floating und Hybrid-Flotten	■ Free-floating Flotten (Unterstützung von stationsbasierten und Hybrid-Flotten geplant)
Abdeckung	■ Alle Gefährte, die zum Mieten verfügbar, reserviert oder außer Dienst sind ■ Stetig wechselnde Gefährt-IDs	■ Alle Gefährte, die sich im öffentlichen Verkehr befinden (auch die unterwegs oder nicht verfügbar sind) ■ Feste Gefährt-IDs
Datenformat	■ Strukturierte CSV und JSON	■ Authentifizierte JSON APIs

Quelle: Schnuerle und Franklin-Hodge (2021).

Da viele Anwendungsszenarien von Mikromobilitätsdaten in der öffentlichen Verwaltung auf Analysen beruhen, die einen längeren Zeitraum betrachten, bietet sich GBFS durch die Spezialisierung auf

[2] Nach den Kriterien definiert im 'Open-Data Handbuch' des Bundesverwaltungsamts (Bundesverwaltungsamt, 2020).

Echtzeitdaten nur bedingt an. Da die MDS-Schnittstelle auch GBFS-kompatiblen Output generiert und darüber hinaus durch den nicht-öffentlichen Datenzugang ein besseres Risiko-Nutzen-Verhältnis hinsichtlich des Datenschutzes darstellt, wird im Lauf der Machbarkeitsstudie MDS eine zentrale Rolle bei Schnittstellenüberlegungen spielen.

2.2.1 Mobility Data Specification

MDS wurde 2018 vom Los Angeles Department of Transport zur besseren Steuerung des Angebots von Mikromobilitätsdiensten in der Stadt entwickelt. Im November 2019 wurde die Weiterentwicklung der Schnittstelle an die Open Mobility Foundation übergeben. Seitdem haben zahlreiche Stadtverwaltungen weltweit MDS implementiert, in Europa u.a. Zürich, Helsinki, Brüssel, Lissabon, Lyon und Hamburg.

MDS besteht im Kern aus drei Programmierschnittstellen (APIs[3]), welche sich darin unterscheiden, wer im Anbieter-Verwaltungs-Verhältnis welche Informationen abrufen kann: die Provider API, die Agency API und die Policy API. Während sich Provider API und Agency API vor allem darin unterscheiden, ob historische Nutzungsdaten von der öffentlichen Verwaltung bei Bedarf aktiv abgefragt (Provider API) oder von den Mikromobilitätsanbietern in Echtzeit übertragen werden können (Agency API), ermöglicht die Policy API öffentlichen Verwaltungen aktuelle Regularien (z.B. Fahrverbotszonen, Parkzonen und geschwindigkeitsregulierte Bereiche) standardisiert abrufbar zu machen.

Da Echtzeitanalysen vergleichsweise hohe Anforderungen an die IT-Infrastruktur der öffentlichen Verwaltung stellen, findet die Agency API zurzeit wenig Anwendung. Die bereitgestellten Datenmodelle sind jedoch sehr ähnlich mit denen der Policy API und umfassen zwei Konzepte: Fahrten und Statusänderungen. Während über die Fahrten-API überwiegend Informationen zum geographischen und zeitlichen Ablauf individueller Fahrten (u.a. Start- und Endpunkt, gewählte Route, Dauer, Distanz) abgerufen werden können, gibt die Statusänderungs-API Einblicke in den Zustand der jeweiligen Flotte in der Stadt (Open Mobility Foundation, 2019).

Insgesamt ergeben sich daraus unterschiedliche Anwendungsfälle für die APIs – je nach Situation eignet sich eine bestimmte API besser (Abbildung 2-4). Die Open Mobility Foundation führt dazu eine anschaulich aufbereitete Datenbank von MDS-Anwendungsbeispielen (Open Mobility Foundation, o.D.). Beispielsweise könnten sich Anzahl, Lage und Größe designierter Parkzonen in einer Stadt an der Summe der Start- und Endpunkte von Fahrten orientieren sowie an der durch die Einhaltung der

[3] Bei APIs handelt es sich um maschinenkompatible Protokolle (Schnittstellen) zum Datenaustausch.

Parkzonen zusätzlich zurückgelegten Distanzen. Zur Bestimmung einer optimalen Parkzonenallokation wird somit ausschließlich die Statusänderungs-API benötigt (für ein Fallbeispiel dazu siehe Abschnitt 4.2.9).

Abbildung 2-4:
Anwendungsbeispiele mittels verschiedener MDS-Schnittstellen

Quelle: Eigene Darstellung.

2.2.2 Datenschutzaspekte

Wie anfangs verdeutlicht, gehört zu dieser Studie auch die Betrachtung des Datenschutzaspekts. Um die Datenschutzkonformität bestmöglich zu garantieren, werden im Folgenden zunächst die damit zusammenhängenden wichtigsten Herausforderungen identifiziert sowie Richtlinien definiert, welche als Hilfe für die Einhaltung der Datenschutzanforderungen genutzt werden können.

Hamburg gilt deutschlandweit als Vorreiter bei der Nutzbarmachung von Mikromobilitätsdaten. Dort setzt man einerseits auf freiwillige Vereinbarungen mit den E-Tretroller-Anbietern und andererseits für die Datenaufbereitung auf Wunder Mobility (ein 2013 gegründetes Technologie Unternehmen, welches sich auf Mobilitätslösungen fokussiert). Einige Anbieter wie Bird und Tier nehmen aus Datenschutzbedenken nicht daran teil (Bonnen, 2018). Diese kritische Auffassung wird, neben anderen Anbietern wie Uber, auch von der Electronic Frontier Foundation EFF und der amerikanischen Bürgerrechtsvereinigung ACLU vertreten. Letztere hat bspw. im September 2020 eine Klage gegen die Stadt Los Angeles eingereicht, da sie in dem durch MDS ermöglichten GPS-Tracking eine Verletzung des dort geltenden Datenschutzrechts sehen (Hawkins, 2019; ACLU Foundation of Southern California, 2020). Die darin formulierten Hauptbedenken bezüglich MDS sind zum einen, dass mittels der geteilten

Informationen Bewegungsprofile inferiert und damit einzelne Nutzer:innen re-identifiziert werden können (auch wenn nicht direkte Identifikationsmerkmale der Nutzer:innen übermittelt werden). Zum anderen wird durch das Teilen dieser personenbezogenen Informationen die Angriffsfläche für möglichen Datendiebstahl oder unkontrollierte Datenverbreitung vergrößert. Neuere wissenschaftliche Erkenntnisse legen nahe, dass diese Bedenken begründet sind (vgl. Kondor er al., 2020). Dies gilt besonders für regelmäßig wiederholte Fahrten und abgelegene Gegenden, die als statistische Ausreißer am Rande des Einzugsgebietes liegen. Das Problem dabei ist, dass diese eindeutiger einem Grundstück oder einer bestimmten Pendlerstrecke zugeordnet werden können. Zwar wurde die Klage der amerikanischen Bürgerrechtsvereinigung im Februar 2021 von einem U.S. District Court (Bundesbezirksgericht) abgewiesen (Carey, 2021), doch die Bedenken bleiben bestehen, auch in Deutschland (TÜV, 2020).

Um zukünftig die Einhaltung der Datenschutzanforderungen besser zu garantieren, hat die Open Mobility Foundation einen umfangreichen Privacy Guide erstellt (Open Mobility Foundation, 2020). Empfohlene Maßnahmen zum Datenschutz reichen von organisatorischen Aspekten (u.a. Datenminimierung durch die Identifikation anwendungsbezogenen Informationsbedarfs, IT „readiness assessment“ und Transparenzansätze) bis hin zu technischen Möglichkeiten der Risikominimierung (Aggregation, Authentifizierung, Verfremdung). Zusammengefasst lassen sich die Richtlinien auf sechs Fragen herunterbrechen:

- Sind die Fragestellungen präzise und relevant?
- Welche Daten benötige ich zur Beantwortung dieser Fragen und für welchen Zeitraum?
- Können die Fragen auch mit de-identifizierten Daten ausreichend beantwortet werden?
- Ist meine Behörde in der Lage, die Daten sicher zu empfangen, zu speichern und zu verwalten?
- Wer benötigt wie lange und warum Zugriff auf welche Daten?
- Kommuniziere ich mein Unterfangen offen und verständlich?

Allerdings bietet MDS für Entwickler:innen über eine Zusammenstellung von aktuellen Praktiken hinaus keine weitere Handreichung, weshalb die Behandlung des Datenschutzes bei MDS einem Flickenteppich gleicht (Clary et al., 2021). Insgesamt scheint jedoch eine datenschutzkonforme Implementierung von MDS prinzipiell möglich – insbesondere die Aggregation raumbezogener Daten mit H3 könnte eine sinnvolle Umsetzung der Open Mobility Foundation-Richtlinien sein. Wie im Privacy

Guide jedoch verdeutlicht, bedarf jede Umsetzung einer umfassenden Planung. Die Open Mobility Foundation empfiehlt auch deshalb, die Anbieter existierender Mobilitätsanalyse-Lösungen in Betracht zu ziehen (wie bspw. Wunder Mobility), da diese neben der Datenaufbereitung und ansprechenden Visualisierung auch oftmals die Datensicherheit behandeln. Insgesamt kann dadurch die Datenschutzkonformität der MDS-Schnittstelle besser gewährleistet werden und somit das zugrundeliegende Risiko-Nutzen-Verhältnis hinsichtlich des Datenschutzes verbessert werden. Weiterhin muss jedoch berücksichtigt werden, dass aktuelle Datenschutzkonzepte für MDS meist erst bei der API-Abfrage beginnen. Für jegliche Anwendungen davor fehlt es noch an Mechanismen zur Vorbeugung der unsachgemäßen Handhabe, wie z.B. ein Mindestmaß an Verfremdung als standardisierten Vorverarbeitungsschritt bei den Anbietern.

3. Datengrundlage der Machbarkeitsstudie

3.1 Nutzungsdaten der E-Tretroller

Nach der Vorstellung des methodischen Ansatzes und somit des H3 System und der MDS Schnittstelle, befasst sich der folgende Teil mit den in der Machbarkeitsstudie genutzten Daten. Grundlage der vorliegenden Studie bildet die Datenbereitstellung des Mikromobilitätsunternehmens Circ. Der von Juli 2019 bis Februar 2020 in Deutschland aktive Mikromobilitätsanbieter (LMTS Germany GmbH) hat Nutzungsdaten seiner aktiven E-Tretroller erhoben. Der bereitgestellte Datensatz enthält die Fahrten der Monate Juli bis Dezember 2021 nach der Zulassung der E-Tretroller zum Straßenverkehr im Juni 2019 in Berlin und München (vgl. Tabelle 3-1). Der Datensatz umfasst rund 380.000 Fahrten in Berlin und 260.000 Fahrten in München.

Um die Interpretation der Daten zu erleichtern und die Datenschutzkonformität zu gewährleisten, wurden Start- und Endpunkte vor der Weitergabe durch Circ mit Hilfe des innovativen Raumbezugs H3 – ein auf Hexagonen basierendes und von Uber entwickeltes hierarchisches Geosystem zur räumlichen Erschließung (vgl. Abschnitt 2.1) – aggregiert. Alle Nutzungsdaten werden dabei in einem Referenzgitternetz geographischer Sechsecke mit einer Kantenlänge von ca. 66m zugeordnet.[4] Die Aggregation erfolgt in 60-Minuten-Intervallen. Zum Beispiel beinhalten Informationen mit dem

[4] Entspricht H3-Auflösung „10“: https://h3geo.org/#/documentation/core-library/resolution-table .

Zeitstempel *„2019-09-22 13:00:00“* aggregierte Informationen zu den Fahrten auf H3-Ebene 10, die zwischen 13:00:00 und 13:59:59 am 22. September 2019 erfolgten.

Tabelle 3-1:
Metainformationen zu den bereitgestellten Mikromobilitätsdaten in MaaPS

Beobachtungszeitraum	01. Juli 2019 – 31. Dezember 2019
Beobachtungsort	Berlin und München
Anbieter	Circ (seit Januar 2020 Teil von Bird)
Anzahl der Fahrten im Datensatz, je Stadt	Berlin: 384.734, München: 258.713

Notiz: Der erstellte Datensatz ist über die mCLOUD des BMVI frei zugänglich (vgl. Box am Ende dieses Abschnitts).

Quelle: DIW Econ.

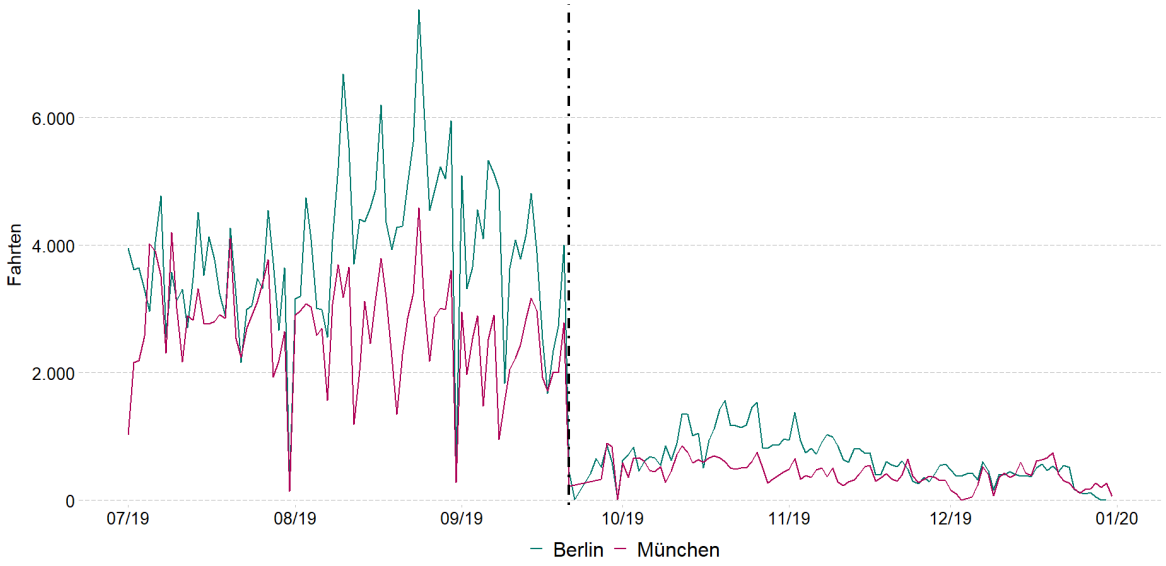
Der MaaPS zugrundeliegende Datensatz hat die Form einer Quelle-Ziel-Matrix und enthält folgende Informationen (Variablenname [Variablentyp]):

- zone_id [string]: die entsprechende Stadt (Berlin oder München)
- start_h3 [string]: Hexagon-ID, in dem die Fahrten gestartet sind
- end_h3 [string]: Hexagon-ID, in dem die Fahrten geendet sind
- date_hour [datetime]: Zeitstempel aggregiert auf die volle Stunde basierend auf dem Start der Fahrt
- n_rides [int]: Anzahl der Fahrten zwischen start_h3 und end_h3 zum Zeitpunkt date_hour
- avg_sec [num]: durchschnittliche Fahrtendauer (in Sekunden)
- avg_km [num]: durchschnittliche Distanz zwischen Start- und Endhexagon (in Kilometern)

Abbildung 3-1 zeigt die im Datensatz erfassten Fahrten im Zeitablauf. Es zeigt sich, dass die tägliche Zahl der Fahrten starken Schwankungen unterliegt und in Berlin zumeist höher liegt als in München. Auffällig ist der Einbruch in Nutzungszahlen während der 38. Kalenderwoche Ende September 2019. Er ist auf eine Rückrufaktion zurückzuführen, bei der nahezu die gesamte Flotte von Circ aufgrund eines Hardware-Updates von der Straße entfernt wurde. Die Wiederaufstellung erfolgte aufgrund von Problemen in der Lieferkette mit signifikanter Verzögerung, wobei sich ab Mitte Oktober vermutlich

auch die abnehmenden Temperaturen auf das Nutzungsverhalten niederschlugen. Durch ersteres wird deutlich, dass die von einem privaten Mobilitätsanbieter bereitgestellten Daten stark von betriebsinternen Prozessen abhängig sein können. Dies sollte bei einer Interpretation der Daten mit Inferenzen für den kommunalen Verkehr berücksichtigt werden.

Abbildung 3-1:
Zahl der täglichen Fahrten im Beobachtungszeitraum, nach Stadt



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis des MaaPS-Datensatzes.

Folgende weitere Punkte sind bei der Betrachtung der Daten zu beachten: Die GPS-Standorte der zugrundeliegenden Daten beinhalten eine Messungenauigkeit. Circ taxiert die mittlere Abweichung des GPS-Signals vom wahren Standort auf ca. 25 Meter. Zudem hat Circ den Datensatz vor der Bereitstellung bereinigt. Fahrten, die nicht weiter als fünf Meter und kürzer als eine Minute waren, wurden entfernt, da sie von Circ als nicht vollwertige Fahrten bewertet werden. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass es sich während des Beobachtungszeitraums um E-Tretroller der ersten Generation handelt, die eine sehr begrenzte Reichweite haben. Dadurch kann von den beobachteten Fahrten nur begrenzt auf die insgesamt bestehende Nachfrage an E-Tretrollern geschlossen werden – es besteht die Möglichkeit, dass die E-Tretroller von Circ nicht die ausreichende Reichweite aufwiesen. Zudem wird die Nutzung von E-Tretrollern räumlich durch den Stadtbereich begrenzt, in dem Circ die aufgeladenen Roller tatsächlich abgestellt hat.

Abbildung 2-1Abbildung 3-2 illustriert am Beispiel Berlins die räumliche Aggregation der Fahrtdaten über H3-Hexagone. Beschreibung und Interpretation der zugrundeliegenden Nutzungsmuster erfolgen in Kapitel 4.

Abbildung 3-2:
Endpunkte pro Hexagon im Beobachtungszeitraum, Berlin

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis des MaaPS-Datensatzes und OpenStreetMap.

Der in Abschnitt 3 beschriebene MaaPS-Datensatz – inkl. den Verknüpfungen mit anderen Datenquellen (siehe Abschnitt 3.2) – steht auf der Datenplattform mCLOUD des BMVI zum Download zur Verfügung unter https://mcloud.de/web/guest/suche/-/results/detail/51661C47-30C4-4B4B-8C1D-F339C02B15FB.

Weitere Informationen unter: www.mcloud.de

3.2 Weitere Datensätze

Um die Fahrten in einen räumlichen Kontext zu setzen und die Nutzungsdaten besser verstehen zu können, bspw. um auf Wettergegebenheiten und alternative Fortbewegungsmittel gesondert eingehen zu können, wurde der in Abschnitt 3.1 beschriebene Mikromobilitätsdatensatz durch zusätzliche Informationen ergänzt, die unter einer Open-Data-Lizenz stehen. Das Verbinden der

Datensätze erfolgte ausschließlich über den Zeitstempel bzw. den entsprechenden H3-Raumbezug, wobei, wenn möglich, eine dynamische Datenintegration mittels API unternommen wurde.

3.2.1 Ortsinformationen von OpenStreetMap

Informationen zu lokalen Gegebenheiten wurden vom Geodaten-Projekt OpenStreetMap (OSM) mittels der öffentlich zugänglichen Overpass-API[5] und mittels vier Kategorien (Tourismus, ÖPNV, Gastronomie und Shopping) in den Datensatz integriert. Mit Hilfe dieser Kategorien ist es Nutzer:innen des Datensatzes möglich, für den Typ des urbanen Umfelds bei der Untersuchung des Nutzungsverhaltens zu kontrollieren. Tabelle 3-2 zeigt eine Übersicht der Kategorien sowie der dazugehörigen Elemente.

Tabelle 3-2:
Betrachtete Kategorien im OpenStreetMap-Datensatz

Tourismus (BER = 439, MUC = 323)	ÖPNV (BER = 3.212, MUC = 1.162)
☐ Sehenswürdigkeit ☐ Museum ☐ Aquarium ☐ Zoo	☐ Haltestellen (Bus, Tram, Metro, S- & U-Bahn)
Gastronomie (BER = 8.763, MUC = 3.497)	**Shopping (BER = 1.722, MUC = 723)**
☐ Bar ☐ Pub ☐ Eis ☐ Biergarten ☐ Café ☐ Restaurant	☐ Supermarkt ☐ Drogerie ☐ Shoppingcenter ☐ Einzelhandelsmarkt

Notiz: BER: Berlin, MUC: München. In Klammern ist die Häufigkeit der jeweiligen Merkmale in Berlin und München angegeben.

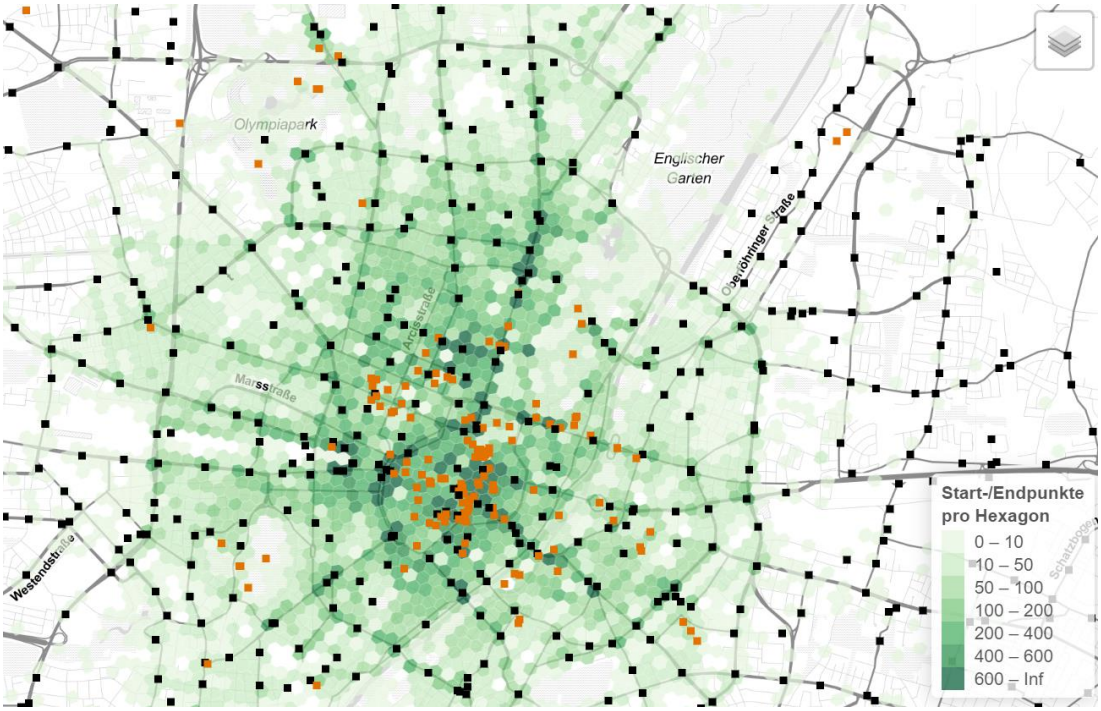
Quelle: OpenStreetMap (2021).

Die hier aufgelisteten Kategorien und die dazugehörigen Elemente stellen eine Auswahl dar, die nach Ermessen des Projektteams die wichtigsten auf OSM verzeichneten räumlichen Bezugspunkte im Zusammenhang mit Mikromobilität abdecken. OSM-Objekte wurden anhand ihrer geographischen Mittelpunkte den entsprechenden Hexagonen zugeordnet. Die OSM-Informationen ermöglichen es

[5] https://overpass-turbo.eu/

beispielsweise zu untersuchen, wie viele Start- bzw. Endpunkte von E-Tretrollerfahrten in der Nähe einer ÖPNV-Haltestelle liegen und so das Nutzungsverhalten im Kontext wichtiger städtischer Raumpunkte besser zu verstehen. In Abbildung 3-3 wird am Beispiel von München die Verteilung einiger solcher Elemente dargestellt.

Abbildung 3-3:
Haltestellen des ÖPNV (schwarz) und Tourismusattraktionen (orange), Startpunkte von Fahrten mit E-Tretrollern (grün) in München



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis des MaaPS-Datensatzes und OpenStreetMap.

Anhand der Zuordnung von lokalen Elementen zu den Start- und Endhexagonen können Fahrttypen identifiziert werden; z.B. eine Fahrt von ÖPNV- zu ÖPNV-Hexagon. Die Häufigkeitsverteilung dieser Fahrtentypen können anschließend in Hinsicht auf sich zeitlich ändernde Aspekte, wie das Wetter, untersucht werden (vgl. Auswertungen in Abschnitt 4).

3.2.2 Daten zu Niederschlag und Temperatur des Deutschen Wetterdienstes

Als weitere zusätzliche Datenquelle wurden Wetterdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in den Datensatz integriert. Der Zugriff erfolgte dynamisch über die Opendata API des DWD[6] mit Hilfe des Python-Moduls 'wetterdienst' [7]. Entsprechend wurden für den Beobachtungszeitraum die stündlichen und täglichen Wetterinformationen zu bodennaher Temperatur (°C) und Niederschlagsmenge (kg/m^2) abgefragt und über alle Wetterstationen im Stadtgebiet von Berlin und München gemittelt.

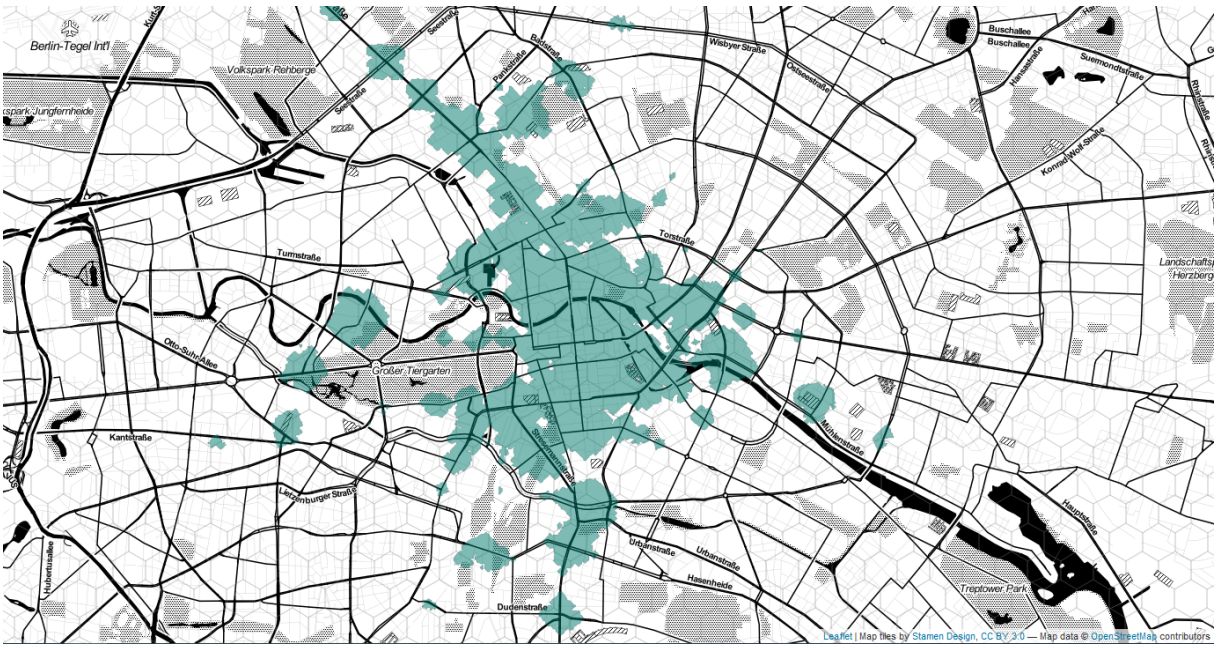
3.2.3 Erreichbarkeitsinformationen des ÖPNV

Um zu untersuchen, inwieweit E-Tretroller als Ersatz oder in Ergänzung zum ÖPNV-Angebot genutzt werden, wurde auf Ergebnisse des mFund-Projekts ally Mobility Analytics Platform (allyMAP) zurückgegriffen (BMVI, o.D.). Basierend auf einer hexagonalen Darstellung des Berliner Stadtgebiets hat die Door2Door GmbH für den allyMAP-Datensatz mittels GTFS-Daten des Verkehrsverbunds Berlin-Brandenburg sogenannte „Multipolygon-Geometrien" erstellt. Sie stellen den Bereich dar, der ausgehend vom jeweiligen Hexagon innerhalb von 15 Minuten mit dem ÖPNV erschlossen werden kann und basieren auf einer Abfahrtszeit von 9:00 Uhr morgens an einem durchschnittlichen Montag im Jahr 2019.

Für die Zusammenführung mit den E-Tretroller-Fahrtdaten wurden die allyMAP-Daten ebenfalls auf Ebene 10 der H3-Systematik aggregiert. Abbildung 3-6 zeigt am Beispiel des Bahnhofes Friedrichstraße, wie die allyMAP-Daten verwendet werden können.

[6] https://opendata.dwd.de/
[7] https://pypi.org/project/wetterdienst/

Abbildung 3-4:
Beispielhaftes ÖPNV-Isochron (grün) der Station S+U Friedrichstraße, Berlin



Quelle: Eigene Berechnung auf Basis der MaaPS- und allyMAP-Datensätze und OpenStreetMap.

4. Fallstudie Berlin und München

Um die Anwendbarkeit der Aggregation der E-Tretrollerdaten und die Verknüpfung mit anderen Datenquellen zu überprüfen und in einer praktischen Anwendung zu erproben, wurde im Rahmen einer Fallstudie die E-Tretrollernutzung in Berlin und München untersucht. Ziel der Fallstudie ist es, mit einer explorativen Analyse beispielhaft aufzuzeigen, welche Auswertungsmöglichkeiten die im Rahmen von MaaPS generierten und neu zusammengeführten Daten bieten.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der empirischen Analyse des im Rahmen von MaaPS erstellten Datensatzes für die beiden Städte vorgestellt. Um den Kontext herzustellen, in dem die Datenauswertung erfolgt, wird zunächst umrissen, wie die Städte Berlin und München mit E-Tretrollern als neuem Verkehrsmittel umgehen, welche Fragen im Zusammenhang mit Mikromobilität aktuell in den beiden Städten diskutiert werden und wie sich der Austausch der Städte mit den Anbietern von E-Tretrollern zu Datenfragen gestaltet (Kapitel 4.1). Dazu wird auf bestehende Literatur und Expert:innengespräche mit den beiden Städten zurückgegriffen. Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde im Dezember 2020 je Stadt ein Gespräch mit der für E-Tretroller zuständigen Stelle in der Verkehrsverwaltung und dem MaaPS-Projektteam geführt.

Im nächsten Schritt (Kapitel 4.2) werden die empirischen Analysen des in Kapitel 3 beschriebenen Datensatzes vorgestellt. Ausgehend von den Variablen im Datensatz wurden zunächst deskriptive Analysen erstellt, wobei zahlreiche Auswertungsdimensionen (z.B. räumlich, zeitlich, univariat, bivariat) betrachtet wurden. Darauf aufbauend wurden in einem mehrstufigen Auswertungsprozess Muster und Auffälligkeiten identifiziert und explorativ für die Generierung von neuen Hypothesen genutzt. Ziel dieses iterativen Vorgehens ist es, beispielhaft Antworten auf die Fragestellungen zu finden, die für die Städte von Relevanz sind und gleichzeitig die zugrundeliegenden Muster in den Daten zu erkennen und zu verstehen.

Derweil muss beachtet werden, dass die Ergebnisse nicht als repräsentativ für die gegenwärtige Nutzung von E-Tretrollern in Berlin und München, geschweige denn in anderen Kommunen interpretiert werden dürfen. Gründe hierfür sind u.a., dass der Beobachtungszeitraum fast zwei Jahre zurück liegt und aus einer Phase stammt, in der E-Tretroller noch ein Novum darstellten. Im Beobachtungszeitraum war das Mobilitätssystem der E-Tretroller noch nicht „eingeschwungen“. Dies Interpretationshürde tritt auch bei Untersuchung anderer zum Untersuchungszeitpunkt relativ neuer Mobilitätssysteme auf (Rabenstein, 2015). Das Nutzungsverhalten lässt somit vielmehr Rückschlüsse über die Einführung eines neuen Verkehrssystems zu als über den Zustand von E-Tretrollern im Jahr

2021. Darüber hinaus können die Daten stark von betriebsinternen Prozessen der jeweiligen Anbieter beeinflusst sein – dies wurde in Kapitel 3 am Beispiel des Einbruchs von Nutzungszahlen im Zuge einer Rückrufaktion gezeigt. Ein weiterer Grund, warum die in der Fallstudie diskutierten Ergebnisse nicht verallgemeinert werden sollten, ist der Fakt, dass der mittlerweile erhöhte Wettbewerb zwischen den Anbietern und die aktuell veränderte Situation durch Covid-19 das ganze Verkehrssystem grundlegend verändert haben dürften. Entsprechend sind die nachfolgenden Analysen und Inferenzen nur im historischen Kontext zu verstehen. Der Schwerpunkt der vorliegenden Auswertung liegt nicht auf den konkreten inhaltlichen Ergebnissen, sondern auf den Schlussfolgerungen zur Anwendbarkeit des technischen Ansatzes (vgl. Kapitel 5).

4.1 Mikromobilität in Berlin und München

Seit im Juni 2019 die Nutzung von Elektrokleinstfahrzeugen im Straßenverkehr zugelassen wurde, hat sich das Angebot von E-Tretrollern in deutschen Städten dynamisch entwickelt.[8] Auch in Berlin und München nehmen Elektrokleinstfahrzeuge inzwischen eine deutlich sichtbare Rolle im Verkehrsgeschehen ein. In Berlin standen zeitweise bis zu 15.000 E-Tretroller von Sharinganbietern zur Verfügung, wobei das Angebot saisonal schwankt (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2020a). In München waren im Dezember 2020 fünf verschiedene Anbieter von E-Tretrollern aktiv.

Das Aufkommen eines neuen Verkehrsmittels in großer Zahl ist mit hohem Regulierungsbedarf und -aufwand für Städte verbunden. Dabei stellt sich zunächst die grundlegende Frage, ob das Bereitstellen von E-Tretrollern unter die Sondernutzung oder den Gemeingebrauch öffentlicher Flächen fällt. In den untersuchten Städten Berlin und München gibt es hierzu unterschiedliche Auffassungen.

Regulierung von Mikromobilität

In Berlin wurde zunächst nicht, wie in vielen anderen Städten, auf freiwillige Selbstverpflichtungen zwischen Stadt und Mikromobilitätsanbietern gesetzt. Den Anbietern wurden Hinweise und Regelungen mit dem Schwerpunkt auf behinderungsfreies Abstellen der Fahrzeuge an die Hand gegeben. Darüber hinaus legte die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz im Herbst 2020 einen Referentenentwurf für eine Änderung des Berliner Straßengesetzes vor. Der Referentenentwurf beinhaltet Regelungen für das sondernutzungspflichtige Anbieten von

[8] Die Nutzung von Elektrokleinstfahrzeugen, die bestimmten Voraussetzungen entsprechen, ist seit dem 15. Juni 2019 mit Inkrafttreten der Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung gestattet.

stationslosen Mietfahrzeugen. Berlin möchte damit die Mikromobilitätsangebote stärker in Richtung seiner verkehrs-, umwelt- und ordnungspolitischen Zielen entwickeln. Dass Berlin diesen Weg einschlägt, hängt auch damit zusammen, dass die Situation in der Stadt extrem dynamisch ist und Berlin stark von nationalen und internationalen Mobilitätsanbietern frequentiert wird. Hier reichen unverbindliche Vereinbarungen zur Steuerung des Angebots und Vermeidung von Behinderungen anderer Verkehrsteilnehmer:innen nicht aus. Welche Anforderungen zukünftig an die Anbieter gestellt werden, wird in einem Anforderungs- und Evaluationskonzept unter Einbeziehung der Anbieter erarbeitet werden. Es ist geplant, regelmäßig Daten der Angebote zur Evaluation der Zielerreichung auszuwerten.

Im Vergleich zu Berlin, setzt die Stadt München in der Zusammenarbeit mit E-Tretrolleranbietern auf Freiwilligkeit und das Eigeninteresse der Anbieter, mit der Stadt zusammenzuarbeiten. Die Nutzung von E-Tretrollern wird als Gemeingebrauch öffentlicher Flächen angesehen und nicht als Sondernutzung. Den E-Tretrollern wird zugesprochen, dass sie einen Beitrag zur nachhaltigen Mobilität, Vielfalt, Willkommenskultur und zum Tourismus leisten können. Des Weiteren spricht aus Sicht der Stadt auch die unklare Rechtslage mit Blick auf eine mögliche Verpflichtung der Anbieter für dieses Vorgehen.[9] Eine kooperative Zusammenkunft mit den Anbietern wird angestrebt, die durch freiwillige Selbstverpflichtungen der Anbieter bekräftigt wird. Im Rahmen der freiwilligen Selbstverpflichtungen haben die Anbieter zugesagt, Basisdaten an die Stadt liefern, z.B. zur Zahl der Fahrzeuge und Fahrten sowie zur Fahrtdauer.

Erkenntnisinteresse zur Mikromobilität

Insgesamt sind beide Städte im Austausch mit Anbietern von Mikromobilität und erhoffen sich durch einen verbesserten Zugang zu Nutzungsdaten von E-Tretrollern verschiedene Erkenntnisse. Einerseits versprechen sie sich durch den Zugang zu Nutzungsdaten von E-Tretrollern eine verbesserte Handhabe im Umgang mit Regelverstößen und Konflikten. So benötigen E-Tretroller im Vergleich zum Kfz-Verkehr zwar vergleichsweise wenig Platz, sorgen aber oftmals für Unmut. Probleme bereiten in erster Linie das behindernde Abstellen der E-Tretroller auf Gehwegen, das Fahren auf Gehwegen und die meist dadurch entstehenden Unfälle. Trotz Gegenmaßnahmen, wie z.B. einer verbesserten Kommunikation der Verkehrsregeln durch die Anbieter, gehen in beiden Städten viele Beschwerden über

[9] Auf kommunaler Seite herrscht teilweise Unsicherheit, in welcher Form die stationslosen Systeme reguliert werden können. Ein wesentlicher Grund hierfür liegt in einem Beschluss des Oberverwaltungsgerichts (OVG) Hamburg, der aus einem Rechtsstreit zwischen einem Leihradanbieter und der Hansestadt Hamburg im Jahr 2009 hervorging.

Regelverstöße im Rahmen der E-Tretrollernutzung ein, deren Bearbeitung und Kontrolle mit großem Ressourceneinsatz verbunden ist. Ein verbesserter Zugang zu Nutzungsdaten von E-Tretrollern soll, so die Hoffnung in Berlin und München, die Kontrolle von Regelverstößen erleichtern.

Zum anderen geht es den Städten darum, den Beitrag von E-Tretrollern zu einer nachhaltigen Verkehrswende zu bewerten. Entsprechend gehört zu den wichtigsten Erkenntnissen dieser Studie die Erschießung einer Quelle zur Generierung von Evidenz zur verkehrlichen Wirkung von E-Tretrollern. Grundsätzlich wird der Mikromobilität ein großes Potenzial zur Stärkung des ÖPNV zugesprochen, insbesondere als Mobilitätsoption auf der ersten und letzten Meile, zur Entlastung in Spitzenzeiten und als Ausweichoption im Falle von Störungen und Verspätungen.[10] In beiden Städten wurde bisher jedoch noch nicht umfassend untersucht, welche Verkehrsmittel tatsächlich durch E-Tretroller ersetzt werden und welche Verkehrsmittel in Kombination mit dem E-Tretroller genutzt werden. Vor dem Hintergrund dieser Fragen führt die Stadt München aktuell eine Evaluation der verkehrlichen Wirkung von E-Tretrollern durch – auch in Berlin wird dazu aktuell ein Evaluationskonzept erarbeitet.

Letztendlich verfolgen die Städte das Ziel, ein Verständnis für das Zusammenspiel neuer Mobilitätsangebote und der bestehenden Verkehrsinfrastruktur zu gewinnen. Basierend auf diesen Erkenntnissen sollen Lösungen für eine neue, nachhaltige Mobilität entwickelt werden. Entscheidungen zum Um- und Ausbau der Verkehrsinfrastruktur sollen auf Grundlage valider Daten getroffen werden. So haben die Städte begonnen, in Gebieten mit hohem E-Tretroller-Aufkommen Parkzonen außerhalb von Gehwegbereichen zu schaffen. Zudem werden zunehmend Parkverbotszonen eingerichtet, in denen ein Abstellen von E-Tretrollern nicht mehr möglich ist. Auch die Verkehrsbetriebe können von einem verbesserten Datenzugang profitieren. Sowohl in München als auch in Berlin verknüpfen sie ihre Angebote bereits mit neuen Mobilitätsangeboten. E-Tretroller von zwei Anbietern können in München direkt in der „MVG more“- App ausgeliehen werden. Auch in Berlin können die E-Tretroller von zwei Anbietern direkt über die „Jelbi“-App gebucht und bezahlt werden. Mit der App „Jelbi“ macht die Berliner Verkehrsgesellschaft (BVG) ihr ÖPNV-Angebot gemeinsam mit unterschiedlichen Mobilitätsdienstleistungen auf einer Plattform zugänglich. Darüber hinaus werden die Angebote auch physisch in Form von Mobilitätsstationen gebündelt.

[10] So verweist auch die Begründung der Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung auf die Nachhaltigkeitsaspekte der elektrischen Kleinstfahrzeuge, insbesondere durch die Steigerung der „Mobilität von Bürgern auf dem Land und in Städten“ sowie der Möglichkeit, „Strecken von und zum öffentlichen Nahverkehr“ zu überbrücken.

Datenaustausch zwischen Stadt und Mikromobilitätsanbietern

In beiden Städten zeigen sich die Anbieter von Mikromobilität grundsätzlich kooperativ, was die Bereitstellung von Nutzungsdaten angeht. Wenn es jedoch um die Bereitstellung konkreter und aussagekräftiger Daten geht, verlief der Austausch sowohl in Berlin als auch in München schwerfällig. In Berlin konnten beispielsweise wichtige Grundfragen, z.B. zur Anzahl und Art der Fahrzeuge auf den Straßen, nicht vollständig geklärt werden. Auch in München verläuft der Datenaustausch zwischen der Stadt und den Mobilitätsanbietern nicht reibungslos. In München besteht nur zu zwei der insgesamt fünf Anbieter ein regelmäßiger Austausch und mit nur einem Anbieter ist der Kontakt eng.

In Berlin ist angedacht die Anbieter von Mikromobilität zukünftig zur Datenbereitstellung zu verpflichten. Welche Anforderungen an die Anbieter gestellt werden, wird unter Einbeziehung der Anbieter geregelt werden. In diesem Zusammenhang ist auch von Bedeutung, dass in Berlin eine neue Verkehrsdateninfrastruktur aufgebaut wird. So hat die Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz im Mobilitätsbeirat den Referentenentwurf „Neue Mobilität“ als Ergänzung des Berliner Mobilitätsgesetzes vorgelegt. Darin ist vorgesehen, verkehrsrelevante Daten zukünftig auf einer neutralen, öffentlich zugänglichen Online-Plattform bereitzustellen (Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz, 2020b).

Die Stadt München ist momentan dabei, mit Hilfe eines externen Dienstleisters eine Kennzahlen-Übersicht aufzubauen, um E-Tretrollerdaten zukünftig in Echtzeit auswerten zu können. Die Plattform der Stadt Hamburg in Kooperation mit Wunder Mobility wird hier zum Vorbild genommen. Allerdings muss beachtet werden, dass aktuell seitens der Mikromobilitätsanbieter noch starke Hemmungen bestehen, detaillierte Daten in Echtzeit an die Stadt zu übermitteln. Ziel der Stadt München ist, dass die Verwaltung automatisiert und in Echtzeit darauf hingewiesen wird, falls Regeln gebrochen werden. Vorzugszonen sowie allgemein Verbotszonen sind in der geplanten Kennzahlen-Übersicht bereits eingepflegt. Perspektivisch soll diese Übersicht genutzt werden, um geeignete neue Zonen zu identifizieren und an die Anbieter zu kommunizieren. Für Veranstaltungen sollen beispielsweise temporäre Sperrflächen erstellt werden. Im Gegensatz zu Berlin plant München derzeit keinen verpflichtenden Datenaustausch mit Mikromobilitätsanbietern.

Bei der Weitergabe von Daten von Mobilitätsanbietern an die Stadt gilt es, zentrale Fragen in Bezug auf den Datenschutz zu klären. Dabei muss insbesondere die gewählte Aggregationsebene der Daten geklärt werden. Die Herausforderung besteht darin, einen Detailgrad zu erreichen, welcher wertvolle Erkenntnisse ermöglicht und gleichzeitig einen Anonymitätsgrad zu behalten, welcher den Datenschutz der Nutzer:innen gewährleistet. Aus Sicht der Stadt München wäre es beispielsweise

besonders wünschenswert, in der Kennzahlen-Übersicht möglichst die Daten zu jedem einzelnen Fahrzeug abzubilden. Für die Datenschutzkonformität müsste gleichzeitig sichergestellt sein, dass einzelne Fahrten nicht eindeutig identifizierbar sind. Eine Herausforderung ist hierbei unter anderem der Umgang mit dem Zeitstempel von Ausleihvorgängen, anhand dessen Fahrten potenziell identifiziert werden können.

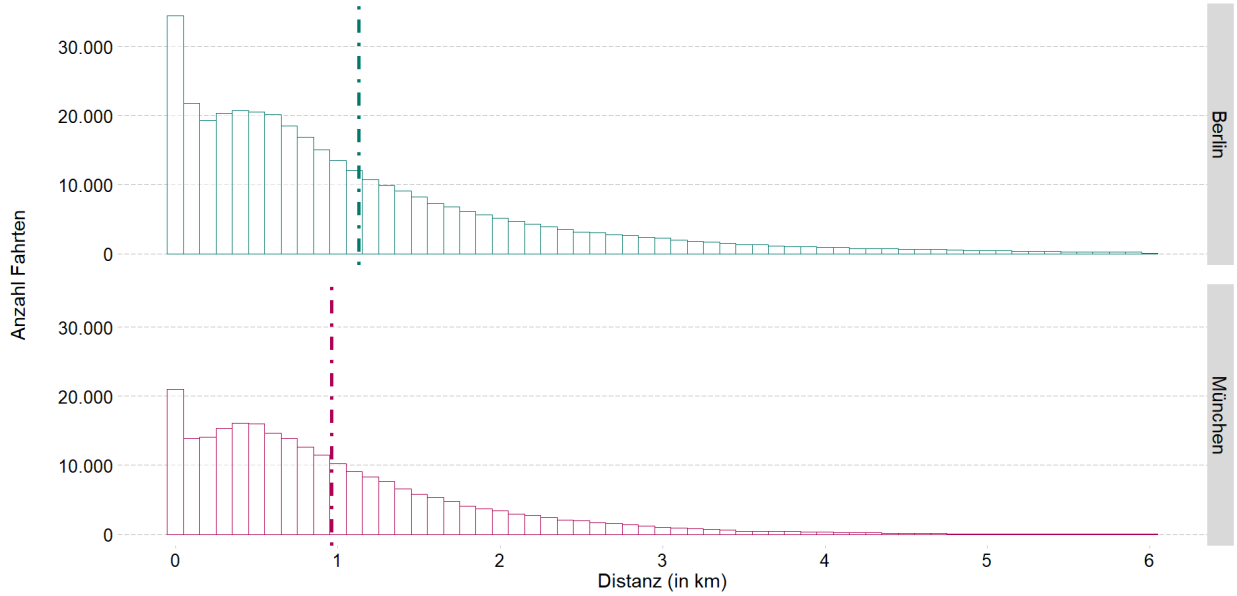
4.2 Auswertung für Berlin und München

4.2.1 Distanz zwischen Start- und Endpunkt und Fahrtdauer

E-Tretroller werden im untersuchten Zeitraum genutzt, um überwiegend kurze Distanzen zurückzulegen (vgl. Abbildung 4-1). Die Distanz misst die Entfernung zwischen Start- und Endpunkt einer Fahrt, nicht die tatsächliche Länge der zurückgelegten Fahrt. Die durchschnittliche Distanz zwischen Start- und Endpunkt einer Fahrt beträgt 1,1 km (Berlin) bzw. 1,0 km (München). Bei der Hälfte der Fahrten in Berlin ist die Distanz zwischen Start- und Endpunkt einer Fahrt kürzer als 770 m bzw. in München 730 m. Es fällt auf, dass Fahrten für sehr kurze Distanzen unter 300 m relativ häufig vorkommen. Sie machen sowohl in München als auch in Berlin rund ein Viertel aller Fahrten aus. Eine Erklärung dafür ist, dass E-Tretroller häufig für Rundfahrten genutzt wurden (siehe Abschnitt 4.2.5). Da die beobachteten Fahrten kurz nach der Einführung von E-Tretrollern im Straßenverkehr stattfanden, können auch kurze Testfahrten eine Rolle spielen.

Werden Fahrten ausgeschlossen, bei denen Start- und Endpunkt im selben oder benachbarten Hexagon liegen, erhöht sich die mittlere, mit E-Tretrollern zurückgelegte Distanz auf 1,4 km in Berlin und 1,2 km in München. Unter dieser Einschränkung gilt, dass bei der Hälfte aller Fahrten in Berlin eine Distanz größer als 1,0 km zurückgelegt wird, in München sind es 960 m.

Abbildung 4-1:
Durchschnittliche Distanz (gestrichelte Linie) zwischen Start- und Endpunkt in Kilometern

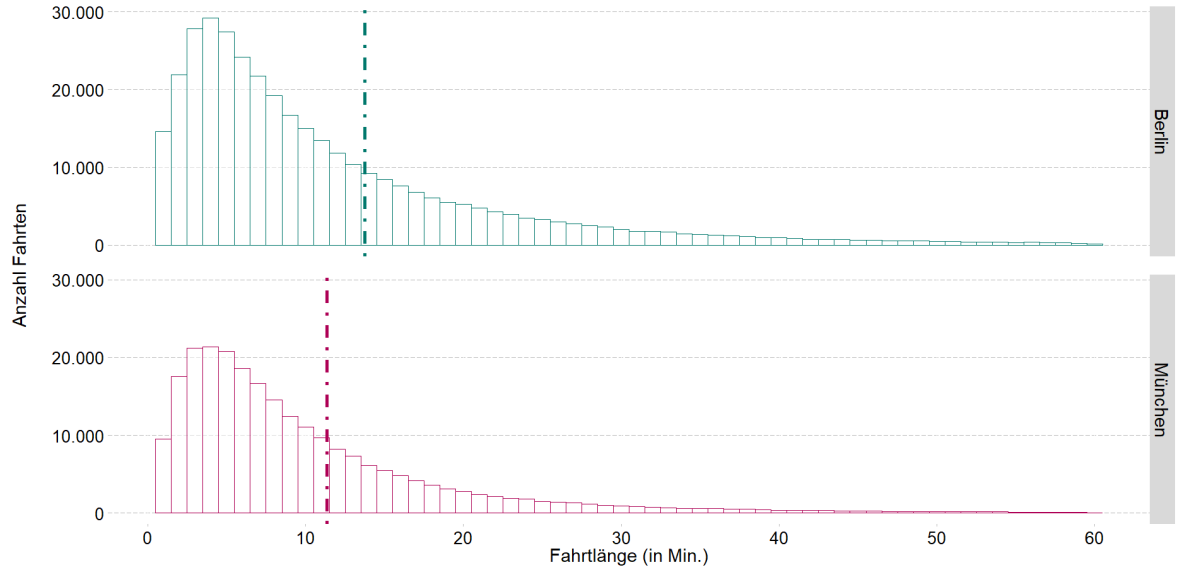


Notiz: Fahrten länger als 30 Sekunden, Werte über 6 km sind nicht dargestellt.

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung auf Basis der MaaPS-Daten.

Entsprechend der Distanzen zwischen Start- und Endpunkten ist die Fahrtdauer jeweils kurz (vgl. Abbildung 4-2). Die durchschnittliche Fahrtdauer liegt bei 11 Minuten in München. 50 Prozent aller Fahrten sind dort kürzer als 7 Minuten. In Berlin beträgt die durchschnittliche Fahrtdauer 14 Minuten. Die Hälfte aller Fahrten ist kürzer als 8 Minuten.

Abbildung 4-2
Durchschnittliche Fahrtlänge (gestrichelte Linie) in Minuten



Notiz: Fahrten länger als 30 Sekunden, Werte über 60 Minuten sind nicht dargestellt

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung auf Basis der MaaPS-Daten.

Die Ergebnisse zu Distanz und Fahrtdauer können mit einer Auswertung von Civity (2019) verglichen werden, in der das Angebot der größten E-Tretrolleranbieter in verschiedenen deutschen und europäischen Städten im September 2019 untersucht wird. Auch dort zeigt sich, dass E-Tretroller für Kurzdistanzen eingesetzt werden. Die durchschnittliche Weglänge mit dem E-Tretroller beträgt in deutschen Städten je nach Anbieter zwischen 1,75 und 1,96 km. Da für die Berechnung über ein Wegenetz die tatsächliche Weglänge approximiert wurde, sind die Werte deutlich höher als die oben dargestellte Distanz zwischen Start- und Endpunkt und somit nicht direkt vergleichbar.

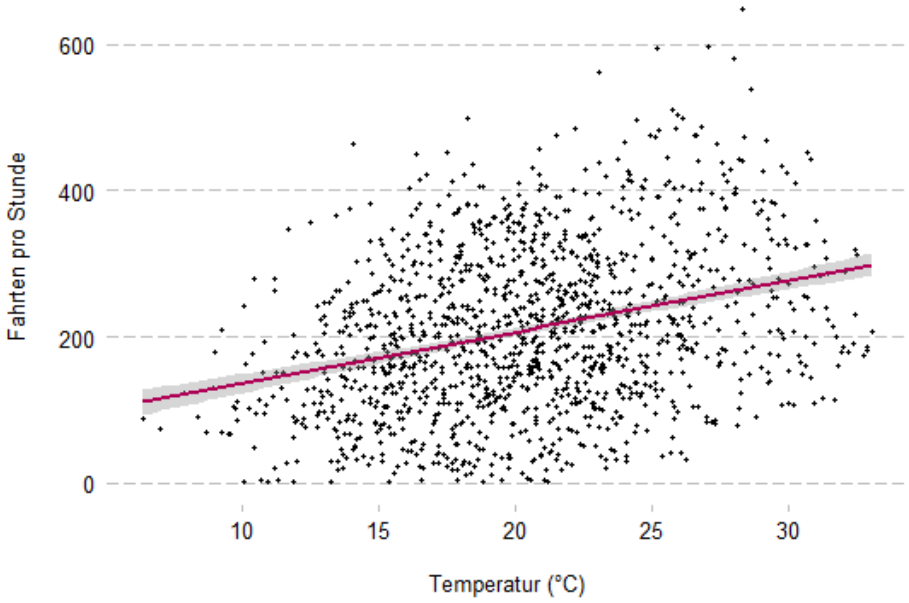
4.2.2 Wetter

Natürlich hatte im Beobachtungszeitraum zwischen Juli und September 2019 auch die Wetterlage einen großen Einfluss auf das Nutzungsverhalten: Zwischen 7 und 23 Uhr, dem Hauptnutzungszeitraum der E-Tretroller, erreichten die Temperaturen zumeist Werte zwischen 15 und 25 °C und fielen nur sehr selten unter 10 °C (vgl. Abbildung 4-3). Darüber hinaus regnete es nur selten in diesem Zeitraum. Insgesamt wurde Niederschlag in Berlin und München im Beobachtungszeitrum in 7 bzw. 14 Prozent aller Stunden gemessen. Die Wetterbedingungen für die Nutzung von E-Tretrollern waren im Beobachtungszeitrum somit überdurchschnittlich gut.

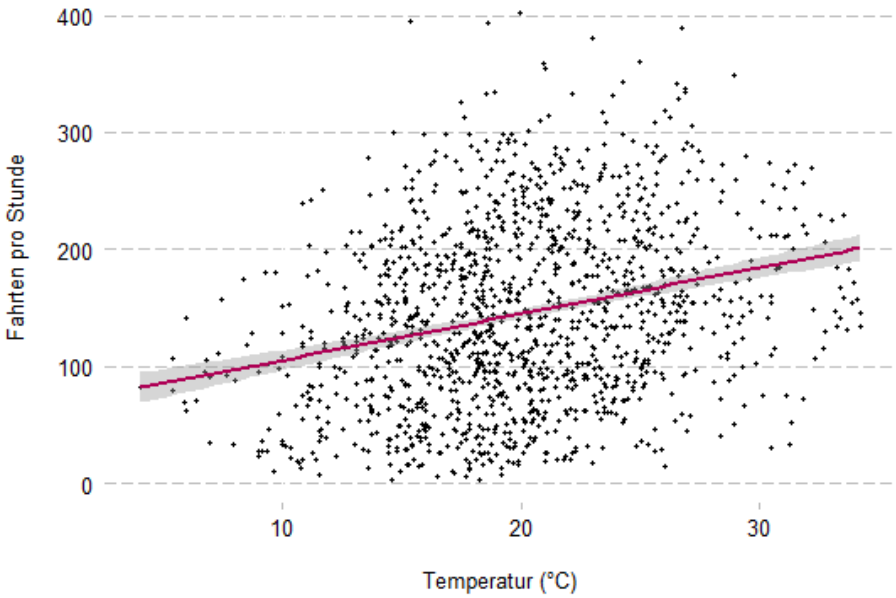
Die E-Tretrollernutzung ist deutlich temperaturabhängig (vgl. Abbildung 4-3). Wird ein linearer Zusammenhang zwischen stündlicher Temperatur und der Zahl der Fahrten angenommen, zeigt sich Folgendes: In einer Stunde mit einer um 10 Grad höheren Temperatur liegt die Zahl der Fahrten in Berlin um 70 Fahrten pro Stunde höher. In München ist der Zusammenhang zwischen Temperatur und Zahl der Fahrten etwas weniger stark. Hier ist eine um 10 Grad höhere Temperatur mit 40 Fahrten mehr pro Stunde verbunden. So gibt es in München z.B. einige Tage mit hohen Temperaturen über 30 Grad, an denen die Fahrten bei deutlich unter 100 liegen und ein Spitzenwert von um 400 Fahrten pro Stunde bei nur 15 Grad. Wiederrum können die Auswirkungen sehr kalter Temperaturen anhand der vorliegenden Daten nicht untersucht werden. Die Temperaturen im Beobachtungszeitraum fallen bis September nicht so tief, als dass sie einen starken Effekt auf die Nutzung ausübten.

Abbildung 4-3
Fahrten pro Stunde in Abhängigkeit von der Temperatur

Berlin



München

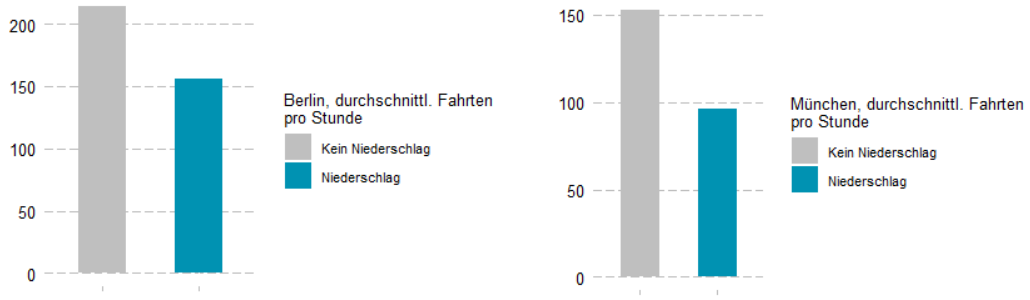


Notiz: 01.07. – 21.09.2019 (vor Rückholaktion), tagsüber (7-23 Uhr).

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis der MaaPS- und DWD-Daten.

Auch Regen hat einen Einfluss auf die Nutzung von E-Tretrollern (Abbildung 4-4). In Berlin ist die Zahl der Fahrten in Stunden mit Niederschlag um rund 30 Prozent geringer als in Stunden ohne Niederschlag. In München liegt der Unterschied bei rund 37 Prozent. Auch an dieser Stelle muss man bei der Interpretation der Zahlen Vorsicht walten lassen. Diese Ergebnisse bedeuten nicht eindeutig, dass E-Tretroller im Beobachtungszeitrum trotz Regen relativ häufig gefahren wurden. Zum einen kann es aufgrund der stündlichen Aggregation der Daten vorkommen, dass innerhalb einer Stunde zwar ein kurzer Schauer niederging, die Fahrt aber vor oder nach dem Schauer stattfand. Zum anderen spielt eine Rolle, dass nur sehr wenige Beobachtungen überhaupt von Regen betroffen sind. Dadurch ist die Schätzung des Mittelwerts für die Zahl der Fahrten mit Niederschlag mit einer hohen Unsicherheit verbunden.

Abbildung 4-4
Fahrten pro Stunde in Abhängigkeit von Niederschlag



Notiz: 01.07. – 21.09.2019 (vor Rückholaktion), tagsüber (7-23 Uhr).

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis der MaaPS- und DWD-Daten.

Wie sich die E-Tretrollernutzung bei sehr schlechten Wetterbedingungen verhält, wurde für die Stadt Indianapolis über einen Zeitraum von sechs Monaten untersucht (Mathew et al., 2019). Obwohl die Anzahl der Fahrten in den Wintermonaten um über 80 Prozent zurückging, sanken dort die durchschnittliche Fahrtdauer und -entfernung nur geringfügig. Insgesamt reagierten die Nutzer:innen stärker auf Temperaturen unter dem Gefrierpunkt und Schneefall als auf Regen.

4.2.3 Nutzung nach Tageszeit

Ähnlich wie das Wetter hat auch die Tageszeit einen starken Einfluss auf das Nutzungsverhalten. Zusätzlich ist auch eine Unterscheidung zwischen Werk- und Wochentag sinnvoll.

Abbildung 4-5 zeigt, dass die Zahl der Fahrten pro Stunde von der Tageszeit abhängt und Unterschiede zwischen Werk- und Wochentagen bestehen. Im Durchschnitt liegt die Anzahl der Fahrten pro Stunde

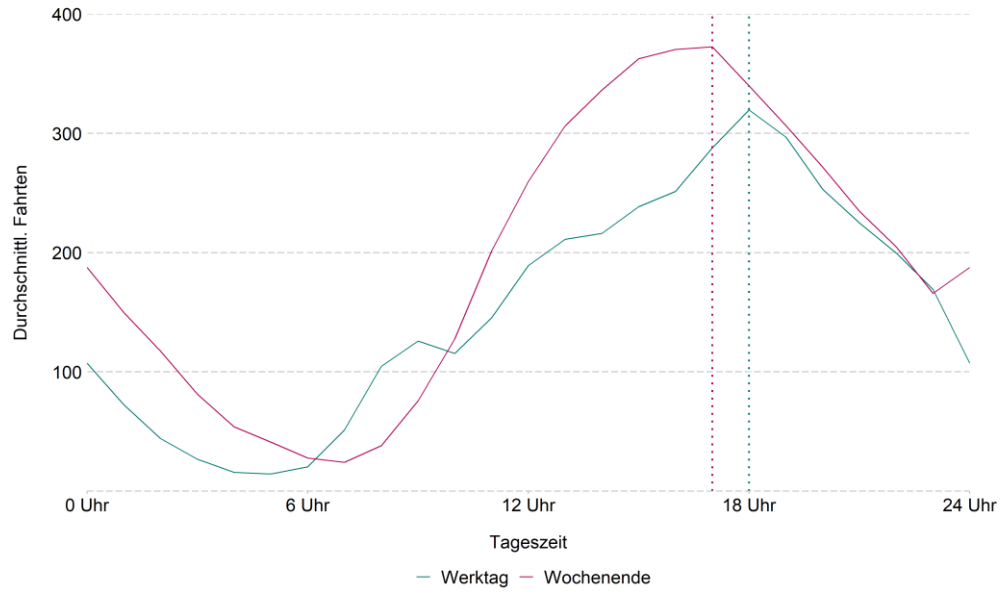
bei 203 in Berlin bzw. 114 in München. Am Wochenende wird in beiden Städten mehr gefahren: die tägliche Gesamtzahl der Fahrten ist ungefähr ein Viertel höher als an Werktagen. Der zeitliche Verlauf der Nutzung nach Tageszeit ist in Berlin und München sehr ähnlich. Am häufigsten werden E-Tretroller am Nachmittag und Abend (zwischen 12 Uhr mittags und 0 Uhr mitternachts) genutzt, wobei der Höhepunkt der Nutzung am Abend um 18 Uhr (werktags) und 17 Uhr (am Wochenende) liegt. Besonders am Wochenende kommen E-Tretroller auch nachts zum Einsatz: zwischen 23 und 3 Uhr liegt die Zahl der Fahrten in beiden Städten bei mehr als 50 Fahrten pro Stunde. Fahrten an Werktagen weisen im Vergleich zum Wochenende eine Häufung in den Morgenstunden zwischen 6 und 10 Uhr auf. An Werktagen findet sich ein lokaler Höhepunkt um 8 Uhr in München (92 Fahrten pro Stunde) und um 9 Uhr in Berlin (150 Fahrten pro Stunde).

Die Nutzungsmuster über den Tag legen nahe, dass E-Tretroller sowohl für Freizeitaktivitäten als auch für Arbeits- oder Ausbildungsweg genutzt werden. Hohe Nutzungsraten am Wochenende und werktags am Abend sprechen für Freizeitnutzungen, während an Werktagen morgens wahrscheinlich Arbeits- und Ausbildungswege mit den E-Tretrollern zurückgelegt werden. Die höheren Nutzungszahlen am Wochenende lassen darauf schließen, dass Freizeitfahrten insgesamt den größeren Anteil der beobachteten Fahrten ausmachen – allerdings vor dem Hintergrund, dass im gesamten Verkehr die Freizeitnutzung den Hauptanteil ausmacht. Generell stellt die E-Tretrollernutzung damit keine Ausnahme im Vergleich mit anderen Mobilitätsarten dar. In der Erhebung Mobilität in Zahlen der Bundesregierung ist dokumentiert, dass ungefähr ein Drittel aller Wegezwecke nach Verkehrsleistung (zurückgelegte Personenkilometer) sich unter dem Zweck „Freizeit“ subsumieren lassen (MiD, 2017).

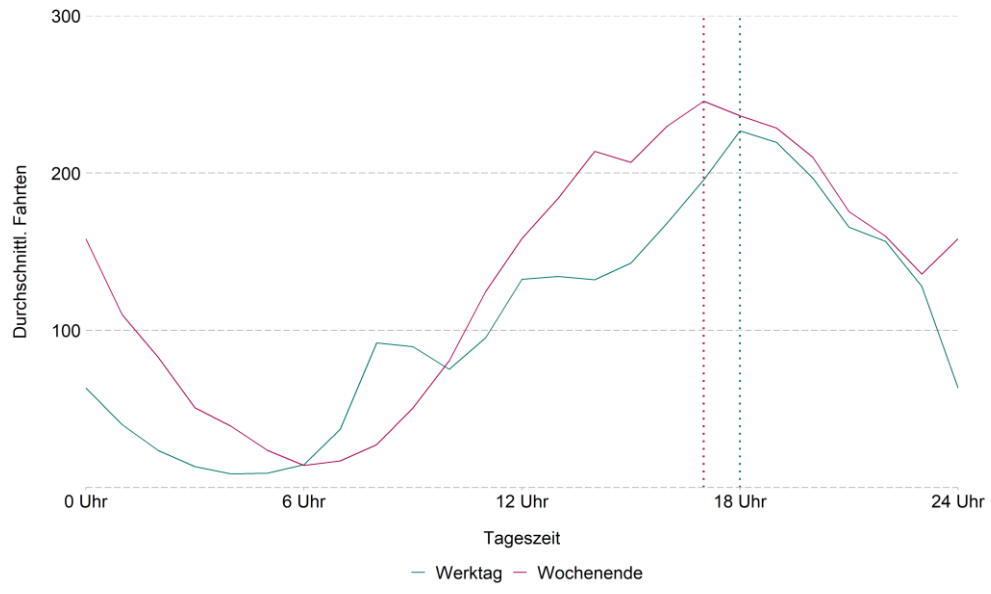
Die vorliegenden Ergebnisse können mit einer Auswertung von Nutzungsmustern für drei E-Tretrolleranbieter in Hamburg verglichen werden (Civity, 2019). Für eine einzelne Woche im September 2019 zeigt sich bei der Nutzung nach Tageszeit ein ähnliches Bild wie in Berlin und München. Auch in Hamburg sind morgendliche Spitzen an Wochentagen sowie ein Schwerpunkt der Bewegungen am Wochenende und in den späteren Nachmittagsstunden sichtbar. Im Unterschied zur vorliegenden Untersuchung, bei der Muster über einen längeren Zeitraum aggregiert betrachtet werden, zeigt die Analyse von Civity das Nutzungsverhalten in einer einzelnen Woche. Dabei fallen die Hamburger Cruise Days mit temporären Nutzungsspitzen stark ins Gewicht. Auch mit Hilfe des MaaPS-Datensatzes ist die gezielte Untersuchung des Nutzungsverhaltens rund um bestimmte Ereignisse möglich. Weiterführende Analysen könnten z.B. Störungen im ÖPNV ausmachen, um zu überprüfen, ob diese lokal und temporär zu einer höheren Nutzung von E-Tretrollern führen.

Abbildung 4-5
Durchschnittliche Fahrten pro Stunde differenziert nach Werktagen und Wochenende

Berlin



München



Notiz: Zeitraum 01.07. – 21.09.2019 (vor Rückholaktion).

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung auf Basis der MaaPS-Daten.

4.2.4 Rundfahrten

Bei der Betrachtung der zurückgelegten Distanzen fällt auf, dass bei vielen Fahrten der Start- und Endpunkt sehr nah zusammenliegt, bei einigen Fahrten gar im gleichen Hexagon. In Berlin ist Letzteres bei 12 Prozent aller Fahrten der Fall, in München bei 9 Prozent. Werden Fahrten hinzugenommen, bei denen der Endpunkt etwas weiter, aber dennoch nah zum Startpunkt liegt, erhöht sich der Anteil auf 25 Prozent in Berlin und 23 Prozent in München.[11]

Fahrten bei denen Start- und Endpunkte sehr nah zusammen liegen, können sowohl Rundfahrten (d.h. zeitlich lange Fahrten) als auch sehr kurze Fahrten enthalten. Der hohe Anteil dieser Fahrten spricht – ähnlich wie schon die Nutzungsmuster im Tagesverlauf – dafür, dass Freizeitfahrten und Rundfahrten von Reisenden einen großen Teil der mit den E-Tretrollern zurückgelegten Fahrten ausmachen. Da E-Tretroller kurz vor dem Beobachtungszeitraum im deutschen Straßenverkehr zugelassen wurden, sind auch Testfahrten von neuen Nutzer:innen, die das E-Tretrollerangebot zum ersten Mal ausprobieren, eine mögliche Erklärung für den hohen Anteil von Fahrten über eine sehr kurze Distanz. Wenn Rundfahrten eine wichtige Rolle spielen, sollte sich dies in einer Betrachtung der häufigsten Verbindungen (also Kombinationen aus Start- und Endhexagonen) widerspiegeln. Tatsächlich zeigt sich, dass unter den zehn häufigsten Verbindungen in Berlin acht Rundfahrten sind. So finden sich über den gesamten Beobachtungszeitraum beispielsweise 182 Fahrten, die im selben Hexagon am Potsdamer Platz starten wie enden, 178 Rundfahrten ausgehend vom Brandenburger Tor und 95 Rundfahrten ausgehend vom S- und U-Bahnhof Alexanderplatz. Auch in München sind 9 der 10 häufigsten Fahrten Rundfahrten. Sie starten z.B. vom Odeonsplatz oder vom Ostende des Olympiaparks.

Abbildung 4-6 zeigt, wie sich der Anteil der Fahrten, die im gleichen Hexagon starten wie enden, im Tagesverlauf verhält. Der Anteil der Rundfahrten bewegt sich werktags wie am Wochenende zwischen 5 und 10 Prozent. Die niedrigsten Anteile von Rundfahrten finden sich an Werktagen morgens und am frühen Abend. Offenbar finden hier verstärkt Fahrten zum Arbeits- oder Ausbildungsort statt, die keine Rundfahrten sind. Anteilig am häufigsten finden sich Rundfahrten werktags zwischen 1 und 4 Uhr nachts. Es ist hier zu berücksichtigen, dass die absolute Zahl der Fahrten zu dieser Tageszeit ihren Tiefpunkt erreicht und ansonsten bei höchstens 30 Fahrten pro Stunde liegt. Die Anteilswerte sind entsprechend mit Vorsicht zu interpretieren, da einzelne Fahrten hier besonders stark ins Gewicht

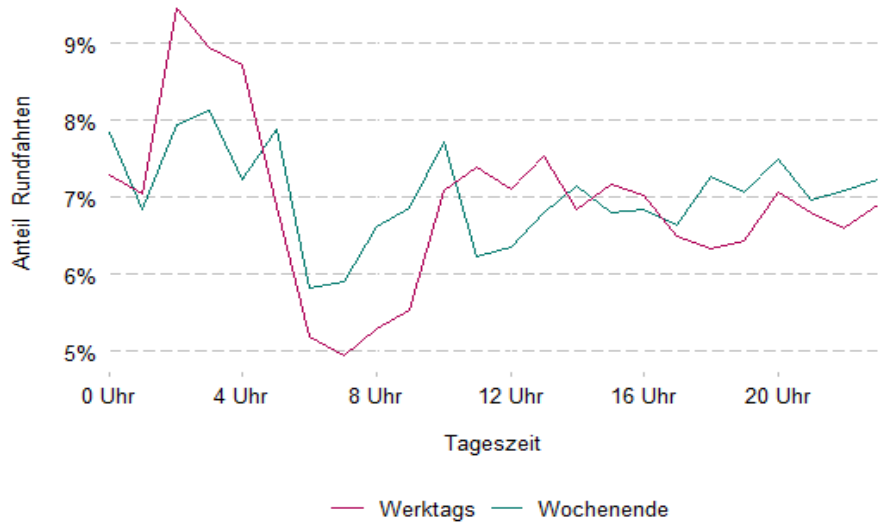
[11] Es wurde ein Ring um das Start- und Endhexagon jeder Fahrt gelegt und überprüft, ob sich die beiden Ringe überschneiden.

fallen. Zudem ist nicht auszuschließen, dass in den Nachtstunden auch Bewegungen erfasst sind, die durch die Anbieter beim Aufladen und Neuaufstellen der E-Tretroller verursacht wurden. Die absolute Bedeutung dieser Fahrten ist jedoch sehr gering.

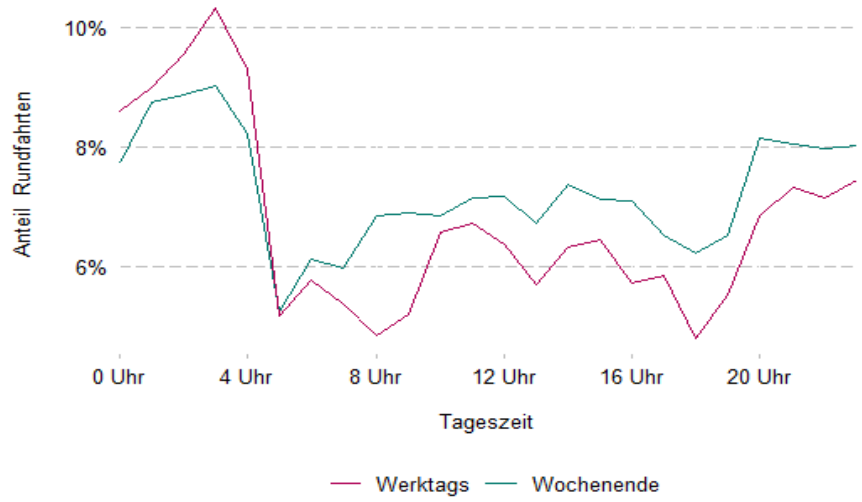
Für die weiterführenden Analysen sind die Ergebnisse zu Rundfahrten insoweit von Bedeutung, als dass manche Analysen, beispielsweise zum Vorhandensein von touristischen Attraktionen oder einem ÖPNV-Anschluss am Start- oder Zielpunkt einer Fahrt, sinnvollerweise für Rundfahrten und andere Fahrten separat durchgeführt werden sollten.

Abbildung 4-6:
Anteil Rundfahrten nach Tageszeit

Berlin



München



Notiz: Zeitraum 01.07.2019 – 21.09.2019, mind. 2 Minuten. Starthexagon entspricht Endhexagon.

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis der MaaPS-Daten.

4.2.5 Nutzungshotspots

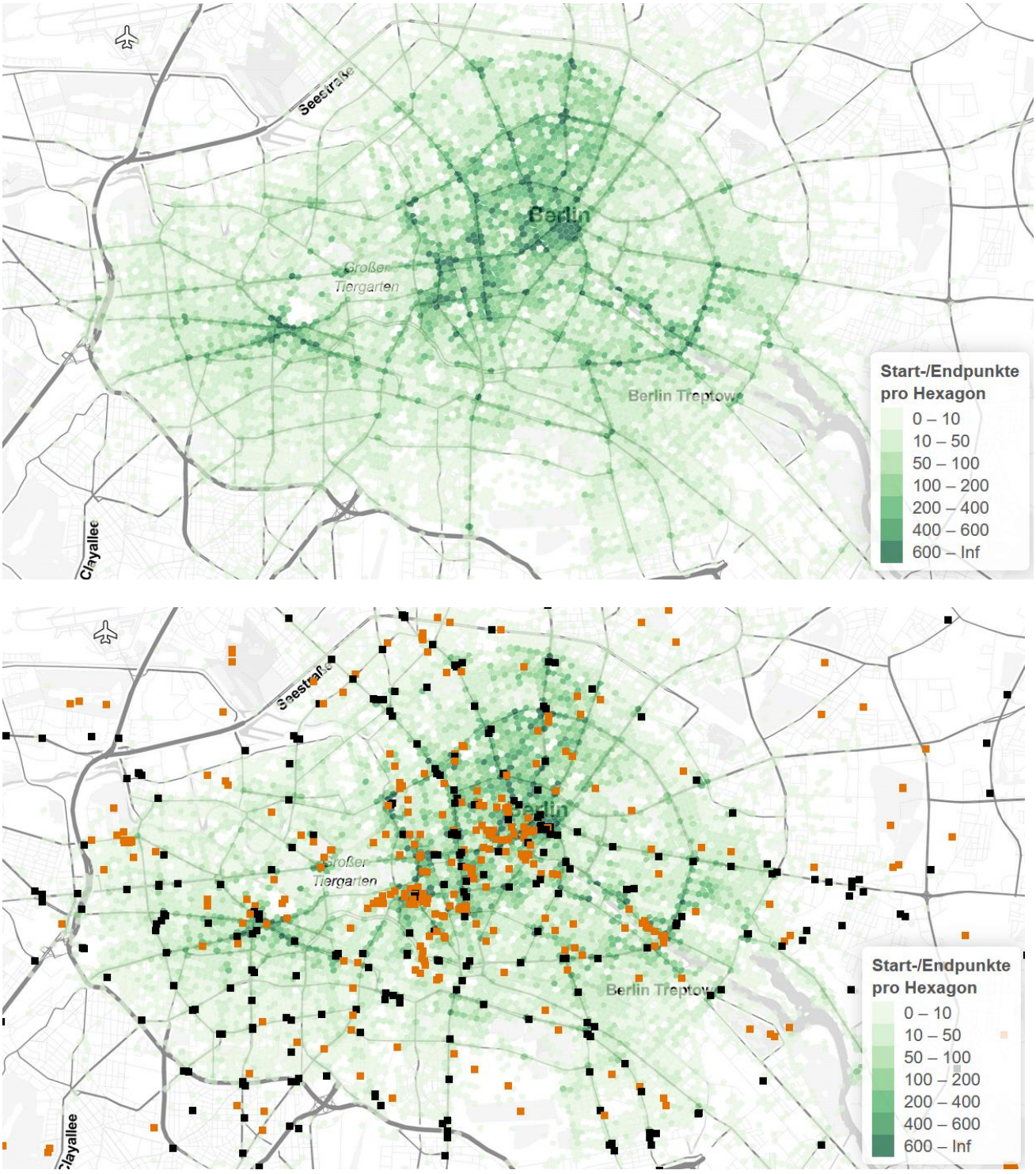
Wo im Stadtraum Berlins und Münchens werden E-Tretroller genutzt? Abbildung 4-7 und Abbildung 4-8 zeigen die Endpunkte der E-Tretrollerfahrten aggregiert über den gesamten Beobachtungszeitraum. Hexagone, in denen eine größere Anzahl von Fahrten geendet ist, sind dunkler eingefärbt und diejenigen, in denen weniger Fahrten geendet sind, heller. Die untere Karte zeigt zudem in Schwarz Haltestellen der U- und S-Bahn (Berlin) bzw. des gesamten ÖPNV (München). In Orange sind touristische Attraktionen gekennzeichnet.

Die Verteilung der Endpunkte der Fahrten macht deutlich, dass sich die E-Tretrollernutzung über das gesamte innere Stadtgebiet verteilt. Der Großteil der Endpunkte in Berlin liegt innerhalb des S-Bahn-Rings, darüber hinaus in Stadtteilen mit einem hohen Anteil junger Bevölkerung (z.B. Weißensee mit der Kunsthochschule und Wedding). In München findet die E-Tretrollernutzung im Wesentlichen innerhalb des mittleren Rings statt. Damit sind es die zentralen und, im Vergleich zu den Randbereichen der Stadt, mit dem ÖPNV besser erschlossenen Lagen, in denen E-Tretroller genutzt werden.

Hotspots der Nutzung finden sich in Berlin und München entlang der viel frequentierten Verkehrsknoten und rund um zentral gelegene touristische Attraktionen. Es liegt nahe, dass vor allem ein hohes Aufkommen im Personenverkehr und eine hohe Frequenz von Tourist:innen die Hotspots der Nutzung bestimmen. An Haltestellen des ÖPNV werden besonders viele E-Tretroller abgestellt. Dies wird vor allem in Randgebieten ersichtlich, wo deutlich seltener abseits der Haltestellen geparkt wird. Es finden sich auch zahlreiche Endpunkte von Fahrten in Wohngebieten abseits von zentralen Knotenpunkten und in Randlagen. Hier sind die Nutzungsdichten allerdings deutlich geringer.

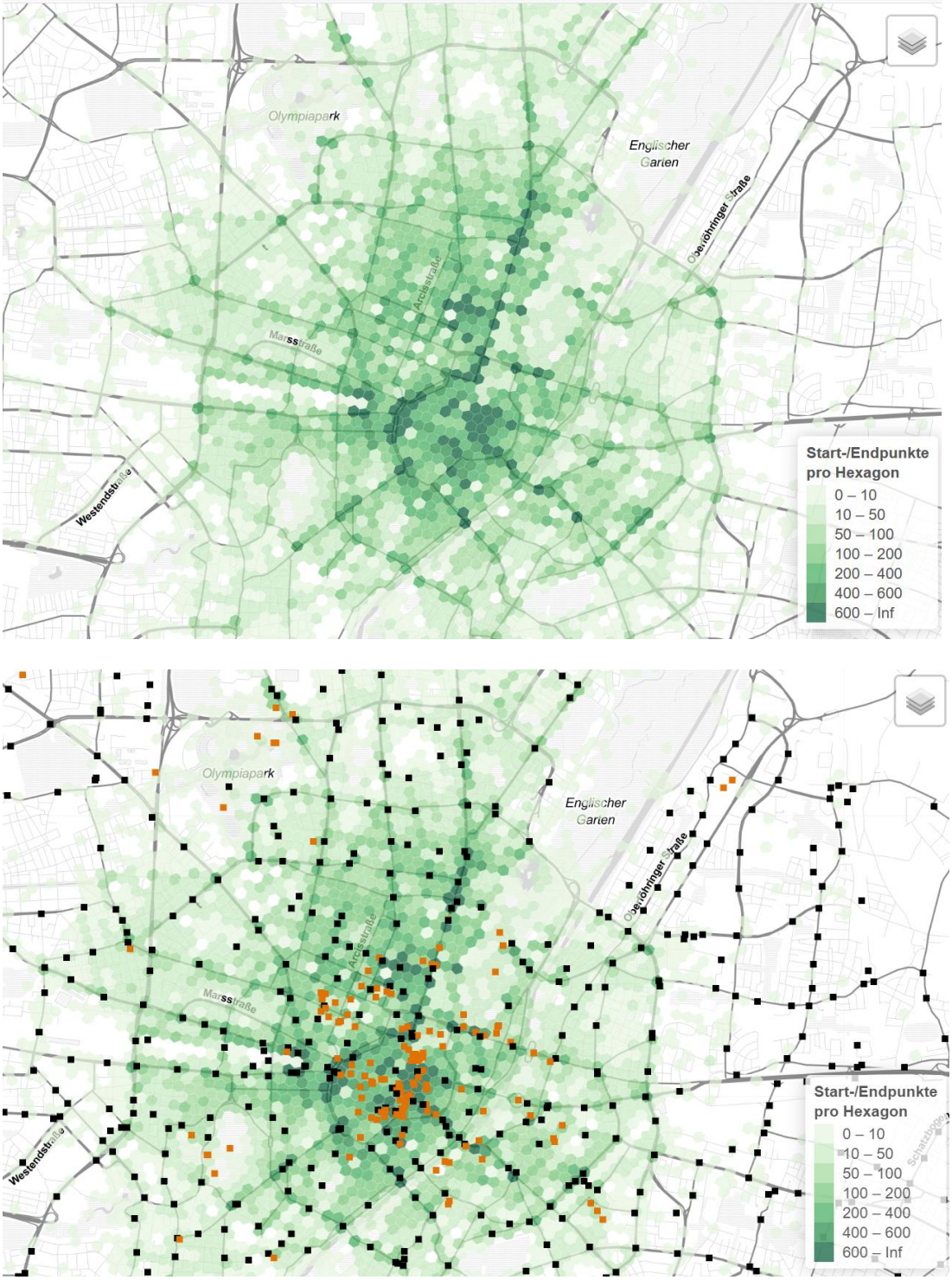
Bei den Hotspots zeigt sich visuell kein Unterschied, je nachdem ob Start- oder Endpunkte betrachtet werden. Dies überrascht nicht, da – ohne Eingreifen der Anbieter – der Endpunkt einer Fahrt dem Startpunkt der nächsten Fahrt entspricht. Unterschiede zwischen Start- und Endpunkten entstehen, weil Anbieter die E-Tretroller für die Wartung und Ladung regelmäßig einsammeln, und gesammelt an viel frequentierten Plätzen wieder aufstellen. Über den Endpunkt einer Fahrt kann der:die Nutzer:in frei entscheiden, während der Startpunkt der Fahrt durch die Verfügbarkeit des E-Tretrollers mitbestimmt wird.

Abbildung 4-7:
Heatmap Endpunkte Berlin (unten inkl. Haltestellen der S- und U-Bahn in Schwarz, touristische Attraktionen in Orange)



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis der MaaPS- und OSM-Daten.

Abbildung 4-8:
Heatmap Endpunkte München (unten inkl. Haltestellen des öffentlichen Personennahverkehrs in Schwarz und touristischen Attraktionen in Orange)



Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis der MaaPS- und OSM-Daten.

4.2.6 Räumliche Nutzung nach Fahrtdauer

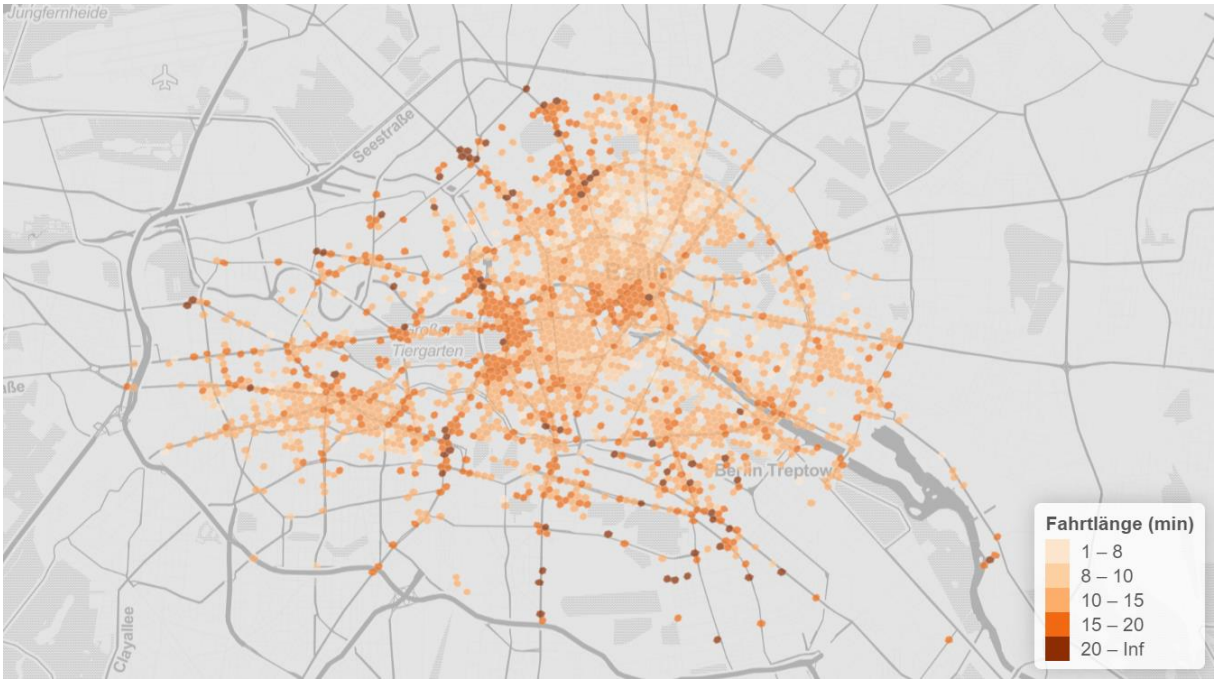
Um die räumlichen Muster der Fahrten besser zu verstehen, zeigen Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10, wie sich die Fahrtlängen unterscheiden, je nachdem, wo in der Stadt eine Fahrt startet oder endet. Um eine ausreichende Zahl von Fahrten zur Berechnung von robusten Durchschnittswerten heranzuziehen, werden hierbei nur Hexagone mit mindestens 30 Fahrten betrachtet.

Gebiete, in denen im Durchschnitt die längsten Fahrten enden, befinden sich am Rand der Stadt und in der Nähe von Parkanlagen (in Berlin im Tiergarten, am Humboldthain oder am Tempelhofer Feld sowie in München am Englischen Garten und am Olympiazentrum). Es liegt nahe, dass E-Tretroller hier für Ausflüge ins Grüne oder zu öffentlichen Orten genutzt werden. Dabei lässt das beobachtete Muster verschiedene Fahrttypen zu. So können Fahrten hin zur Grünanlage mit dem Roller zurückgelegt werden, wobei E-Tretroller als Verkehrsmittel in Ergänzung zum ÖPNV für die letzte Meile genutzt werden. So liegen beispielsweise die Endpunkte von langen Fahrten im Tiergarten und im Englischen Garten an Stellen, die nicht mit dem ÖPNV erreichbar sind. Auch eine Fahrt mit dem ÖPNV ins Grüne mit anschließender Rundfahrt passt zu den Mustern in Abbildung 4-9 und Abbildung 4-10. Insbesondere am Olympiazentrum und am Tempelhofer Feld liegen die Start- und Endpunkte von langen Fahrten in unmittelbarer Nähe zu U- und S-Bahnstationen.

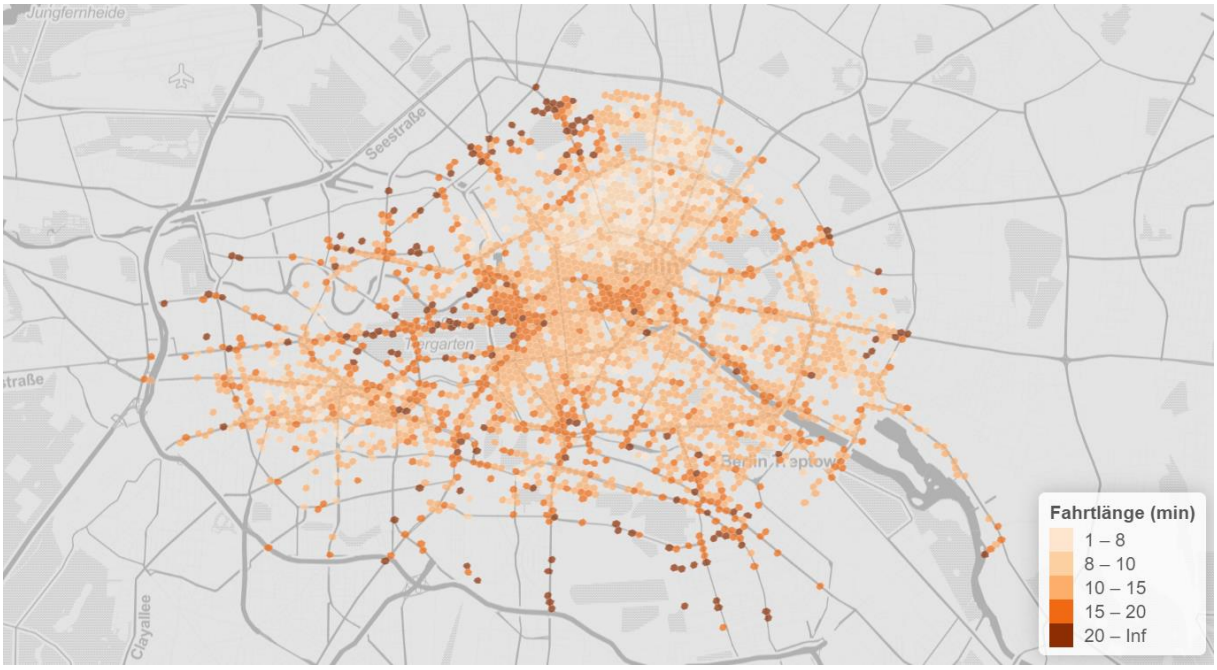
Die gezeigten Darstellungen lenken außerdem die Aufmerksamkeit auf die Rollernutzung in Randgebieten. Gerade hier bieten E-Tretroller eine Chance, den ÖPNV zu ergänzen und das Portfolio an Mobilitätsdienstleistungen zu erweitern, wenn die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV unzureichend ist. Es sollte jedoch berücksichtigt werden, dass die gezeigten Abbildungen zur durchschnittlichen Länge der Fahrten nicht die Häufigkeit der Fahrten in den Randgebieten darstellen. Diese ist gering, wie die Heatmaps der Häufigkeit in Abschnitt 4.2.6 gezeigt haben. Zudem machen Rollerfahrten mit mehr als 20 Minuten Dauer nur einen kleinen Teil aller Fahrten aus (vgl. Abschnitt 4.2.2). Eine Heatmap für lange Fahrten mit einer Dauer von mindestens 20 Minuten (hier nicht abgebildet) macht deutlich, dass auch lange Fahrten überwiegend an viel frequentierten Knotenpunkten und nicht in den städtischen Randgebieten oder in Parks enden.

Abbildung 4-9:
Durchschnittliche Länge von Fahrten in Berlin

Startpunkte der Fahrten



Endpunkte der Fahrten

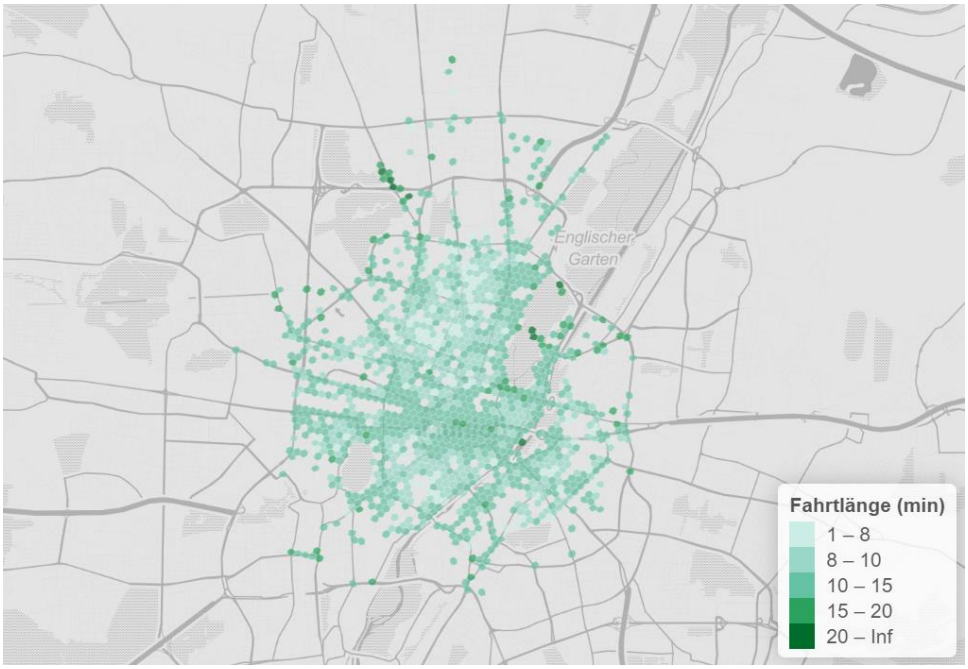


Notiz: Hexagone mit mindestens 30 Fahrten.

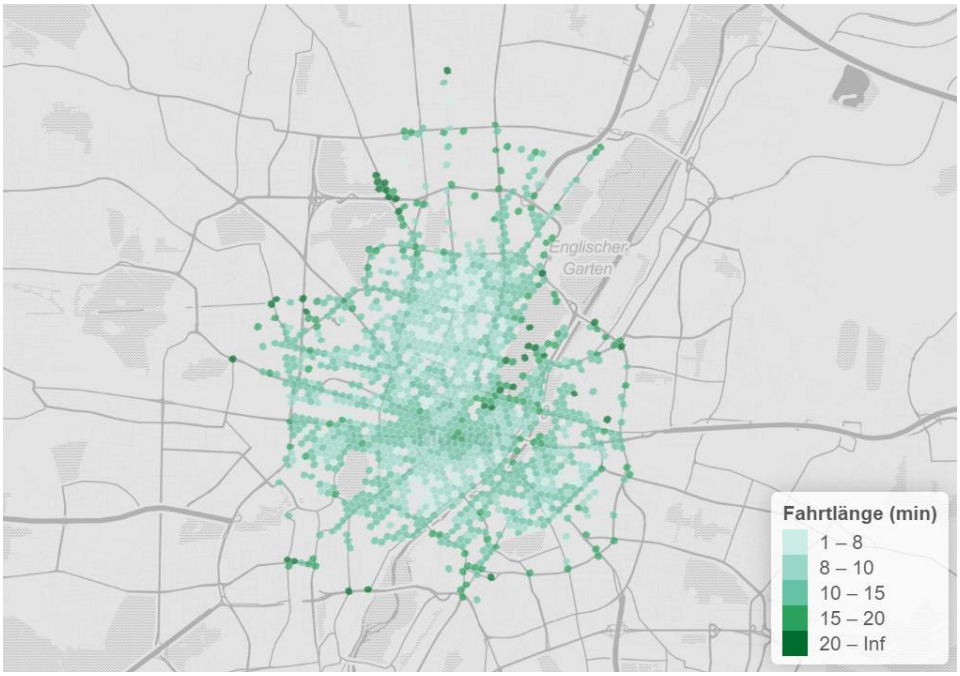
Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis der MaaPS- und OSM-Daten.

Abbildung 4-10:
Durchschnittliche Länge von Fahrten in München

Startpunkte der Fahrten



Endpunkte der Fahrten



Notiz: Hexagone mit mindestens 30 Fahrten.

Quelle: Eigene Berechnung und Darstellung auf Basis der MaaPS- und OSM-Daten.

4.2.7 Points of Interest

Es ist davon auszugehen, dass die Lage der Start- und Endpunkte einzelner Fahrten mit dem Fortbewegungszweck zusammenhängt. Informationen zum Start- und Endpunkt der zurückgelegten Fahrt können Rückschlüsse auf den Zweck der Fahrt ermöglichen. Im Folgenden wird exemplarisch untersucht, ob in der Nähe der Start- und Endpunkte der Fahrten Restaurants und Bars, öffentliche Verkehrsmittel, Einkaufsmöglichkeiten oder touristische Attraktionen liegen. Dazu wird auf die in OpenStreetMaps definierten „Points of Interest“ zurückgegriffen. Zunächst ist festzustellen, dass sich Start- und Endpunkte nicht immer eindeutig den verschiedenen lokalen Gegebenheiten zuordnen lassen, sollten mehrere Punkte von Interesse (z.B. öffentliche Verkehrsmittel und touristische Attraktionen) in einem Hexagon liegen. Zum anderen ist das Einzugsgebiet eines Zielorts oftmals größer als ein einzelnes Hexagon (vgl. Abbildung 4-11). Je nachdem, ob eine engere oder weitere Abgrenzung für die Zuordnung von Fahrten zu Points of Interest gewählt wird, wird die Zahl der Fahrten mit dem entsprechenden Ziel über- oder unterschätzt.

Abbildung 4-11:
U-Bahnhaltestelle Kottbusser Tor (schwarz) und touristische Attraktionen (orange) in Berlin

Quelle: Eigene Darstellung auf Basis der MaaPS- und OSM-Daten.

Tabelle 4-1 zeigt den Anteil der Fahrten mit einer Dauer von mindestens 5 Minuten, bei denen direkt im Start- oder Endhexagon einer der definierten Points of Interest liegt. Dabei sind Rundfahrten ausgeschlossen, da diese nicht mit dem Zweck erfolgen, zu einem Ziel zu gelangen.

Wie bereits die Analyse der Nutzungshotspots gezeigt hat, starten und enden viele E-Tretrollerfahrten in unmittelbarer Nähe zum ÖPNV. In Berlin sind es 34 Prozent aller Fahrten, die in der Nähe einer

Haltestelle des ÖPNV starten bzw. 30 Prozent, welche dort enden. In München befinden sich 25 Prozent der Startpunkte nahe an einer Haltestelle des ÖPNV sowie 24 Prozent der Endpunkte. Dies kann als deutliche Evidenz dafür gewertet werden, dass E-Tretroller auf der ersten oder letzten Meile und in Ergänzung zum ÖPNV genutzt werden.

Weiterhin wird deutlich, dass von allen untersuchten Punkten am häufigsten Restaurant oder Bars am Zielort liegen. 63 Prozent der Fahrten in Berlin und 72 Prozent der Fahrten in München enden in der Nähe eines Restaurants oder einer Bar. Deutlich seltener enden die Fahrten in der Nähe von touristischen Attraktionen und Einkaufsmöglichkeiten (vgl. Tabelle 4-1). Hierbei ist zu beachten, dass es sich um Korrelationen handelt, die nicht notwendigerweise die Ziele der Fahrten widerspiegeln, sondern vor allem damit zusammenhängen, dass die untersuchten Points of Interest unterschiedlich häufig im Stadtgebiet auftreten. So sind beispielsweise in Berlin bzw. in München Restaurants oder Bars in 33 bzw. 22 Prozent aller von E-Tretrollern angefahrenen Hexagonen vorhanden und damit jeweils deutlich häufiger als touristische Attraktionen oder Einkaufsmöglichkeiten.

Tabelle 4-1:
Points of Interest in der Nähe von Start- und Endpunkt der Fahrten

	Im von E-Tretrollern genutzten Stadtgebiet vorhanden	Im Starthexagon der Fahrt vorhanden	Im Endhexagon der Fahrt vorhanden
Berlin			
Haltestelle ÖPNV	12 %	34 %	30 %
S- oder U-Bahnhaltestelle	3 %	11 %	9 %
Touristische Attraktion	2 %	12 %	10 %
Restaurant/Bar	33 %	68 %	63 %
Einkaufsmöglichkeit	8 %	18 %	16 %
München			
Haltestelle ÖPNV	8 %	25 %	24 %
S- oder U-Bahnhaltestelle	k.A.	k.A.	k.A.
Touristische Attraktion	2 %	16 %	16 %
Restaurant/Bar	22 %	73 %	72 %
Einkaufsmöglichkeit	6 %	20 %	19 %

Notiz: Fahrten mindestens 5 Minuten, keine Rundfahrten.

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der MaaPS-Daten.

Insgesamt fällt auf, dass sich die Startpunkte der E-Tretrollerfahrten etwas häufiger in der Nähe von Points of Interest befinden als die Endpunkte. Dies ließe sich unter anderem darauf zurückzuführen, dass manche E-Tretroller von den Anbietern im Zuge des Einsammelns und Aufladens von nicht erfassten Punkten (Wohn- oder Arbeitsort, Parks) an viel frequentierte Straßenkreuzungen in der Nähe von Points of Interest umgestellt werden.

Werden die Häufigkeiten der Werte zwischen München und Berlin verglichen, zeigen sich interessante Unterschiede. In München starten und enden E-Tretrollerfahrten häufiger in der Nähe von Restaurants und Bars, obwohl deren Dichte im von E-Tretrollern befahrenen Gebiet geringer ist als in Berlin. Umgekehrt sind Fahrten mit Start- und Endpunkt in der Nähe des ÖPNV in München seltener als in Berlin. Zudem ist der niedrigere Wert für München auch bei Betrachtung des gesamten Samples inklusive kurzer Fahrten und Rundfahrten vorhanden. Ob diese Werte dahingehend interpretiert werden können, dass E-Tretroller in Berlin tatsächlich häufiger in Kombination mit dem ÖPNV genutzt werden als in München, sollte in weiterführenden Analysen überprüft werden. Tendenziell sind in Berlin in dem von E-Tretrollern befahrenen Gebiet mehr Haltestellen des ÖPNV vorhanden (12 Prozent aller Hexagone in Berlin und 8 Prozent aller Hexagone in München).

Ein ähnlicher Ansatz wird bei Espinoza et al. (2019) genutzt. Sie untersuchen den Zweck von E-Tretrollerfahrten anhand API-gewonnener Daten in Atlanta. Points of Interest wurden unter Nutzung von der Google Places API identifiziert. Dem Start- und Endpunkt jeder E-Tretrollerfahrt von Bird-Nutzer:innen wurde ein eindeutiger Point of Interest zugeordnet, um den Zweck der Fahrt zu extrahieren. Anders als bei den vorliegenden MaaPS-Daten konnten die genauen Koordinaten der Start- und Zielpunkte genutzt werden, um jedem Start- und Endpunkt den nächstgelegenen Point of Interest zuzuordnen. Am häufigsten fanden in Atlanta Fahrten zwischen Unternehmen („Business to Business“) statt. Dies wird interpretiert als Fahrten zu beruflichen Zwecken. Weiterhin finden häufig Fahrten zwischen Parkplätzen und Arbeitsorten sowie Freizeitfahrten (z.B. Fahrten zwischen Restaurants und Bars) statt.

4.2.8 E-Tretroller und ÖPNV-Erreichbarkeit (nur Berlin)

E-Tretroller haben das Potenzial, den ÖPNV zu ergänzen, indem sie für Fahrten für die erste und letzte Meile von und zu Haltestellen des ÖPNV eingesetzt werden. Im Falle einer komplementären Beziehung zwischen E-Tretrollern und dem ÖPNV wäre also zu erwarten, dass E-Tretroller ausgehend von Haltestellen des ÖPNV genutzt werden, um Gebiete zu erreichen, die nicht oder schlecht mit dem ÖPNV erreichbar sind. Umgekehrt ist denkbar, dass E-Tretroller als Alternative zum ÖPNV oder

komplett unabhängig von der Verfügbarkeit des ÖPNV genutzt werden. Im Folgenden wird anhand von zwei Beispielen in Berlin illustriert, wie die Nutzung von E-Tretrollern mit dem ÖPNV interagiert. Zudem wird in einem ökonometrischen Modell überprüft, ob empirische Evidenz für eine substitutive Beziehung zwischen E-Tretrollern und dem ÖPNV gefunden werden kann.

Um die Datengrundlage verständlich zu machen, zeigt Abbildung 4-12 zunächst für zwei Beispielpunkte, welches Gebiet vom Ausgangspunkt innerhalb von 15 Minuten mit dem ÖPNV und zu Fuß erreichbar ist. Datengrundlage ist der allyMAP-Datensatz, dessen Erstellung im Rahmen des mFUND gefördert wurde und der über die mCLOUD verfügbar ist. Es zeigt sich, dass sich die ÖPNV-Erreichbarkeit je nach Ausgangspunkt im Berliner Stadtgebiet stark unterscheidet. Vom S- und U-Bahnhof Friedrichstraße, von dem als zentralem Verkehrsknoten mehrere S-, eine U- und mehrere Trambahnlinen abgehen, ist ein großes Gebiet zu erreichen (dieses erstreckt sich nördlich bis zur Afrikanischen Straße, östlich bis zum Ostbahnhof, im Westen bis zum Savignyplatz und südlich bis zum Tempelhofer Damm). Im Vergleich dazu wird das südliche Ende des Mauerparks betrachtet. Von dort kann innerhalb von 15 Minuten nur ein sehr kleines Gebiet erreicht werden. Zur nächsten U- oder S-Bahnstation muss zunächst ein Fußweg zurückgelegt werden, während die naheliegenden Trambahnen verglichen mit der U- und S-Bahn nur eine deutlich kürzere Reichweite haben.

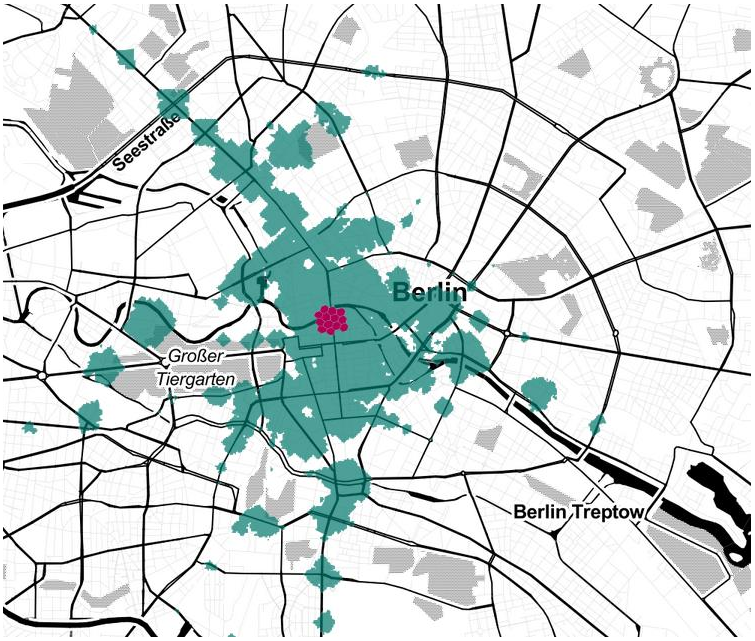
Wie verhalten sich die Fahrten mit E-Tretrollern, die nicht länger als 15 Minuten dauern, im Vergleich zur ÖPNV-Erreichbarkeit? Abbildung 4-12 zeigt die Endpunkte aller E-Tretrollerfahrten, die im Beobachtungszeitraum an den beiden Ausgangspunkten gestartet sind. Es ist zu erkennen, dass ein Teil der Fahrten in unmittelbarer Nähe des jeweiligen Ausgangspunkts einer Fahrt endet. Hierbei handelt es sich primär um Rundfahrten, die gerade an touristisch viel frequentierten Punkten wie der Friedrichstraße und dem Mauerpark eine große Bedeutung haben.

E-Tretroller werden sowohl als Substitut als auch als Komplement zum ÖPNV genutzt. Zum Beispiel zeigen die Fahrten vom Bahnhof Friedrichstraße, dass die meisten Ziele der E-Tretrollerfahrten auch mit dem ÖPNV und zu Fuß innerhalb von 15 Minuten erreicht werden können (Ausnahmen bilden der Tiergarten und das Gebiet rund um die Torstraße). Ein anderes Bild zeigt sich für den Ausgangspunkt am Mauerpark. Hier liegt die Mehrheit der Ziele der E-Tretroller in Gebieten, die nicht mit dem ÖPNV oder zu Fuß in 15 Minuten erreicht werden können. Fahrten enden an nahegelegenen U-Bahnstationen (Eberswalder Str., Bernauer Str.) und besonders südlich und südöstlich vom Ausgangspunkt in Bereichen, die nicht durch den ÖPNV innerhalb von 15 Minuten erreichbar sind. Somit legt das Beispiel vom Mauerpark nahe, dass E-Tretroller tatsächlich für Fahrten in Gebiete genutzt werden, die mit dem ÖPNV schlecht erreichbar sind.

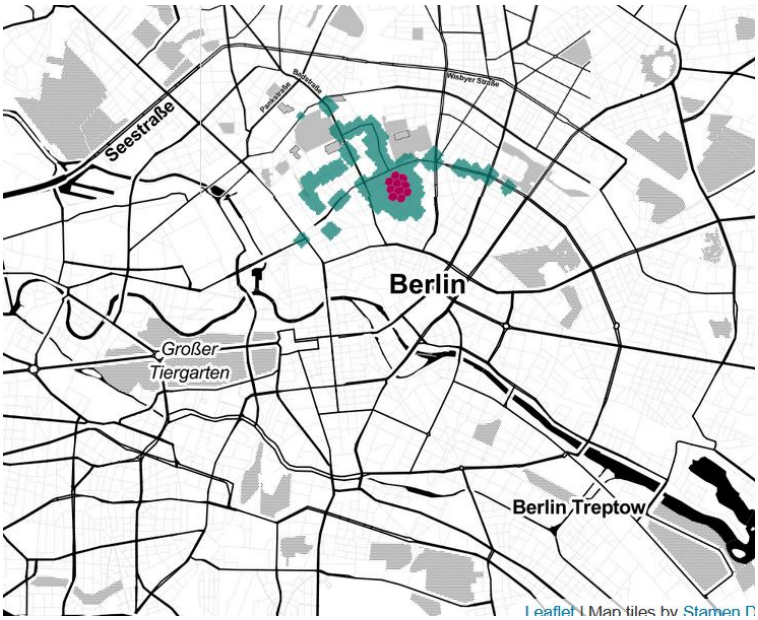
Anhand einer weiterführenden ökonometrischen Analyse wird überprüft, ob die komplementäre Beziehung zwischen ÖPNV und E-Tretroller systematisch in den Daten zu finden ist. Dazu ist eine Analyse erforderlich, die jedem Punkt im Stadtgebiet die Häufigkeit von E-Tretrollerfahrten und ein Maß für die Erreichbarkeit mit dem ÖPNV zuordnet. Zusammen mit Kontrollvariablen kann so ermittelt werden, ob der Zusammenhang, der sich am Beispiel des Gebiets um den Mauerpark andeutet, auch insgesamt in den Daten zu finden ist. Anhand der Analyse soll auch überprüft werden, ob sich die im Projekt erhobenen Daten für Analysen dieser Art eignen.

Abbildung 4-12:
In 15 Minuten mit dem ÖPNV und zu Fuß erreichbare Gebiete (grün)

Vom Startpunkt S- und U-Bahnhof Friedrichstraße (rot)



Vom Startpunkt i.d.N. des Mauerparks (rot)

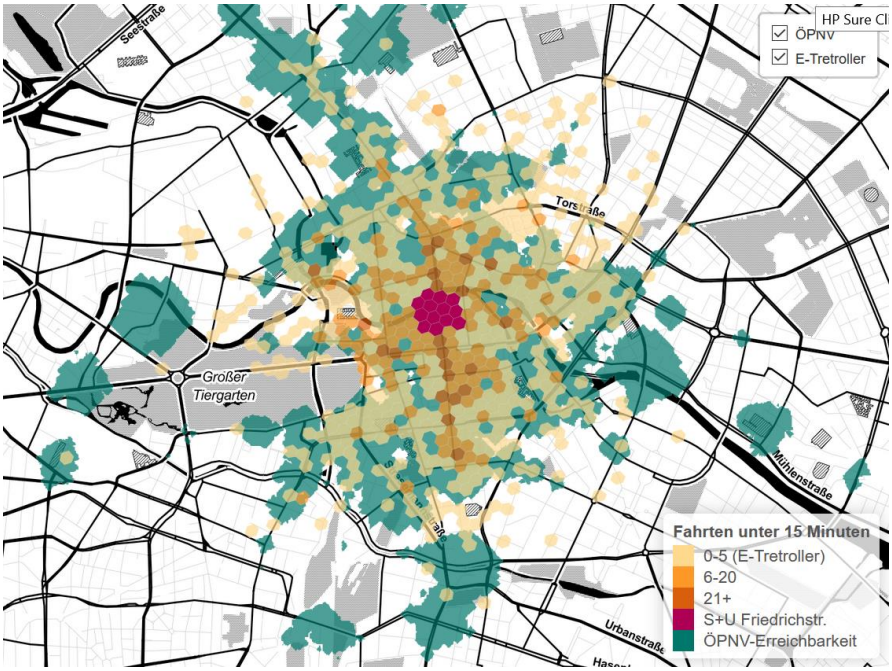


Notiz: Rot: Startgebiet, Grün: Gebiete, die vom Startgebiet innerhalb von 15 Minuten zu Fuß oder mit dem ÖPNV erreichbar sind.

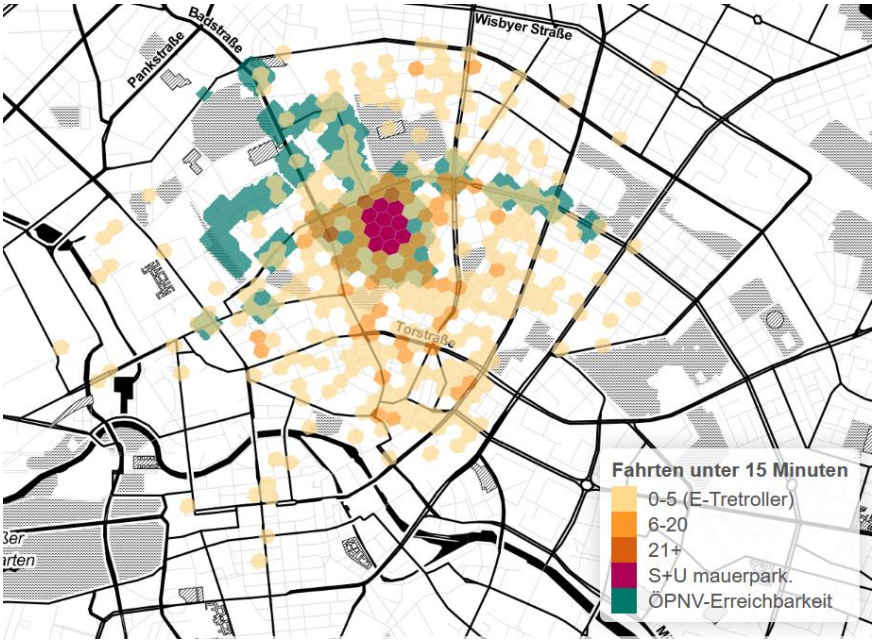
Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung auf Basis von allyMAP und OpenStreetMap.

Abbildung 4-13:
E-Tretrollerfahrten und ÖPNV-Erreichbarkeit.

Vom Startpunkt S- und U-Bahnhof Friedrichstraße



Vom Startpunkt Mauerpark



Notiz: Rot: Startgebiet, Grün: Gebiete, die vom Startgebiet innerhalb von 15 Minuten zu Fuß oder mit dem ÖPNV erreichbar sind, gelb: Gebiete, die vom Startpunkt innerhalb von 15 Minuten mit dem E-Tretroller erreichbar sind

Quelle: Eigene Darstellung und Berechnung auf Basis der MaaPS-Daten und allyMAP und OpenStreetMap.

Für die ökonometrische Analyse wird das Sample auf Fahrten mit einer Distanz von mindestens 200 Meter reduziert, Rundfahrten werden entfernt. Zudem werden die Daten über die Zeit auf der Ebene von Start-Endhexagon-Kombinationen aggregiert. Somit sind im Datensatz nur solche Kombinationen von Start- und Endhexagonen vorhanden, für die auch mindestens eine Fahrt stattgefunden hat.

Für die statistische Analyse werden als Vergleichswert jedoch auch die Kombinationen benötigt, für die keine Fahrt stattgefunden hat. Null-Beobachtungen wurden nach dem folgenden Muster ausgewählt: Von jedem Starthexagon aus, das mehr als 9 Fahrten als Ausgangspunkt diente – der Medianwert der Abfahrten aller Starthexagone – werden zwei Kreise mit Radius 200 m und 2 km gezogen. Es werden alle Hexagone, die zwischen den beiden Kreisen liegen als potenzielle Endpunkte zum jeweiligen Startpunkt gewertet und die entsprechenden Kombinationen als Nullfahrten genutzt. Da längere Fahrten sehr unwahrscheinliche Hexagon-Kombinationen einschließen würden, werden diese entfernt.[12]

Ausgehend von diesem Datensatz wird in einer logistischen Regression die Aktivität zwischen zwei Hexagonen – als Dummy dargestellt – anhand der folgenden Variablen erklärt:

> ***activity*** *= dist_km + en_tourism + st_tourism + en_dummy_s_u + st_no_s_u_ring + no_min15 + mult_interaction + dummy_ring_ends + en_dist_stadtmitte*

Tabelle 4-2 beschreibt die erklärenden Variablen im Modell. Tabelle 4-3 zeigt die Regressionsergebnisse. Anhand des durchschnittlichen marginalen Effekts kann abgelesen werden, ob und wie die verschiedenen betrachteten Faktoren die Wahrscheinlichkeit beeinflussen, dass eine Fahrt stattfindet. Zunächst ist festzuhalten, dass alle betrachteten Faktoren einen signifikanten Einfluss auf die Wahrscheinlichkeit haben, ob eine E-Tretrollerfahrt stattfindet. Die Richtung der Effekte ist wie durch die obigen deskriptiven Analysen bereits nahegelegt: das Vorhandensein von touristischen Attraktionen und von öffentlichen Verkehrsmitteln am Zielort erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Fahrt. Wenn in der Nähe des Startpunktes keine Haltestelle des öffentlichen Verkehrs liegt, dann sind Fahrten weniger wahrscheinlich. Von besonderem Interesse sind die Koeffizienten der Variablen, die den Effekt der ÖPNV-Erreichbarkeit messen. Im Modell wird überprüft, wie sich eine schlechte ÖPNV-

[12] Zöge man als Referenz alle Paare im Stadtgebiet Berlin oder alle Kombinationen von bereits angefahrenen Hexagonen heran, wäre die Analyse verzerrt. Denn es interessiert weniger, wie viel wahrscheinlicher eine häufig frequentierte Strecke im Vergleich zu einer Kombination abgelegener Start- und Endhexagone befahren wird, sondern wie das Nutzungsverhalten innerhalb der regelmäßig befahrenen Stadtbereiche mit dem ÖPNV-System interagiert.

Erreichbarkeit (Ziele, die von einem gegebenen Ausgangspunkt nicht innerhalb von 15 Minuten mit dem ÖPNV erreichbar sein) auf die Wahrscheinlichkeit, dass eine E-Tretrollerfahrt stattfindet, auswirkt.

Tabelle 4-2:
Variablen des Logit-Modells

Variable	Erläuterung
activity	Aktivität zwischen beiden Hexagonen (Dummy)
dist_km	Entfernung zwischen Start- und Endhexagons (Luftlinie, km)
en_tourism	Tourismusattraktion im Endhexagon (Dummy)
st_tourism	Tourismusattraktion im Starthexagon (Dummy)
en_dummy_s_u	S+U im Endhexagon (Dummy)
st_no_s_u_ring	Kein S+U im Start- oder den anliegenden Hexagonen (Dummy)
no_min15	Nicht in 15 Minuten mit ÖPNV erreichbar (Dummy)
mult_interaction	Interaktion zwischen den beiden vorigen (Dummy)
dummy_ring_ends	Kommen in den dem Endhexagon anliegenden Feldern insgesamt min. 48 Fahrten an? (Spatial lag als Dummy)
en_dist_stadtmitte	Distanz des Endpunktes zur U-Stadtmitte

Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung auf Basis der MaaPS-Daten.

Die Ergebnisse der Modellberechnungen legen nahe, dass sich eine schlechte ÖPNV-Erreichbarkeit negativ auf die Anzahl der E-Tretrollerfahrten auswirkt. Entsprechend finden E-Tretrollerfahrten häufiger in Gebiete statt, die von einem gegebenen Ausgangspunkt auch in 15 Minuten mit dem ÖPNV erreichbar sind (alle anderen betrachteten Faktoren konstant gehalten). Im Modell wird zudem mit Hilfe einer Interaktionsvariable überprüft, ob der Effekt einer schlechten ÖPNV-Erreichbarkeit auf die Wahrscheinlichkeit, dass eine Fahrt stattfindet, von anderen Variablen abhängig ist. Konkret wird betrachtet, ob der marginale Effekt der schlechten ÖPNV-Erreichbarkeit davon abhängig ist, ob der Startpunkt einer Fahrt in der Nähe einer Haltestelle des ÖPNV liegt. Tatsächlich findet sich Evidenz für eine Nicht-Linearität des Effekts der schlechten ÖPNV-Erreichbarkeit. Liegt der Startpunkt einer Fahrt nicht in der Nähe einer Haltestelle des ÖPNV, so ist der Effekt der schlechten ÖPNV-Erreichbarkeit

geringer (dies zeigt sich im positiven Koeffizienten des Interaktionsterms). Das bedeutet, dass E-Tretroller unter bestimmten Umständen häufiger eingesetzt werden, um in Kombination mit dem ÖPNV schlecht erreichbare Ziele zu erreichen. Der positive Koeffizient des Interaktionsterms kann somit als Evidenz dafür gewertet werden, dass auch eine komplementäre Nutzung von E-Tretrollern und dem ÖPNV relevant ist. Ob eine komplementäre Nutzung die substitutive dominiert und ob diese Ergebnisse als robust zu bewerten sind, muss im Rahmen von weiterführenden Analysen überprüft werden. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf der Formulierung von sauberen, aus der Theorie abgeleiteten und empirisch überprüfbaren Hypothesen zur Interaktion zwischen den verschiedenen städtischen Verkehrsmitteln liegen. Das im Rahmen der Machbarkeitsstudie vorgestellte Modell zeigt, dass der vorliegende Datensatz vielfältige Möglichkeiten bietet, solche Hypothesen zu testen.

Tabelle 4-3:
Ergebnisse des Logit-Modells

Erklärende Variable	Durchschnittl. marginaler Effekt	Standardfehler	Z-Wert	P-Wert
Fahrtlänge (in km)	-0,0510 ***	0,0004	123,6073	0,0000
Ziel = Tourist	0,0186 ***	0,0007	-25,3199	0,0000
Start = Tourist	0,0244***	0,0007	-68,4350	0,0000
Ziel = S-/U-Bahn	0,0528 ***	0,0007	73,0011	0,0000
Start != S-/U-Bahn	-0,0380***	0,0006	-68,4350	0,0000
Ziel nicht in 15min-ÖPNV-Distanz	-0,0292 ***	0,0007	-44,6314	0,0000
Interaktion (Start != S-/U-Bahn)*(Ziel nicht in 15min-ÖPNV-Distanz)	0,0028 ***	0,0008	3,5462	0,0004
Fahrtenden in angrenzender Fläche des Ziels	0,0634 ***	0,0007	90,3268	0,0000
Entfernung des Ziels zur Stadtmitte (in km)	-0,0032 ***	0,0001	-36,4818	0,0000

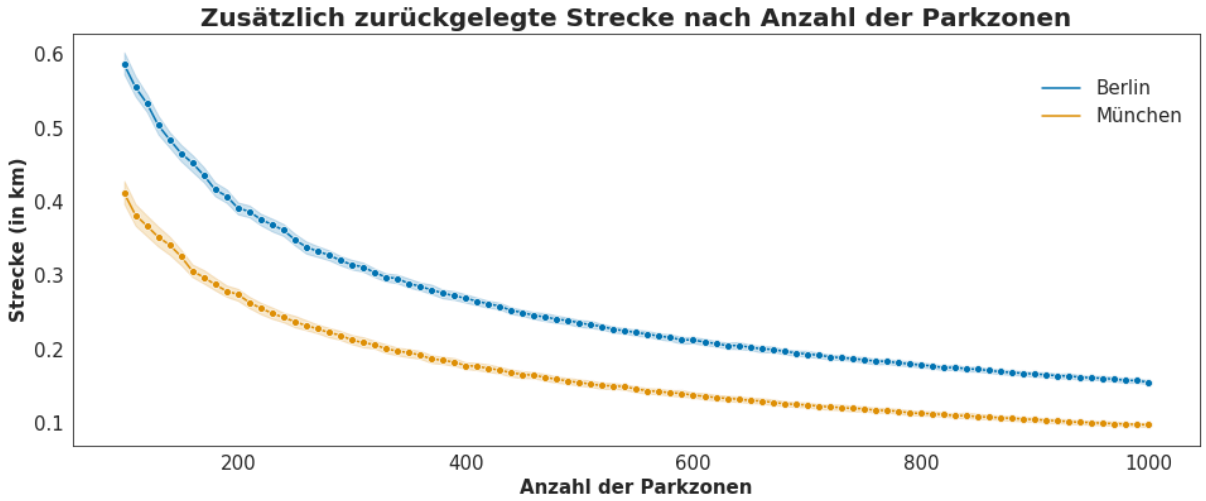
Quelle: Eigene Berechnungen und Darstellung auf Basis der MaaPS-Daten.

4.2.9 Parkzonenalgorithmus

Eine wachsende Zahl von Städten, u.a. auch Berlin und München, versucht dem Problem von unsachgemäß abgestellten E-Tretrollern durch die Bereitstellung von ausgewiesenen freiwilligen Parkzonen zu begegnen. Mikromobilitätsanbieter können die Nutzung dieser Zonen z.B. über Freiminuten für Nutzer:innen attraktiv machen.

Eine zentrale Frage, die sich Städten bei der Einrichtung von Parkzonen stellt, ist der optimale Standort solcher Zonen. Zur Bestimmung einer optimalen Parkzonenallokation wurde im Rahmen der Machbarkeitsstudie ein Algorithmus implementiert, der für Berlin und München für eine gewünschte Zahl von neu zu errichtenden Parkflächen optimale Standorte für diese Zonen berechnet. Der Algorithmus basiert auf den tatsächlich beobachteten Endpunkten von Fahrten im Beobachtungszeitraum und basiert auf dem Grundgedanken, dass die Parkzonen möglichst dort erreichtet werden sollen, wo der Bedarf nach Abstellflächen hoch ist. Technisch wird diese Idee umgesetzt, indem die Distanz zwischen den im Betrachtungszeitraum tatsächlich beobachteten Endpunkten und einer beliebigen Anzahl von Parkzonen minimiert wird. Abbildung 4-14 zeigt für Berlin und München die Distanz zur nächsten Parkzone nach Zonenanzahl basierend auf den MaaPS-Daten.

Abbildung 4-14
Beispiel einer algorithmisch-basierten Parkzonenallokation, Strecke pro Fahrt.



Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis der MaaPS-Daten.

4.3 Fazit Fallstudie

Um die im Rahmen der Machbarkeitsstudie gewonnenen Erkenntnisse zusammenzufassen, wird aufgezeigt, inwieweit der vorgestellte technische Ansatz den eingangs definierten Anforderungen an die Analyse von Mikromobilitätsdaten – Aussagekraft, Datenschutz, Zugang, Effizienz – gerecht wird (technische Aspekte).

4.3.1 Aussagekraft

Die beiden Fallstudien für Berlin und München zeigen, dass anhand der räumlich und zeitlich aggregierten Daten zu Start- und Endpunkten von Fahrten aussagekräftige Analysen zur Mikromobilität in Städten möglich sind. Der H3-Ansatz erweist sich als zielführend, um anhand von historischen Daten wichtige Fragen der Städte zu Mikromobilität als neuer Mobilitätsform zu beantworten.

Die Analyse von Daten zu Start- und Endpunkten von Fahrten, die nicht mit weiteren Datenquellen verknüpft sind, liefert bereits wichtige Erkenntnisse bei offenen Fragen zur E-Tretrollernutzung. Dazu gehört die Gesamtzahl der Fahrten im Untersuchungszeitraum, die statistische Verteilung von Fahrtdauer und zurückgelegter Distanz, die Nutzungsmuster im Zeitablauf und die räumliche Verteilung von Start- und Endpunkten von Fahrten im Stadtgebiet („Nutzungshotspots“). Dass die vorliegenden Daten eine erste belastbare Grundlage für die Planung von neuer Verkehrsinfrastruktur sind, zeigt beispielhaft der Parkzonenalgorithmus. Dieser ermittelt, basierend auf den beobachteten Endpunkten von Fahrten, für eine beliebige Anzahl von neu zu errichtenden Parkzonen den jeweils optimalen Standort.

Vielfältige Analysemöglichkeiten ergeben sich zudem über eine Verknüpfung der aggregierten E-Tretroller-Nutzungsdaten mit anderen Datenquellen, wie Wetterdaten, Tageszeiten, Punkten von Interesse und Daten zur ÖPNV-Erreichbarkeit. Damit lassen sich wichtige Fragen beantworten, die für die Bewertung der Nachhaltigkeit neuer Mobilitätsformen, für die Regulierung der neuen Angebote und für den erforderlichen Umbau der städtischen Verkehrsinfrastruktur von Bedeutung sind. Insbesondere die Analyse der Interaktion der E-Tretrollernutzung mit dem ÖPNV verspricht wertvolle Erkenntnisse und kann basierend auf dem im Rahmen der Machbarkeitsstudie erprobten Vorgehen weiterverfolgt werden. Der Verknüpfung von aggregierten E-Tretrollerdaten mit anderen Daten mit Raumbezug sind dabei wenig Grenzen gesetzt. Einzige Voraussetzung ist, dass die vorliegenden Daten ebenfalls auf den H3-Standard aggregiert werden können. Damit ergibt sich eine hohe Aussagekraft der räumlich und zeitlich aggregierten Daten mit Blick auf die offenen Fragen, die für die Städte mit Blick auf Mikromobilität interessant sind.

Es gibt allerdings auch Einschränkungen bezüglich der Anwendbarkeit des untersuchten technischen Ansatzes. So wird deutlich, dass auf H3 aggregierte Daten nur eingeschränkt für die Kontrolle von Regelverstößen nutzbar sind. Grund ist, dass hierfür zumeist ein größerer Detailgrad erforderlich ist, als über eine Aggregation auf Hexagone mit einer Kantenlänge von 65 Metern möglich. Zudem beschränkt sich die Anwendbarkeit der vorgestellten Aggregation auf historische Daten. Für die

Beobachtung der Rollernutzung in Echtzeit ist eine Aggregation über H3 zwar theoretisch möglich, praktisch aber aufgrund der hohen Anforderungen an die Rechenleistung durch eine automatisierte Aggregation der Daten aktuell nicht umsetzbar.

Unabhängig vom untersuchten technischen Ansatz muss grundsätzlich berücksichtigt werden, dass die im Rahmen von empirischen Analysen von Mikromobilitätsdaten gewonnenen Aussagen nur spezifisch für einen Anbieter von Mikromobilität und den untersuchten Zeitraum gelten. Sie ermöglichen somit keine repräsentativen Aussagen für die E-Tretrollernutzung in einer Stadt. Dies schränkt die Verallgemeinerbarkeit der im Rahmen der Machbarkeitsstudie gewonnen inhaltlichen Erkenntnisse deutlich ein, da der Untersuchungszeitraum der beiden Fallstudien im Sommer 2019 liegt und somit einen Zeitraum unmittelbar nach der Zulassung von E-Tretrollern im deutschen Straßenverkehr umfasst. Daten eines einzelnen Anbieters zeigen immer einen Ausschnitt der Rollernutzung. Um ein Gesamtbild der Lage in einer Stadt zu erhalten, ist die Analyse der Daten einer möglichst großen Zahl von Anbietern in der jeweiligen Stadt notwendig.

4.3.2 Datenschutz

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie wurde dargelegt, dass bei der Weitergabe von individuellen disaggregierten Nutzungsdaten von Mobilitätsanbietern an Städte Bedenken mit Blick auf den Datenschutz bestehen. Kritisch diskutiert wird, dass eine Erstellung von Bewegungsprofilen möglich ist und dass Risiken des Datendiebstahls oder einer unkontrollierten Datenverbreitung bestehen. Die im Rahmen der Machbarkeitsstudie vorgestellte und für Auswertungen genutzte räumliche Aggregation von Nutzungsdaten über H3 in Kombination mit einer Aggregation über die Zeit macht deutlich, dass eine Weitergabe von disaggregierten Daten für viele aussagekräftige Analysen nicht erforderlich ist.

Vielmehr stellt die räumliche und zeitliche Aggregation der Mobilitätsdaten eine konkrete Möglichkeit der Risikoverringerung dar, die den Schutz der personenbezogenen Daten von Mobilitätsnutzer:innen verbessert. Dies gilt, da über die Aggregation der Daten das Risiko von Datenmissbrauch und der Erstellung von Bewegungsprofilen im Vergleich zu einer disaggregierten Weitergabe von Daten deutlich verringert wird. Dem Grundsatz der Datensparsamkeit folgend wird über die Aggregation der Daten erreicht, dass nur so detaillierte Daten für Auswertungen von Mikromobilitätsdaten genutzt werden, wie für aussagekräftige Analysen nötig. Der vorgestellte Ansatz kann somit eine hohe Aussagekraft mit dem Prinzip der Datensparsamkeit verbinden. Zudem stellt dieser eine mögliche Lösung für die im Zusammenhang mit MDS diskutierten datenschutzrechtlichen Probleme dar.

Im Einzelnen muss die Vereinbarkeit mit datenschutzrechtlichen Vorgaben in enger Abstimmung mit den Datenschutzbeauftragten der Städte geklärt werden. Um den Schutz der persönlichen Daten der Mobilitätsnutzer:innen bestmöglich zu gewährleisten, muss bei der praktischen, organisatorischen Ausgestaltung eines H3-basierten Datenaustauschs zudem bedacht werden, an welcher Stelle und durch welche Partei die Aggregation der individuellen Fahrtdaten vorgenommen wird. Dieser Aspekt wird bei den Empfehlungen zur organisatorischen Ausgestaltung eines H3-basierten Datenaustauschs aufgegriffen.

4.3.3 Zugang

Die beiden Fallstudien für Berlin und München haben gezeigt, dass zeitlich und räumlich aggregierte Daten intuitiv verständliche und anschlussfähige Analysen ermöglichen. Eine Aggregation auf H3 ist prinzipiell mit anderen in der Stadtverwaltung verwendeten Raumbezügen wie beispielsweise Verkehrszellen verknüpfbar. Da sich die auf H3 aggregierten Nutzungsdaten von E-Tretrollern grundsätzlich mit allen raumbezogenen Daten verknüpfen lassen, die ebenfalls auf H3 aggregierbar sind, ergibt sich ein breites Anwendungsfeld für die zeitlich und räumlich mit H3 zusammengefassten Daten. Somit erweist sich der Ansatz der Aggregation der Daten als zweckdienlich, um den Zugang zu den Analysen sicherzustellen.

Im weiteren Sinne bedeutet Zugang auch, dass Städte die Möglichkeit haben sollen, mit wenig Aufwand Erkenntnisse aus der Analyse von Mikromobilitätsdaten zu gewinnen. Die Erkenntnisse aus der Auswertung von Mikromobilitätsdaten sollten Städten möglichst niedrigschwellig zur Verfügung stehen.

Die Arbeiten im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie haben verdeutlicht, dass sowohl die Verknüpfung der E-Tretroller-Nutzungsdaten mit anderen Datenquellen als auch die Datensatzbereinigung und Auswertung der Daten mit großem Aufwand verbunden ist. Sie erfordert nicht nur Ressourcen, sondern auch spezifische Expertise und Erfahrung in der Analyse komplexer Datensätze und muss von Datenwissenschaftler:innen mit entsprechenden Programmierkenntnissen durchgeführt werden. Die vorgestellte technische Lösung für die Analyse von Mikromobilitätsdaten ist somit kein Ansatz, der von Städten ohne größeren Aufwand flächendeckend selbst implementiert werden könnte. Stattdessen bedarf es der Unterstützung durch Wissenschaftler:innen, deren Aufgabe es ist, die Daten mit ihren Verknüpfungen zu analysieren. Beispiele hierfür sind die Analyse der Punkte von Interesse und die Interaktion der E-Tretrollernutzung mit dem ÖPNV.

Eine wissenschaftliche Begleitung der Städte erscheint daher sinnvoll, um das volle Nutzenpotenzial von Mikromobilitätsdaten zu erschließen. Besonders Städte, die nicht die Mittel haben, eigene Kompetenzen in der Datenanalyse vorzuhalten, sollten durch Wissenschaftler:innen bei der Analyse der Mikromobilitätsdaten unterstützt werden. Beispielsweise können Wissenschaftler:innen Städte bei der Definition der Anforderungen in puncto Datenbereitstellungspflichten beraten.

4.3.4 Effizienz

Aus technischer Sicht kann die Datenübertragung effizient ausgestaltet werden, indem bestehende standardisierte Schnittstellen und Formate für den Datenaustausch genutzt werden. Die Mobility Data Specification (MDS) bietet Kommunen und anderen Behörden solch einen standardisierten Mechanismus, Daten von Mobilitätsanbietern zu empfangen. Um den hier vorgeschlagenen technischen Ansatz umzusetzen, kann eine Datenübertragung über die Provider API mit einer zeitlichen und räumlichen Aggregation der Daten kombiniert werden. Wie solch ein H3-basierter Datenaustausch in der Praxis mit möglichst geringem Aufwand und effizient für die Anbieter von Mikromobilität und Städte organisiert werden kann, wird in Kapitel 5 näher diskutiert.

Räumlich im H3-Format aggregierte Daten bieten sich für eine regelmäßige Berichterstattung von Mikromobilitätsanbietern an die Stadt an (historische Daten). Ein Datenaustauch in diesem Format kann die Bereitstellung von georeferenzierten Standorten der Fahrzeugflotten in Echtzeit ergänzen. Insgesamt kann der technische Ansatz nur unter zwei Voraussetzungen zum Einsatz kommen. Erstens müssen die Mikromobilitätsanbieter bereit sein oder verpflichtet werden, Daten zu individuellen Fahrten bereitzustellen. Zweitens muss die technische Kompetenz zur Datenanalyse und -auswertung vorhanden sein.

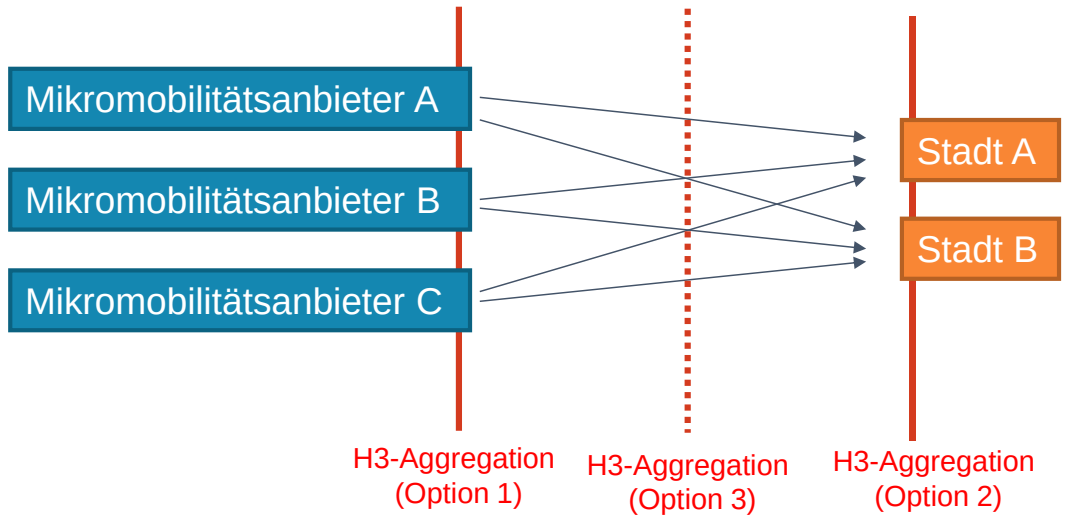
5. Ausblick und Empfehlungen

Nachdem die technischen Aspekte diskutiert wurden, werden abschließend mögliche organisatorische Lösungen für die praktische Implementierung des vorgestellten Ansatzes präsentiert. Es wird nachfolgend eine konkrete Empfehlung abgeleitet, wie das volle Nutzenpotenzial von Mikromobilitätsdaten für Stadtverwaltungen in der Praxis erschlossen werden kann (organisatorische Aspekte).

Organisatorischer Ansatz für einen effizienten Datenaustausch

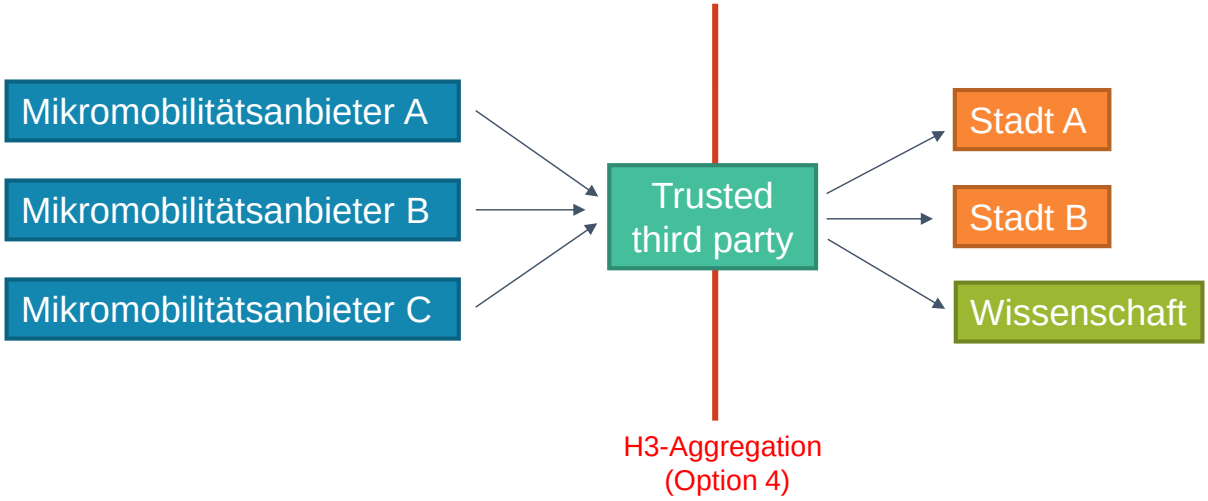
Im Folgenden geht es um die Frage, wie ein H3-basierter Datenaustausch zwischen Städten und Mikromobilitätsanbietern in der Praxis ausgestaltet werden kann. Die diskutierten Formate unterscheiden sich darin, an welcher Stelle und von welcher Institution die räumliche und zeitliche Aggregation der Daten vorgenommen wird. Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2 zeigen, anhand des Beispiels von drei Mikromobilitätsanbietern, die in zwei verschiedenen Städten aktiv sind, vier mögliche Optionen auf.

Abbildung 5-1:
Verschiedene Formate für einen H3-basierten Datenaustausch



Quelle: DIW Econ.

Abbildung 5-2:
Datenaustausch über eine zentrale Stelle („trusted third party“)



Quelle: DIW Econ.

Option 1: Der Mikromobilitätsanbieter nimmt die Aggregation der Daten vor

Bei Option 1 werden die Daten von den Mikromobilitätsanbietern bereits aggregiert, bevor Sie den Städten zur Verfügung gestellt werden. Im Rahmen von Option 1 könnten die Mikromobilitätsanbieter sich freiwillig selbst verpflichten oder verpflichtet werden, den Städten regelmäßig Daten im H3-Format zur Verfügung zu stellen. In Berlin beispielsweise könnte die zeitliche und räumliche Aggregation nach H3 in der Verpflichtung zur Datenbereitstellung im Berliner Straßengesetz verankert werden. In München hingegen könnte auf eine Anpassung der „Freiwilligen Selbstverpflichtung für Anbieter von Leihsystemen für E-Scooter und sonstige Elektrokleinstfahrzeuge in der Landeshauptstadt München“ (Kreisverwaltungsreferat 2019) hingewirkt werden. Die Vor- und Nachteile eines Ansatzes, bei dem die Mikromobilitätsanbieter die Daten aggregieren, sind in Tabelle 5-1 dargestellt.

Option 2: Anbieter von Mikromobilität liefern Daten disaggregiert an die Stadt und die Stadt aggregiert die Daten für die Auswertung und Weiterverwendung auf H3

Im Gegensatz zu Option 1 werden bei Option 2 noch nicht aggregierte Daten an die Städte weitergeleitet. Der entscheidende Vorteil des im Rahmen der Machbarkeitsstudie vorgestellten technischen Ansatzes, die Datensparsamkeit, kommt bei Option 2 somit nicht zum Tragen. Dies liegt daran, dass im ersten Schritt die Mikromobilitätsanbieter ihre Daten auf Ebene von individuellen

Fahrten mit einem hohen Detailgrad an die Städte liefern müssten. Erst dann kann die Aggregation der Daten seitens der Städte vorgenommen werden. Da dadurch die Anforderungen an den Schutz von personenbezogenen Informationen nicht erfüllt werden, wird diese Option nicht weiter vertieft.

Option 3: Die Aggregation erfolgt automatisiert über eine neu zu schaffende Schnittstelle

Bei Option 3 werden die Daten weder von den Mikromobilitätsanbietern noch den Städten aggregiert. Stattdessen erfolgt die Datenaggregation automatisiert über eine neue Programmierschnittstelle (API). Die Städte würden somit bereits aggregierte Daten über die Schnittstelle erhalten und hätten, im Gegensatz zu Option 2, keinen Zugriff auf die disaggregierten Daten. Aufgrund des hohen Bedarfs an Rechenleistung für eine automatisierte Aggregation von individuellen Fahrtdaten handelt es sich hierbei allerdings um einen Ansatz, der mit den derzeit gegebenen technischen Möglichkeiten (Multiparty computing) nicht praktisch umsetzbar ist. Daher wird dieser Ansatz nicht weiterverfolgt.

Option 4: Datenaustausch über eine dritte Stelle („trusted third party“)

Eine vierte Option besteht darin, dass der Datenaustausch über eine sogenannte „trusted third party“ erfolgt. Im Rahmen von Option 4 würden die Mikromobilitätsanbieter die Daten zu individuellen Fahrten an eine unabhängige dritte Partei liefern, die die Informationen auf H3 aggregiert und den Städten die aggregierten Daten und Auswertungen zur Verfügung stellt. Die dritte Partei könnte ein Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrum sein, das den Datenschutz glaubwürdig sicherstellt und die Mikromobilitätsdaten so aufbereitet, dass sie optimal für die Zwecke der Städte und für wissenschaftliche Analysen genutzt werden können. Die Vor- und Nachteile dieses Ansatzes im Vergleich zur ersten Option sind in Tabelle 5-1 dargestellt.

Tabelle 5-1:
Vergleich Option 1 und 4 zur Ausgestaltung eines H3-basierten Datenaustauschs

	Option 1: Der Mikromobilitätsanbieter nimmt die Aggregation der Daten vor	Option 4: Datenaustausch über ein Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrum („trusted third party“)
Aussagekraft	+ Städte haben die Freiheit, die spezifischen Datenbedarfe individuell zu formulieren. Eine Kommune hätte vollen Datenzugriff auf die aggregierten Daten (Datensouveränität) - Es gibt keine zentrale Stelle, die die Daten zusammenführt, über mehrere Städte hinweg gemeinsam analysiert und die aufbereiteten Informationen der Wissenschaft bereitstellt	+ Neben den Städten wird auch der Wissenschaft Zugang zu Mobilitätsdaten gewährt, somit kann das Nutzenpotenzial der Daten ausgeschöpft werden + Vergleichende Analysen zwischen Städten sind möglich
Datenschutz	+ Es handelt sich um einen datensparsamen Ansatz, da die Daten bereits vom Mikromobilitätsanbieter aggregiert werden. Da keine disaggregierten Daten zu Fahrten an die Stadt oder an Dritte weitergegeben werden, werden die Risiken mit Blick auf den Schutz personenbezogener Informationen minimiert	+ Ein Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrum nimmt die Funktion eines Datentreuhänders ein, eine Akkreditierung über den Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten könnte für die Qualitätssicherung mit Blick auf den Datenschutz sorgen
Zugang für Kommunen	- Die Städte sind stark von der Bereitschaft der Mikromobilitätsanbieter abhängig, den Mehraufwand für die Aggregation zu tragen und Daten im entsprechenden Format bereitzustellen - Die Stadt muss die Daten der verschiedenen Mobilitätsanbieter, die in der Stadt aktiv sind, zusammenführen - Die Stadt benötigt für die Formulierung der Anforderungen an die Datenbereitstellung sowie die Auswertung der aggregierten Daten	- Mikromobilitätsanbieter müssen bereit sein, disaggregierte Daten zu individuellen Fahrten an eine dritte Partei zu liefern + Städte bekommen über das Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrum Zugang zu aggregierten Daten und Analysen + Städte müssen keine eigenen Ressourcen für die Datenanalyse aufwenden und benötigen keine Data Science-Kompetenzen

	Ressourcen und entsprechende Data Science-Kompetenzen	
Effizienz	- Bei den Anbietern von Mikromobilität entsteht zusätzlicher Aufwand für die Aggregation der Daten auf H3 (insbesondere, wenn Städte individuelle Anforderungen an die Datenbereitstellung definieren)	+ Es entsteht kein Mehraufwand bei den Mobilitätsanbietern für die Aggregation der Daten
	- Skaleneffekte in der Aggregation und Auswertung der Daten können nicht realisiert werden, da jeder einzelne Mobilitätsanbieter die Aggregation der Daten durchführen muss und jede Stadt selbst die Analyse	+ Einheitliche Anforderungen an die Datenbereitstellung über alle Städte hinweg minimieren den Aufwand für die Datenbereitstellung durch die Mikromobilitätsanbieter + Skaleneffekte in der Analyse der Daten können gehoben werden, da einmal gemachte Aggregationen und Auswertungen leicht von einer Stadt auf eine andere übertragbar sind
	- Es entsteht hoher Koordinierungsaufwand, da jede Stadt mit jedem Anbieter einen Vertrag oder eine Vereinbarung abschließen muss	+ geringere Transaktionskosten für die Stadt, die sich lediglich an Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrum wenden muss + Aggregation und Auswertung der Daten können aus einer Hand erfolgen - Mikromobilitätsanbieter müssen potenziell an zwei Stellen, sowohl an die Stadt als auch an das Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrum, berichten (z.B. historische Daten an eine zentrale Stelle und Echtzeitdaten an die Stadt)

Quelle: DIW Econ.

Einrichtung eines Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrums Mikromobilität

Wie der in Tabelle 5-1 dargestellte Vergleich von Option 1 mit Option 4 verdeutlicht, bieten beide Optionen Vor-und Nachteile. Insgesamt schneidet Option 4 aber in allen Vergleichsaspekten besser bzw. mindestens genauso gut ab wie Option 1. Hauptvorteil des Ansatzes, eine „trusted third party" einzuschalten, liegt darin, dass Skaleneffekte erzielt werden und Synergiepotenziale in der Aggregation und Auswertung der Daten vorgenommen werden können. Infolgedessen wird für eine effiziente Ausgestaltung eines H3-basierten Datenaustauschs die Einrichtung eines Kompetenz- oder Forschungsdatenzentrums Mikromobilität empfohlen (Option 4).

Zu den Aufgaben der neu zu schaffenden Stelle gehört:

- Sammlung von Mikromobilitätsdaten in Zusammenarbeit mit Städten und den Mikromobilitätsanbietern
- Aggregation und Auswertung von Mikromobilitätsdaten
- Bereitstellung von aggregierten und anonymisierten Mikromobilitätsdaten an Städte und an die Wissenschaftsgemeinschaft in Form von Administration-Use-Files und Scientific-Use-Files
- Erstellen von Analysen und Berichten zu Mikromobilität, Definition und Ermittlung von Standardindikatoren für Städte
- Beratung von Städten bei der Analyse von Mikromobilitätsdaten
- Beratung von Städten bei der Definition von Datenbereitstellungspflichten für Mikromobilitätsanbieter

Der Einsatz einer „trusted third party" ist in der Wissenschaft ein weit verbreitetes Konzept in Bezug auf die Nutzung sensibler Daten. King und Persily (2020) schlagen eine Lösung zum Aufbau von Beziehungen zwischen Industrie und Forschung vor, die im Rahmen des Harvard-Projekts SocialScienceOne vorgestellt wurde. Datennutzer:innen werden hierbei in zwei Gruppen unterteilt. Einerseits solche mit vollständigem Zugang zu den Daten und relevanten kontextuellen Informationen, andererseits diejenigen mit der Möglichkeit, ohne voriges Abzeichnen der Firma die Analysen zu veröffentlichen und darauf basierend zu handeln. Erstere agiert dabei als „trusted third party", die eine Vertraulichkeitserklärung bzgl. der Publikation unterzeichnet, und dadurch ohne Einschränkung Analysen mit den (personenbezogenen) Daten vollziehen kann. Die entsprechend de-identifizierten Ergebnisse – hier durch Aggregation – werden an die handelnde bzw. veröffentlichende Institution weitergeleitet.

Im Fall des H3-baiserten Datenaustauschs zur Mikromobilität kann sich die Ausgestaltung einer „trusted third party“ an der Forschungsdateninfrastruktur orientieren, wie sie in den Sozial-, Verhaltens- und Wirtschaftswissenschaften etabliert ist. Allgemein ermöglichen Forschungsdatenzentren in den Sozial-, Verhaltens- und Wirtschaftswissenschaften der Wissenschaft einen Datenzugang für die empirische Forschung. Sie garantieren mit technischen und organisatorischen Maßnahmen die Einhaltung des Datenschutzes und stellen sicher, dass die bereitgestellten Daten nur für die vorgesehenen Zwecke genutzt werden. Darüber hinaus bieten sie den Datennutzer:innen Beratungsleistungen und Service-Angebote. Daten werden von staatlichen, wissenschaftsgetragenen und privatwirtschaftlichen Akteuren bereitgestellt. Der Rat für Sozial- und Wirtschaftsdaten hat 34 Forschungsdatenzentren akkreditiert.

Beispiele sind das Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter der Länder (FDZ-Länder) und das Forschungsdatenzentrum des Sozio-oekonomischen Panels (FDZ SOEP) am Deutschen Institut für Wirtschaftsforschung. Bei den SOEP-Daten handelt es sich wie bei den Nutzungsdaten von E-Tretrollern um personenbeziehbare Daten, die besonders geschützt sind. Deswegen ist die Nutzung an bestimmte Bedingungen geknüpft. In einem Datenweitergabevertrag verpflichten sich Datennutzer:innen, diese Bedingungen einzuhalten.

Literaturverzeichnis

ACLU Foundation of Southern California (2020): CASE NO: 2:20-cv-05044: COMPLAINT, verfügbar unter https://www.aclusocal.org/sites/default/files/sanchez_v_ladot_-_complaint.pdf, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Agora Verkehrswende (2019): E-Tretroller im Stadtverkehr, Handlungsempfehlungen für deutsche Städte und Gemeinden zum Umgang mit stationslosen Verleihsystemen.

Bondaruk, B., Roberts, S.A., & Robertson, C. (2019): Discrete Global Grid Systems: Operational Capability of the Current State of the Art*, Spatial Knowledge and Information Canada*, 7(6), 1.

Bonnen, C. (2018): Die Städte kämpfen um die Kontrolle, ZEIT-Online, verfügbar unter https://www.zeit.de/mobilitaet/2019-11/e-scooter-nutzungsdaten-staedte-kampf, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Bundeministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVi) (o.D.): ally Mobility Analytics Platform – allyMAP, verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/mfund-projekte/analyseplattform-mobilitaetsangebote-allymap.html, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Bundesverwaltungsamt (2020): Open Data Handbuch.

Carey, C. (2021): US court dismisses lawsuit against LA's mobility data sharing requirement, verfügbar unter https://cities-today.com/us-court-dismisses-lawsuit-against-las-mobility-data-sharing-requirement/, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

City of Chicago (o.D.): Chicago 2020 E-scooter Pilot: Mid-Pilot Report(Aug 12 – Oct 12), verfügbar unter: https://www.chicago.gov/content/dam/city/depts/cdot/Misc/EScooters/2020/2020%20Chicago%20E-scooter%20Pilot%20Mid-Pilot%20Report%20(10-12-20).pdf, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Civity (2019): E-Scooter in Deutschland. Ein datenbasierter Debattenbeitrag. September 2019 , verfügbar unter http://scooters.civity.de, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Espinoza, W., Howard,M., Lane, J. & Van Hentenryck, P. (2019): Shared E-scooters: Business, Pleasure, or Transit?

Fearnley, N., Johnsson, E. & S. H. Berge, S.H. (2020): Patterns of E-Scooter Use in Combination with Public Transport, *Transport Findings*, July.

Hawkins, A. J. (2019): Uber threatens to sue Los Angeles, as the fight over scooter data escalates, verfügbar unter https://www.theverge.com/2019/10/29/20938212/uber-lawsuit-la-ladot-scooter-data-mds, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Mathew, J.K., Liu, M. & and Bullock. D.M. (2019): Impact of Weather on Shared Electric Scooter Utilization, *2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC)*, 4512-4516.

MiD (2017): Mobilität in Deutschland – MID. Ergebnisbericht der Bundesregierung. Verfügbar unter https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/G/mid-ergebnisbericht.pdf?__blob=publicationFile, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

King, G. & Persily, N. (2020): A new model for industry–academic partnerships. *PS: Political Science & Politics*, 53(4), 703-709.

Kondor, D., Hashemian, B, de Montjoye, Y. & Ratti, C. (2020): Towards Matching User Mobility Traces in Large-Scale Datasets, *IEEE Transactions on Big Data*, 6(4), 714-726.

Open Mobility Foundation (2019): Mobility Data Specification, verfügbar unter https://github.com/openmobilityfoundation/mobility-data-specification, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Open Mobility Foundation (2020): Privacy Guide for Cities, Mobility Data Specification, verfügbar unter https://github.com/openmobilityfoundation/governance/raw/main/documents/OMF-MDS-Privacy-Guide-for-Cities.pdf, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Open Mobility Foundation (o.D.): Use Case Gallery, verfügbar unter https://airtable.com/shrPf4QvORkjZmHIs/tblzFfU6fxQm5Sdhm, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

OpenStreetMap (2021): https://www.openstreetmap.de

Rabenstein, B. (2015): Öffentliche Fahrradverleihsysteme – Wirkung und Potenziale, Dissertation, Universität Stuttgart, Veröffentlichungen aus dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen, Heft 54. ISBN: 978-3-9816754-4-3.

Schnuerle, M. & Franklin-Hodge, J. (2021): Understanding the relationship between GBFS and MDS, verfügbar unter

https://github.com/openmobilityfoundation/governance/blob/main/technical/GBFS_and_MDS.md, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2020a): Bericht zu Nutzungskonflikten mit E-Tretrollern, Pressemitteilung vom 27.10.2020.

Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2020b): Referentenentwurf Abschnitt Neue Mobilität - Stand 10.09.2020, Abschnitt 6: Entwicklung Neuer Mobilität.

TÜV-Verband (2020): TÜV Mobility Studie 2020, verfügbar unter https://www.tuev-verband.de/?tx_epxelo_file[id]=824708&cHash=ffdd97d1d1e007adc980dc629d0ecf06, zuletzt abgerufen am 20.09.2021.

Uber (2018): H3: Uber's Hexagonal Hierarchical Spatial Index, verfügbar unter https://eng.uber.com/h3/, zuletzt abgerufen am 09.06.2021.