



Arbeitsberichte zur Verkehrsforschung

E-Scooter – Potentiale, Herausforderungen und Implikationen für das Verkehrssystem.

Abschlussbericht Kurzstudie E-Scooter

März 2021

Autoren

Laura Gebhardt (VF), Christian Wolf (VF), Simone Ehrenberger (FK),
Robert Seiffert (VF), Daniel Krajzewicz (VF), Rita Cyganski (VF)



Reihe: Arbeitsberichte zur Verkehrsforschung
Nummer: 4 (2021)
ISSN: 2513-1699

Impressum

Herausgeber:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
Institut für Verkehrsforschung

Anschrift:
Rudower Chaussee 7, 12489 Berlin
Telefon + 49 (030) 97055-9154
E-Mail isabel.seiffert@dlr.de

DLR.de

Bilder DLR (CC-BY 4.0), soweit nicht anders angegeben.
Titelbild: DLR
Seite VII: Credit: alexanderuhrin/stock.adobe.com
Seite 1: DLR (CC-BY 3.0)
Seite 4: Wikimedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Am_Hof,_K%C3%B6ln_Parkfl%C3%A4che_f%C3%BCr_E-Scooter-0776.jpg
Seite 12: Wikimedia Commons
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Generation_Z_kids_on_Electric_Scooter_\(48263543577\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Generation_Z_kids_on_Electric_Scooter_(48263543577).jpg)
Seite 15: DLR (CC-BY 3.0)
Seite 35: Wikimedia Commons https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frankfurt,_E-Scooter_Circ,_defekt.jpg
Seite 42: DLR (CC-BY 3.0)
Seite 44: DLR (CC-BY 3.0)
Seite 47: DLR (CC-BY 3.0)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VI
1. Einleitung.....	1
2. Literaturanalyse / State of the art.....	4
2.1. Sind E-Scooter ein Baustein eines nachhaltigen Verkehrssystems?	4
2.2. Welche Nutzergruppen und Nutzungsmuster können beobachtet werden?	7
2.3. Welche Erkenntnisse zur Akzeptanz und Verkehrssicherheit liegen vor?	8
3. Verkehrssicherheit von E-Scootern.....	12
4. Potentialanalyse	15
4.1. Theoretisches Substitutionspotential MIV	15
4.2. Theoretisches Substitutionspotential ÖV	26
4.3. Potential Zubringer ÖV	31
5. Analyse der Treibhausgasemissionen	35
6. Reflektion der Herausforderungen bei der Erhebung und Auswertung von Daten..	42
7. Diskussion und Identifikation von Forschungsbedarfen.....	44
Literaturverzeichnis	X

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht an Städten in denen E-Scooter in einem Leihsystem angeboten werden. Stand Januar 2021. Quelle: Eigene Darstellung 2021	2
Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung eines Ausgangs (Brost et al. 2019, S.61).	17
Abbildung 3: Sich aus der nacheinander angewendeten Filterung ergebende Substitutionspotentiale von MIV-Fahrten zwischen 250 m und 4 km; Basis MiD 2017	20
Abbildung 4: Zuordnung von Gemeinden zu siedlungsstrukturellen Raumtypen nach RegioStaRGem5.	22
Abbildung 5: Verteilung der MIV-Wege und Substitutionspotentiale nach Raumtyp; Basis MiD 2017	23
Abbildung 6: Substitutionspotential von MIV-Wege durch E-Scooter nach Wegezwecken; Basis MiD 2017	25
Abbildung 7: Nutzungsverteilung verschiedener Modi auf Zubringer-Etappen unterschiedlicher Länge; Basis MiD 2017.	32
Abbildung 8: Potentielle Zubringer-Etappen bis 4 km für E-Scooter differenziert nach Verkehrsmittel; Basis MiD 2017	33
Abbildung 9: Übersicht über die Gesamtemissionen an Treibhausgasen pro km aus verschiedenen Literaturquellen.	36
Abbildung 10: Treibhausgasemissionen aus dem Lebensweg eines E-Scooters in absoluten Zahlen (linke Säulen) und pro km (rechte Säulen), Quelle: eigene Berechnung basierend auf ecoinvent 3.7	38
Abbildung 11: Anteile einzelner Prozesse während der Herstellungsphase.	38
Abbildung 12: Treibhausgasemissionen verschiedener Pkw-Antriebsarten (ICEV = Pkw mit Verbrennungsmotor, BEV = batterieelektrischer Pkw, pkm = Personenkilometer).	39
Abbildung 13: Reduktionspotential an Treibhausgasemissionen pro Tag durch die Nutzung von E-Scooter anstelle verschiedener Pkws.	41
Abbildung 14: Herumliegende E-Scooter auf einem Radweg (links), ein beschilderten und markierten Parkbereich für E-Scooter in Berlin (rechts), Quelle: eigene Aufnahme 2021	47

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl und Länge zurückgelegter Wege (differenziert nach den Verkehrsmitteln Zu Fuß, Fahrrad, MIV); Quelle: BMVI (o. J.).....	12
Tabelle 2: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden Januar bis März 2020 (differenziert nach Verkehrsmitteln, Schwerverletzten und tödlich Verunglückten) Quelle: Bundesamt für Statistik, 2020.....	13
Tabelle 3: Unfälle mit Verletzten pro 1 Mio. Wege und 1 Mio. km (differenziert nach Verkehrsmitteln) Datenbasis: Bundesamt für Statistik, 2020; BMVI, o. J.; Tack et al., 2019.	14
Tabelle 4: Übersicht über Kriterien und gewählte Parameter.....	16
Tabelle 5: Substitutionspotential auf MIV-Wege (Fahrer:in/Mitfahrer:in) 0,25 bis 2 km und 0,25 bis 4 km; Basis MiD 2017.....	20
Tabelle 6: Substitutionspotential für MIV-Wege nach Raumtyp; Basis MiD 2017.	21
Tabelle 7: Substitutionspotential von MIV-Wege durch E-Scooter nach Wegezwecken; Basis MiD 2017.....	24
Tabelle 8: Substitutionspotential auf ÖV-Wege 0,25 bis 2 km und 0,25 bis 4 km; Basis MiD 2017.....	28
Tabelle 9: Substitutionspotential für ÖV-Wege nach Raumtyp; Basis MiD 2017.....	29
Tabelle 10: Substitutionspotential von ÖV-Wege durch E-Scooter nach Wegezwecken; Basis MiD 2017.....	30
Tabelle 11: Übersicht über Inputdaten für den Scooter-Betrieb Quelle: Hollingsworth et al., 2019; Moreau et al., 2019; Severengiz et al., 2020.	37
Tabelle 12: Anzahl an durch E-Scooter ersetzbaren Pkw-km auf Wegen unter 4 km (auf 100-km gerundet).....	41

Abkürzungsverzeichnis

ADAC	Allgemeine Deutsche Automobil-Club
API	Application Programming Interface
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
bspw.	Beispielsweise
ca.	circa
d. h.	das heißt
DLR	Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum
Ebd	ebenda
Et al.	et alia
eKfV	Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung
etc.	etcetera
GaBi	Ganzheitliche Bilanz
Ggf.	gegebenenfalls
REET	Greenhouse gases, Regulated Emissions, and Energy use in Transportation
ITF	International Transport Forums
LCA	Life Cycle Analysis
MiD	Mobilität in Deutschland
Mio.	Millionen
MIV	motorisierter Individualverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
pkm	Personenkilometer
Pkw	Personenkraftwagen
RegioStaR	Regionalstatistische Raumtypologie
RegioStaRGem5	Regionalstatistische Raumtypologische Gemeindetyp
TÜV	Technischer Überwachungsverein
u. a.	unter anderem
USA	United States of America
u. U.	unter Umständen
vgl.	vergleiche
v. a.	vor allem
z. B.	zum Beispiel



Summary

In Deutschland werden mit dem Pkw täglich fast 30 Mio. Fahrten unter 2 km zurückgelegt. Weitere rund 30 Mio. Pkw-Fahrten sind unter 5 km lang. Im Sinne einer nachhaltigen, städtischen Mobilität gilt es die Frage zu beantworten, wie bzw. mit welchen alternativen Verkehrsmitteln diese kurzen Strecken zurückgelegt werden könnten.

Als ein Lösungsansatz werden, seit ihrer Straßenzulassung im Juni 2019, in Deutschland elektrische Tretroller, die sogenannten E-Scooter, diskutiert. Mit der Einführung der E-Scooter war die Hoffnung verbunden, dass sie als ein Baustein nachhaltiger, multimodaler Mobilität einen Beitrag zur angestrebten Verkehrswende leisten. Da E-Scooter ohne lokale Emissionen betrieben werden, können sie einen Beitrag zur Verbesserung der innerstädtischen Luftqualität leisten, insbesondere, wenn konventionelle Pkw-Fahrten substituiert werden. Darüber hinaus stellt sich die Frage, inwieweit die Nutzung von E-Scootern die Treibhausgas-Emissionen des städtischen Verkehrs beeinflusst.

Gleichzeitig gibt es aber auch kritische Stimmen, die die Nachhaltigkeit von E-Scootern in Frage stellen, da E-Scooter in Konkurrenz zu aktiver Mobilität und zum ÖV stehen. Zudem werden E-Scooter als Gefahr für andere Verkehrsteilnehmer:innen gesehen. Die Grundlage, auf der diese Diskussion stattfindet, ist bis dato wissenschaftlich nicht hinreichend fundiert. Nach wie vor fehlt es an Zahlen sowohl zur tatsächlichen Nutzung als auch zu Potentialen, bspw. in Hinblick auf eine Reduktion des motorisierten Individualverkehrs (MIV).

Vor diesem Hintergrund gibt dieser Bericht einen Überblick über das bisherige Wissen zur E-Scooter-Nutzung sowie zu Implikationen, die mit der Nutzung einhergehen. Hierfür werden wissenschaftliche Studien und empirische Daten analysiert. Anhand einer Auswertung von Daten der Mobilitätserhebung MiD 2017 wird in einer Potentialanalyse das theoretische Substitutionspotential von E-Scootern für Wege, die bisher mit dem Pkw zurückgelegt werden, abgeschätzt. Diese Abschätzung ist gleichzeitig der Ausgangspunkt für die Analyse der Treibhausgasemissionen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Analysen zeigen, dass ein Substitutionspotential von Pkw-Fahrten vorhanden ist, und damit ein CO₂-Einsparpotential einhergeht. Um diese Einsparpotentiale zu erreichen, müssten allerdings Voraussetzungen, wie die Reduktion der Herstellungsemissionen, die Verlängerung der Lebensdauer der E-Scooter sowie ein steigender Anteil erneuerbarer Energien am Strommix, erfüllt werden. Weitere zentrale Inhalte und Erkenntnisse dieser Studie sind im Folgenden skizziert:

- Aus der Literatur geht hervor, dass E-Scooter vor allem in den Abendstunden (wochentags) und an den Wochenenden genutzt werden. Der überwiegende Teil der E-Scooter-Fahrten dient dabei Freizeit Zwecken. Zudem werden die elektrischen Leihretroller gerne von Touristen und für Spaßfahrten genutzt. Die Nutzer:innen sind vorwiegend jung, männlich, finanziell bessergestellt und überdurchschnittlich gebildet.
- E-Scooter werden v. a. bezüglich der Verkehrssicherheit und entstehender Flächennutzungskonflikte kritisiert. (Auch) Empirische Studien zeigen, dass die Leihroller in der breiten Bevölkerung wenig akzeptiert sind. Die Analyse der Unfallzahlen zeigt, dass im Vergleich mit anderen Verkehrsmitteln ein Kilometer mit dem E-Scooter ungefähr vier Mal gefährlicher ist als mit dem Fahrrad. Die Analyse stellt aufgrund der spärlichen Datenlage jedoch nur eine grobe Einschätzung dar. In der Literaturanalyse wird deutlich, dass auf Gehwegen abgestellte oder fahrende E-Scooter als besonders störend empfunden und vor allem Fußgänger:innen gefährden. Durch Ausweisungen von Parkflächen und den Ausbau der Radinfrastruktur können solche Konflikte reduziert und die Verkehrssicherheit von E-Scooter-Nutzer:innen und Fußgänger:innen erhöht werden.
- Zur Bewertung der verkehrlichen Potentiale auf Wegen bis 4 km wurde der Datensatz der deutschlandweiten Mobilitätsbefragung „Mobilität in Deutschland (MiD) 2017“ analysiert. Auf Wegen die aktuell mit dem MIV alleine oder in Begleitung einer Person zurückgelegt werden, ergibt sich ein theoretische Substitutionspotential von 10,1 % (alleine) bzw. 14,7 % (in Begleitung) aller MIV-Fahrten in Deutschland. Zudem haben E-Scooter Potentiale als Zubringer für den ÖV. Dadurch kann dieser zukünftig womöglich an Attraktivität gewinnen und so intermodales Verhalten gefördert werden. Analysen zeigen jedoch, dass die Zubringer-Etappen häufig zu Fuß und mit dem Rad zurückgelegt werden und somit die Gefahr besteht, dass auch diese aktiven Modi ersetzt werden.
- E-Scooter im Vergleich zu anderen Modi sind auf vielen Strecken oftmals am teuersten und haben eine mit dem ÖV vergleichbare CO₂-Bilanz. Dementsprechend scheint der Ersatz aktueller Modi durch E-Scooter auf Zubringer-Etappen aus Gründen der Nachhaltigkeit nicht sinnvoll, da vor allem aktive Modi ersetzt werden. Einen E-Scooter zu fahren stellt zudem kaum eine körperliche Aktivität dar und ist meist mit einem geringen Kalorienverbrauch verbunden.
- Die Nutzung eines E-Scooters verursacht keine direkten CO₂-Emissionen, die Herstellung, Wartung sowie Energiebereitstellung hingegen schon. Die Herstellung eines E-Scooters verursacht dabei die größten CO₂-Emissionen und wirkt sich bei kurzer Lebensdauer und

geringer Fahrleistung besonders negativ aus. Die Emissionen des Fahrzeugbetriebs durch Service, Ladevorgänge und Nutzung fallen dagegen weniger ins Gewicht. Werden die CO₂-Emissionen eines E-Scooters über die Lebensdauer betrachtet (Herstellung, Transport, Nutzung und Service), ergeben sich insgesamt vergleichbare Werte mit denen eines Linienbusses. Im bestmöglichen Fall kann durch die Nutzung eines E-Scooters auf Wegen des MIV bis 4 km eine Einsparung von 2 % der jährlichen durch Pkw erzeugten CO₂-Emissionen erzielt werden. Bei einer weiteren Reduktion der Emissionen, die durch die Herstellung der Leihroller entstehen, einer verlängerten Lebensdauer und dem Einsatz von umweltfreundlicheren Transportmitteln für die Instandhaltung und Ladung kann dieses theoretische Einsparpotential weiter gesteigert werden.

- Zur Reduzierung von Flächennutzungskonflikten, die durch zusätzliche, neue Verkehrsmittel entstehen, bedarf es der Regulierung des Parkmanagements und der Flottengrößen. Zudem erfordert eine Integration von E-Scootern in städtische Verkehrssysteme den Ausbau der Fahrradinfrastruktur und kann durch die Zusammenführung verschiedener Mobilitätsangebote in einer App unterstützt werden.
- Die aus den Analysen hervorgehenden Einsatzpotentiale von E-Scootern als Zubringer zum ÖV werden bis dato durch den fast ausschließlichen Einsatz der Leihroller im Innenstadtbereich nicht ausgeschöpft. Stadtrandlagen könnten demnach attraktive neue Einsatzgebiete sein, wo E-Scooter als Zubringer vom Wohnort zur nächsten S-Bahnstation einen Mehrwert darstellen könnten.



1. Einleitung

Seit Herbst 2017 sind E-Scooter (elektrisch angetriebene Stehroller) auf den Straßen einiger Städte Kaliforniens zu sehen (Kaufman & Buttenwieser, 2018). Im folgenden Jahr eroberten E-Scooter von dort aus den Straßenraum weiterer US-amerikanischer Städte (McKenzie, 2020) sowie erster europäischer Städte, bspw. in Skandinavien (Reintjes, 2020) und Frankreich (Lime, 2019). E-Scooter stellen somit ein relativ junges Phänomen dar. In Deutschland erfolgte die Einführung im Juni 2019 nach Inkrafttreten der Verordnung über die Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr (Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung - eKfV) (Bundesregierung, 2019). Seitdem ergänzen E-Scooter das Mobilitätsportfolio vieler Städte in Deutschland. Bereits Ende September 2019 waren über 62.000 E-Scooter auf den Straßen unterwegs, ungefähr die Hälfte davon in den vier größten Städten Deutschlands: Berlin, Hamburg, München und Köln (Tack et al., 2019). Bedingt durch die Corona-Pandemie war die Anzahl der Scooter 2020 deutlich geringer, allein da alle Anbieter bis auf TIER den Betrieb zeitweise eingestellt haben (Reintjes, 2020).

Mit E-Scootern war die Hoffnung verbunden, dass diese als ein Baustein nachhaltiger Mobilität einen Beitrag zur angestrebten Verkehrswende leisten (Bundesrat, 2019). Dies beruht insbesondere auf der Annahme, dass kurze Pkw-Wege durch E-Scooter ersetzt werden können und in Kombination mit öffentlichen Verkehrsmitteln inter- und multimodales Mobilitätsverhalten gestärkt wird (Arendsen, 2019; Arndt et al., 2020, Bundesrat, 2019). Neben verkehrsmindernden Effekten wird erwartet, dass die Substitution von Pkw-Fahrten durch E-Scooter zu einer Reduktion von Emissionen des Verkehrs führt (Held, 2020). Dies betrifft sowohl Emissionen, die Auswirkungen auf den Klimawandel haben, als auch solche, die die innerstädtische Luftqualität beeinflussen (Bundesrat, 2020).

Frühzeitig waren allerdings auch viele Warnungen und Befürchtungen zu hören, die sich v. a. auf Sicherheitsaspekte, Raumnutzungskonflikte und die Kannibalisierung des Öffentlichen Verkehrs (ÖV) sowie die Substitution von Wegen, die zu Fuß und mit dem Rad zurückgelegt werden, bezogen (Kugoth, 2019). So entstand um die Sinnhaftigkeit und Nachhaltigkeit von E-Scootern eine hitzige Diskussion in der Öffentlichkeit. Schlagzeilen wie „Frankfurter Gehwege werden zum Hindernisparcours“, „Ohne Helm und Verstand“, „Krieg auf den Fuß- und Radwegen vorprogrammiert“ zeigen, wie emotional aufgeladen diese Diskussion geführt wird (Deutschlandradio, 2019; Hage et al., 2019; Harting, 2020). Mit Fragen von Sicherheit und

Regulierungen wird in den einzelnen Städten sehr unterschiedlich umgegangen. Während einzelne Kommunen individuelle Lösungswege einschlagen, reagieren andere Kommunen eher verhalten. Gleichzeitig fordern Akteure wie z.B. der Deutsche Städtetag mehr und einheitliche Regularien (Deutscher Städtetag, 2019, 2020).



Abbildung 1: Übersicht an Städten in denen E-Scooter in einem Leihsystem angeboten werden. Stand Januar 2021. Quelle: Eigene Darstellung 2021

Die Grundlage, auf welcher die Diskussion über E-Scooter stattfindet, ist bis dato wissenschaftlich nicht hinreichend fundiert. Nach wie vor fehlt es an Zahlen sowohl zur tatsächlichen Nutzung als auch zu Potentialen, bspw. in Hinblick auf eine Reduktion des motorisierten Individualverkehrs (MIV). Es liegen selektiv und in geringem Umfang Daten unterschiedlicher Anbieter von E-Scootern vor. Es ist jedoch unklar, inwiefern sie wissenschaftlich korrekt erhoben, ausgewertet und interpretiert wurden. Außerdem beziehen sich die vorliegenden Daten fast ausschließlich auf Angebote im innerstädtischen Bereich (Kugoth, 2019).

Gleichzeitig ist der Anteil der E-Scooter-Fahrten am Modal Split noch zu klein, als dass Analysen auf Basis allgemeiner Mobilitätsbefragungen machbar wären, um differenzierte Aussagen zu den Nutzenden zu treffen. Zudem konnte die Nutzung von E-Scootern bisher in keiner wissenschaftlichen Mobilitätsbefragung umfangreich beleuchtet werden. Die jüngste MiD (Mobilität in Deutschland) stammt aus dem Jahr 2017, und damit aus einem Jahr, in dem es E-Scooter auf deutschen Straßen noch nicht gab.

Über die tatsächliche Umweltwirkung des E-Scooter-Einsatzes können bisher mangels belastbarer Datengrundlagen nur schwer Aussagen getroffen werden. Nach Einschätzung des ADAC werden in Deutschland nur wenige Autofahrten durch E-Scooter ersetzt. Detaillierte Zahlen hierzu sind jedoch nicht zugänglich (ADAC, 2020). Auch nach Ansicht des Umweltbundesamtes leisten E-Scooter „momentan keinen Beitrag zur Verkehrswende“ und bringen „eher Nachteile für die Umwelt“ (Umweltbundesamt, 2020). Technische Neuerungen durch die Einführung einer neuen Generation an E-Scootern und Veränderungen im Betriebsablauf (Voi, 2019) könnten jedoch zu einer Neubewertung dieser Einschätzung führen.

Vor diesem Hintergrund möchten wir in diesem Beitrag der Frage der Nachhaltigkeit von E-Scootern genauer nachgehen, indem wir eine kritische Reflektion der Potentiale von E-Scootern basierend auf nationaler wie internationaler Literatur und Daten vornehmen.

Dabei wird zum einen der Stand der Forschung systematisch aufgearbeitet und strukturiert (Kap. 2) und das Unfallrisiko anhand aktueller Statistiken abgeschätzt (Kap. 3). In einem weiteren Schritt erfolgt auf Basis verfügbarer Mobilitätsdaten eine Abschätzung des Potentials, das E-Scooter in Hinblick auf a) die Substitution von Pkw-Fahrten, b) die Substitution von ÖV-Fahrten sowie c) die Verbesserung des Zugangs zum ÖV haben und damit ggf. die Nutzung dieses fördern (Kap. 4).

Für eine Einschätzung der Nachhaltigkeit von E-Scootern werden im Rahmen dieser Studie die Treibhausgasemissionen, die durch die Nutzung von E-Scootern im Verlehsystem entstehen, quantifiziert. Dabei werden die wichtigsten Einflussgrößen identifiziert, die einen ökologisch vorteilhaften Einsatz der E-Scooter, z. B. hinsichtlich Auslastung oder Lebensdauer, charakterisieren. Mit Hilfe einer Analyse des Gesamtpotentials für die Substitution von Pkw-Fahrten in Deutschland wird eine Skalierung auf nationaler Ebene durchgeführt (Kap. 5).

Neben den dargelegten inhaltlichen Fragestellungen werden methodische Herausforderungen sowie Möglichkeiten zur besseren Erfassung der Nutzung des neuen Verkehrsmittels besprochen (Kap. 6). Abschließend werden die Ergebnisse der einzelnen Analysen zusammengeführt und diskutiert (Kap. 7).



2. Literaturanalyse / State of the art

Im Folgenden wird eine Literaturanalyse vorgenommen, um vorhandenes Wissen zu den einleitend geäußerten, zugeschriebenen Wirkungen sowie bisher sichtbaren Nutzungsmustern von E-Scootern zusammenzutragen und zu systematisieren. Dazu werden Studien und Debattenbeiträge aus unterschiedlichen Ländern herangezogen, um möglichst unterschiedliche Einsatzkontexte und deren regulative Rahmenbedingungen zu erfassen und die Übertragbarkeit auf Deutschland zu diskutieren. Die betrachtete Literatur wurde hinsichtlich folgender Themen strukturiert und analysiert: (1) Sind E-Scooter ein Baustein eines nachhaltigen Verkehrssystems? (2) Welche Nutzergruppen und Nutzungsmuster können beobachtet werden? (3) Welche Erkenntnisse zur Akzeptanz und Verkehrssicherheit liegen vor?

2.1. Sind E-Scooter ein Baustein eines nachhaltigen Verkehrssystems?

Vor allem die Anbieter von E-Scootern beschreiben diese als ein umweltfreundliches Fortbewegungsmittel (Kaufman & Buttenwieser, 2018). Die Anbieter Lime und Voi geben an, CO₂-neutral bzw. CO₂-frei zu operieren (Lime, 2019; Voi, 2019). Doch auch andere Stimmen beschreiben E-Scooter als umweltfreundlich und sprechen ihnen zu, die Dominanz des MIV verringern zu können (Agora Verkehrswende, 2019a; Tillemann & Feasley, 2018). Zurückzuführen sind diese Aussagen auf den geringen Flächenverbrauch der Leihroller sowie die erheblich bessere Energieeffizienz gegenüber konventionellen motorisierten Fahrzeugen. So können E-Scooter mit einer Kilowattstunde über 40-mal längere Strecken zurücklegen als ein Pkw (Agora Verkehrswende, 2019a).

Der Frage der Nachhaltigkeit von E-Scootern gingen Hollingsworth et al. (2019) auf der Grundlage einer Lebenszyklusanalyse (Life Cycle Analysis – LCA) nach. In ihren Szenarienrechnungen zu Emissionen durch die E-Scooter-Nutzung stellen sie fest, dass nur bei der Substitution von MIV-Fahrten in fast jedem der betrachteten Szenarien eine Nettoerduzierung der Umweltbelastung erreicht wird. Insgesamt entfallen 93 % der durch E-Scooter erzeugten Emissionen auf die Herstellung (insb. die der Batterie) (50 %) sowie auf den Transport und die Wartung (43 %) (Hollingsworth et al., 2019). Dennoch bedürfe es neben einer verlängerten Lebensdauer der E-Scooter umweltfreundlicherer Vorgehensweisen, um die Scooter für Wartung und Ladevorgänge einzusammeln (Hollingsworth et al., 2019). Für zukünftige Szenarienrechnungen sind daher neue E-Scooter-Modelle mit austauschbaren Akkus zu

berücksichtigen, wie sie von einigen Anbietern bereits eingesetzt werden. Dies ermöglicht den Austausch der Akkus vor Ort, wodurch das Einsammeln der E-Scooter für Ladevorgänge in großen Transportern entfällt und Lastenfahrräder für die Austauschvorgänge eingesetzt werden können (Reintjes, 2020; Voi, 2019).

Als eine Herausforderung bei der Gestaltung einer nachhaltigen, intermodalen Mobilität wird häufig die Überwindung der ersten und der letzten Meile genannt. Dienste geteilter Mikromobilität werden als Lösungsangebot für diese Distanzen angesehen (Arendsen, 2019). Insbesondere die Anbieter von E-Scootern bewerben diese als ein solches Angebot (Agora Verkehrswende, 2019a; Kaufman & Buttenwieser, 2018; Lime, 2019). Potential in Hinblick auf die Zubringerfunktion wird E-Scootern dabei primär in Verbindung mit dem ÖV zur Verknüpfung von Umland, Stadtrand und Innenstadt zugeschrieben (Agora Verkehrswende, 2019a). Laut Baek et al. (2020) bewertet ein Teil der Nutzer:innen die Kombination aus ÖV und E-Scootern attraktiver, als den Weg mit dem Pkw zurückzulegen.

Eine Herausforderung bei der Beurteilung des Potentials der E-Scooter liegt darin, dass diese Angebote bisher fast ausschließlich in Innenstadtbereichen großer Städte zu finden sind. Dementsprechend wird das Potential des Einsatzes geteilt genutzter E-Scooter als Zubringer für den ÖV derzeit nicht ausgeschöpft. Eine Ausnahme stellen die Aktivitäten der Hamburger Hochbahn mit dem Anbieter Voi dar, der seit Juli 2019 die Ausleihe von E-Scootern in zwei Außenbezirken anbietet. Die positiven Ergebnisse des Tests lassen vermuten, dass E-Scooter bei der Einbeziehung von städtischen Randlagen durchaus einen Beitrag zu einer nachhaltigen Mobilität leisten könnten (Stichwort „letzte Meile“) (Stadtportal Hamburg, 2019). Befragungen unter Voi-Nutzer:innen in Hamburg weisen darauf hin, dass die Lage der Verleihstationen und mangelnde Planbarkeit aufgrund unsicherer Verfügbarkeit eine Nutzung von E-Scootern für Pendelwege, insbesondere in den Morgenstunden, unattraktiv machen (Stadtportal Hamburg, 2019). Von Nutzer:innen akzeptierte Strecken zum Auffinden eines verfügbaren Leihrollers liegen in Paris bei zwei (für 90 % akzeptabel) bis fünf Gehminuten (für 50 % akzeptabel) (6t-bureau de recherche, 2020). Unter Zeitdruck, bspw. auf dem morgendlichen Pendelweg, stellen höhere Zugangszeiten einen zusätzlichen Stressfaktor dar (Baek et al., 2020). Fehlende Optionen für die erste und letzte Meile sowie Unzufriedenheit mit den bestehenden Optionen des ÖV lassen Nutzer:innen häufiger zögern, den ÖV für diese Wegstrecken zu nutzen (ebd.).

Befragungsdaten von 6t-bureau de recherche (2019) zeigen, dass etwa jede vierte Scooter-Fahrt in Paris Teil einer intermodalen Reisekette ist (siehe auch Lime, 2019), in zwei Dritteln der Fälle in Verbindung mit dem ÖV. Zum Vergleich: Beim Radverkehr liegt der Anteil intermodaler Wege in Paris bei nur 9 %. Als Vorteile der E-Scooter gegenüber dem privaten Fahrrad werden dabei das einfache Abstellen nahe der Station sowie die fehlende Angst vor einem Diebstahl angesehen (6t-bureau de recherche, 2020). Auch das Forum bikesharing Schweiz (2020) stellt fest, dass sich E-Scooter-Fahrten nahe bedeutsamer Knotenpunkte des ÖV konzentrieren. Eine Nutzung für die letzte Meile lasse sich „in Wohngebieten [...] nur bedingt ablesen“ (Tack et al., 2019) – trotz der Vermarktung als Last-Mile-Angebot in Randlagen – da sich die beobachteten Ausleihvorgänge auf Innenstädte konzentrieren.

In einer Studie aus Washington von James et al. (2019) geben fast die Hälfte der Befragten an, eine Fahrt mit einem motorisierten Fahrzeug durch eine Leihscoterfahrt ersetzt zu haben, wobei der überwiegende Teil auf Taxi oder Fahrdienste entfällt. Ursächlich für das Umsteigen von Fahrdiensten auf E-Scooter in Washington könnten die beobachteten Reisezeitvorteile des E-Scooters zu Hauptverkehrszeiten sein (McKenzie, 2020).

Auch der Anbieter Lime berichtet, dass 30 % der Nutzer:innen bei der jeweilig letzten Fahrt mit dem E-Scooter, eine Fahrt mit einem motorisierten Fahrzeug ersetzt haben (Lime, 2019). In einem 2018 durchgeführten Pilotprojekt in Portland errechnete das Portland Bureau of Transportation (2019), dass über einen Zeitraum von 120 Tagen durch die Nutzung von E-Scootern 301.856 Fahrzeugmeilen (ca. 485.790 Fahrzeugkilometer) ersetzt wurden. Dieser Wert lässt sich anhand der Angaben der Studienteilnehmer:innen berechnen: 34 % der scooternutzenden Einwohner:innen und 48 % der Besucher:innen gaben an, eine Fahrt mit einem motorisierten Fahrzeug durch eine E-Scooter-Fahrt ersetzt zu haben. Während sich die ersetzten Fahrten des motorisierten Verkehrs bei Ortsansässigen auf MIV und Ride-Hailing gleichermaßen aufteilen, wird unter Besucher:innen der Stadt vor allem Ride-Hailing häufiger ersetzt (ebd.). Von den Befragten der Studie geben 6 % an, dass sie unter anderem aufgrund des Angebots der E-Scooter ihren privaten Pkw abgeschafft haben, während weitere 16 % über eine Abschaffung nachdenken (ebd.). In Frankreich sind die Anteile ersetzter Fahrten motorisierter Fahrzeuge (private Pkw oder Taxi) durch E-Scooter jedoch deutlich geringer (8 %) (6t-bureau de recherche, 2019).

Dem gegenüber stehen jedoch Wege, die normalerweise zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem ÖV zurückgelegt werden und durch eine Fahrt mit dem E-Scooter ersetzt werden. In den USA gaben bspw. in Portland 37 % (Portland Bureau of Transportation, 2019) und in Washington 33 % der Befragten an, dass ein Fußweg ersetzt wurde (James et al., 2019). In französischen Großstädten gaben 30 % der Nutzer:innen an, dass die jüngste E-Scooter-Fahrt eine Fahrt mit dem ÖV ersetzte. Hauptsächlich wird eine E-Scooter-Fahrt als angenehmer betrachtet als die Nutzung voll besetzter öffentlicher Verkehrsmittel. Zudem werden die Geschwindigkeit der Scooter und die Möglichkeit von direkten Wegen (Tür-zu-Tür) als weitere Vorteile gesehen. Dennoch nutzten nur 6 % der Befragten den ÖV seltener (6t-bureau de recherche, 2019). Insgesamt wird selbst bei hohen Nutzungshäufigkeiten von E-Scootern nur mit einem sehr geringen Einfluss auf die Modal-Split-Anteile von ÖV und Fußwegen gerechnet (ebd.).

E-Scooter stehen zudem in Konkurrenz zu anderen Formen der Mikromobilität, etwa dem Bike-Sharing, welches nun seltener genutzt wird (James et al., 2019). In Hamburg wurde nach Einführung der E-Scooter im Vergleich zum Vorjahr eine sinkende Anzahl an Ausleihvorgängen bei Bike-Sharing-Angeboten der Stadt festgestellt. Direkt nach der Einführung im Juli 2019 sank die Zahl der Leihvorgänge des Hamburger „StadtRAD“ um etwa 50.000 auf insgesamt ca. 300.000 Vorgänge (Bürgerschaft Hamburg 2019). Auch in französischen Großstädten konnte ein leichter Modal-Shift von Bike-Sharing-Angeboten (-9 %) und der Nutzung des eigenen Fahrrads (-3 %) hin zum E-Scooter festgestellt werden (6t-bureau de recherche, 2019).

2.2. Welche Nutzergruppen und Nutzungsmuster können beobachtet werden?

Werden nur die zurückgelegten Wegstrecken betrachtet und die durchschnittlichen Distanzen berechnet, scheinen E-Scooter vor allem für kurze Strecken zwischen 1,5 und 2,5 km genutzt zu werden (Agora Verkehrswende, 2019). So beträgt in Deutschland laut Tack et al. (2019) die durchschnittlich zurückgelegte Distanz pro E-Scooter-Fahrt rund 1,8 km. Im Zuge der Corona-Pandemie wurde beobachtet, dass sich die Fahrten verlängert haben. Der Anbieter Lime gibt an, dass die durchschnittliche Entfernung um 18 % auf etwas mehr als 2 km angestiegen ist (Reintjes, 2020).

Die wohl zunächst auf Deutschland bezogene Einschätzung vom Deutschen Institut für Urbanistik, „E-Stehroller w[ü]rden besonders im Freizeitverkehr und von Touristen benutzt“ (Spiegel Online, 2019), wird von Erhebungsdaten aus Frankreich bestätigt. So sind laut 6t-bureau de recherche (2019) rund 9 % der Nutzer:innen der dortigen Leih-Scooter französische und 33 % internationale Besucher:innen. Bei den rund 58 % Einheimischen sind Männer, Gutverdienende und junge deutlich überrepräsentiert. Gemäß der Autor:innen handelt es sich bei der Mehrheit der lokalen Nutzer:innen um finanziell bessergestellte leitende Angestellte sowie Studierende. Ähnliches wurde in den USA festgestellt: die Nutzer:innen sind überwiegend männlich, jung, wohlhabend und überdurchschnittlich gebildet (Austin Public Health, 2019; James et al., 2019; Lime, 2019). In Deutschland ist nur sehr wenig über die Nutzer:innen bekannt (Agora Verkehrswende, 2019a), da aufgrund datenschutzrechtlicher Bedenken Informationen zu Nutzergruppen von einzelnen Anbietern nicht detailliert zur Verfügung gestellt werden (Bürgerschaft Hamburg, 2019).

Im Allgemeinen entsprechen die dargestellten Nutzergruppen von E-Scootern aus den USA und Frankreich denen von Early-Adoptern anderer geteilter Mobilitätsangebote. Beobachtungen aus den Niederlanden und Deutschland zeigen ebenfalls, dass vor allem junge, überdurchschnittlich gebildete Menschen deutlich offener für Angebote wie Car- und Bike-Sharing sind (Arendsen, 2019; Krauss et al., 2020). Eine Befragung zu Sharing-Diensten unter Einwohner:innen deutscher Großstädte zeigt, dass überwiegend junge Menschen E-Scooter bereits genutzt haben und vor allem weiterhin nutzen (Krauss et al., 2020). E-Scooter Nutzer:innen in Deutschland sind häufiger männlich und gehen einer Vollzeitbeschäftigung nach. Hinsichtlich des Bildungsniveaus zeichnet sich im Gegensatz zu Frankreich und den USA in Deutschland eine heterogene Nutzerschaft ab (ebd.).

Auffallend ist, dass gemäß vieler Studien die meisten E-Scooter-Fahrten an Wochenenden stattfinden, sowohl in den USA (Mathew et al., 2019; Portland Bureau of Transportation, 2019) als auch in Deutschland (Bürgerschaft Hamburg, 2019; Tack et al., 2019), Frankreich (6t-bureau de recherche, 2019) und der Schweiz (Forum bikesharing Schweiz, 2020). Laut 6t-bureau de recherche (2019) finden an diesen beiden Tagen in den untersuchten französischen Städten allein fast 40 % der Fahrten statt, dabei fast ein Drittel zwischen 14 und 17 Uhr. Die Leihvorgänge häufen sich an Wochenenden und finden größtenteils in zentralen Lagen statt (Forum bikesharing Schweiz, 2020; Tack et al., 2019). Es wird angenommen, dass es sich hierbei vor allem um

Freizeitfahrten handelt (ebd.). Weiterhin finden viele E-Scooter-Fahrten werktags in den Abendstunden statt, wenn auch in geringerer Anzahl (Mathew et al., 2019; Portland Bureau of Transportation, 2019; Tack et al., 2019). Besonders hohe Nutzungszahlen an Wochenenden werden in Berlin und Hamburg bei sehr guten Wetterverhältnissen beobachtet, was ebenfalls auf eine gesteigerte Nutzung für Freizeitaktivitäten schließen lässt. Anbieter geben an, dass die E-Scooter-Nachfrage an niederschlagsreichen Tagen besonders rückläufig ist, während kühlere Temperaturen allein nur einen geringen Effekt haben (Reintjes, 2020).

Die Ergebnisse der Befragung von Krauss et al. (2020) unter Einwohnern deutscher Großstädte hinsichtlich der Nutzungsbereitschaft von E-Scootern nach Wegezwecken zeigen die höchste Bereitschaft für eine Nutzung auf Freizeitwegen und für Erledigungen. Für Freizeitwege, die eine Länge von 3 km überschreiten, und zu Nachtzeiten ist die Nutzungsbereitschaft geringer. Teilweise können sich die Befragten auch eine Nutzung für Einkäufe und Teilstrecken des Arbeitswegs vorstellen. Den kompletten Arbeitsweg mit einem E-Scooter zurückzulegen, können sich die wenigsten der Befragten vorstellen (ebd.). Angaben zur Nutzungsbereitschaft von E-Scootern unter Einwohner:innen außerhalb deutscher Großstädte liegen nicht vor. Zudem ist eine Differenzierung nach Wohnort bzw. Lage innerhalb einer der Großstädte (Zentrum, Stadtrandlage, ...) anhand der Ergebnisse aus Krauss et al. (2020) nicht möglich.

Zu Beginn der Einführung wurde in Berlin eine hohe Nachfragedichte in bei Touristen beliebten Innenstadtbereichen beobachtet. Vermutet wird deshalb eine frühe Adaption u. a. von Touristen, die E-Scooter bereits aus dem Ausland kannten (Tack et al., 2019). Die Befragung in Frankreich ergab, dass ein Anteil von rund 20 % der Wege dem Pendeln dienen, während rund 10 % der Fahrten „scooter strolls“ sind, d. h. Fahrten ohne konkreten Zweck (6t-bureau de recherche, 2019). Diese Fahrten sind somit als induzierter Verkehr einzustufen, der vor allem von ortsfremden Nutzer:innen unternommen wird. Durch die relativ lange Dauer dieser „scooter strolls“ (durchschnittlich 33 Minuten) steigt der Wert der durchschnittlichen E-Scooter-Nutzungsdauer (19 Minuten). Über die Hälfte aller Fahrten dauert jedoch weniger als 15 Minuten (55 %) (ebd.).

2.3. Welche Erkenntnisse zur Akzeptanz und Verkehrssicherheit liegen vor?

In Deutschland wird E-Scootern hinsichtlich ihres Beitrags zur Entlastung der innerstädtischen Verkehrssituation sowie unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit oftmals Skepsis entgegengebracht (Krauss et al., 2020). In einer Umfrage des TÜV Rheinlands (2020) gibt etwa die Hälfte der Befragten an, dass sie sich im öffentlichen Straßenverkehr von den Scootern gestört fühlen und dass eine gesetzliche Helmpflicht für die E-Scooter-Nutzung eingeführt werden sollte. Über 60 % der Befragten sind sogar dafür, den Leihrollern die Zulassung für den Straßenverkehr wieder zu entziehen (TÜV Rheinland, 2020). Expert:innen schätzen, dass eine steigende Vertrautheit mit den Leihrollern und Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit zu einer erhöhten Akzeptanz führen könnten (ebd.).

Zudem wird in Deutschland die Nachhaltigkeit von E-Scootern sehr kritisch gesehen. So vertreten knapp 80 % der Befragten die Meinung, dass E-Scooter nicht geeignet sind, um den Verkehr in Innenstädten zu entlasten (TÜV Rheinland, 2020). In einer Studie zu Angebotsformen geteilter Mobilität belegt Arendsen (2019), dass vor allem die Vertrautheit und Erfahrung der Nutzer:innen mit den neuen Verkehrsmitteln die Akzeptanz der Verkehrsmittel beeinflussen. Die Nachhaltigkeit des Verkehrsmittels als Nutzungsmotiv, ist zunächst weniger relevant und dessen Bedeutung steigt erst mit der Zeit (Arendsen, 2019). Deutlich wird dies bei der Betrachtung von Nutzungsmotiven unter Nutzer:innen von Bike-Sharing-Angeboten, mit denen Nutzer:innen mittlerweile vertraut sind und die als umweltverträglich / nachhaltig eingeschätzt werden.

Als größte Herausforderung zur Steigerung der Akzeptanz wird in einigen Einschätzungen die fehlende Verkehrsinfrastruktur angesehen (Agora Verkehrswende, 2019a; Arndt et al., 2020). So entstehen durch E-Scooter Nutzungskonflikte auf den verfügbaren Verkehrsflächen mit Radfahrer:innen und Fußgänger:innen, insbesondere auch mit körperlich beeinträchtigten Personen (Agora Verkehrswende, 2019a; Arndt et al., 2020). Besonders Fußgänger:innen fühlen sich häufig unsicher neben E-Scooter-Fahrer:innen (James et al., 2019). Dies resultiert aus dem grundsätzlich entstehenden Unsicherheitsgefühl auf Seiten der Fußgänger:innen angesichts deutlich ungleicher Geschwindigkeiten von Zu-Fuß-Gehenden einerseits und E-Scooter-Nutzenden andererseits. Daneben scheinen E-Scooter-Nutzer:innen immer wieder eine leichtsinnige Fahrweise an den Tag zu legen (Arndt et al., 2020). Diese führt auch zu Unfällen und in der Folge zu Verletzungen von Fußgänger:innen. In Austin erfolgt ein Drittel der untersuchten Unfälle auf Gehwegen und weitere 55 % auf der Fahrbahn (Austin Public Health, 2019).

Daher werden Investitionen in sichere und breite Radwege als notwendig angesehen (Arndt et al., 2020). In Portland und Frankreich zeigen die Befragungen, dass Nutzer:innen von Leihrollern deutlich seltener auf Fußwege ausweichen, wenn geschützte Radwege vorhanden sind oder die zugelassenen Geschwindigkeiten des motorisierten Verkehrs gering sind (6t-bureau de recherche, 2019; Portland Bureau of Transportation, 2019).

Zudem sei es notwendig, weitere Konfliktpotentiale, bspw. die Blockierung von Fußwegen durch abgestellte E-Scooter, zu reduzieren (Arndt et al., 2020; James et al., 2019). Dazu bedürfe es neben der Sensibilisierung der E-Scooter-Nutzer:innen zur Rücksichtnahme im Straßenverkehr auch Maßnahmen in Hinblick auf das Abstellen der E-Scooter (Agora Verkehrswende, 2019a). So zeigen James et al. (2019), dass durch E-Scooter blockierte Fußwege von E-Scooter-Fahrer:innen signifikant seltener als solche wahrgenommen werden als von sonstigen Verkehrsteilnehmer:innen (21 % E-Scooter-Nutzer:innen gegenüber 75 % unter Nicht-Nutzer:innen). Insbesondere in Straßen mit hohem Nutzungsdruck können ausgewiesene Parkzonen (Bodenmarkierungen oder entsprechende Ständer) für E-Scooter diese Konflikte reduzieren (Zou et al., 2020). Zudem wird der Regulierung des Parkens von E-Scootern, insbesondere in der Umgebung von ÖV-Stationen, eine Schlüsselrolle zugeschrieben, um intermodales Mobilitätsverhalten zu stärken (6t-bureau de recherche, 2020).

Unter E-Scooter Nutzer:innen in Paris konnte über die Zeit eine größere Bereitschaft zur Einhaltung der Parkvorschriften beobachtet werden. Während im Frühjahr 2019 fast zwei Drittel der Scooter auf Gehwegen abgestellt wurden, liegt dieser Wert im Herbst 2020 bei nur noch 3 % (6t-bureau de recherche, 2020). Neben den Kampagnen von Behörden und Anbietern, um die Nutzer:innen bezüglich des Abstellens der Leihroller zu sensibilisieren, wurden durch die Pariser Behörden in Zusammenarbeit mit den Anbietern neue Regelungen zu Betrieb und Abstellvorgängen implementiert (ebd.). Die Ergebnisse dazu durchgeführter Nutzerbefragungen deuten darauf hin, dass das Parkmanagement von E-Scootern auch indirekte Auswirkungen auf die Art und Weise der Nutzung hat. So können begrenzte Verfügbarkeiten der E-Scooter, hervorgerufen durch Flottenobergrenzen oder sehr restriktive Parkvorschriften, gefährliches Verhalten der Nutzer:innen, wie Fahrten zweier Personen pro E-Scooter, fördern (ebd.).

In Hinblick auf die Verkehrssicherheit zeigen die Analysen aus Austin, Indianapolis und Portland aus den USA, dass auf E-Scooter zurückzuführende Unfälle zu zum Teil schweren Verletzungen führen (Austin Public Health, 2019; Portland Bureau of Transportation, 2019; Trivedi et al., 2019). In Austin sind unter den Studienteilnehmer:innen zu einem Drittel Nutzer:innen, die sich auf ihrer ersten Fahrt verletzt und fast ebenso viele, welche angaben, unter Alkoholeinfluss gefahren zu sein (Austin Public Health, 2019). In der Analyse zeigen die Autor:innen an, dass entgegen ihrer Annahme die meisten Unfälle nicht durch Kollisionen mit motorisierten Fahrzeugen entstehen, sondern durch zu hohe Geschwindigkeiten sowie den schlechten Zustand der Straßen und Wege hervorgerufen werden (ebd.). Auch in Portland waren die meisten E-Scooter-Unfälle auf Eigenverschuldung zurückzuführen (83 %); in 12 % der Unfälle waren auch Pkw involviert (Portland Bureau of Transportation, 2019). Insgesamt kamen während der dreimonatigen Untersuchung in Austin 20 Unfälle auf 100.000 E-Scooter-Fahrten. Dabei räumen die Autoren ein, dass die Studie vermutlich die Anzahl der verletzten Personen und Unfälle im Zusammenhang mit E-Scooter-Fahrten unterschätzt, da lediglich in Notaufnahmen behandelte Personen erfasst und befragt wurden. Zu den häufigsten Verletzungen durch Unfälle bei E-Scooter-Fahrten zählen Frakturen der Extremitäten und Kopfverletzungen (Austin Public Health, 2019; Trivedi et al., 2019; Uluk et al., 2020).

Auch in deutschen Städten wurde ein Anstieg der Unfallzahlen aufgrund der Nutzung von E-Scootern festgestellt (Heuer et al., 2020; Mair et al., 2020; Uluk et al., 2020). Die beobachteten Verletzungsmuster entsprechen denen aus den USA und im Wesentlichen denen von Stürzen von Fußgänger:innen und Radfahrer:innen (Uluk et al., 2020). Im Gegensatz zum Radverkehr ist jedoch eigenes Verschulden als häufigste Unfallursache anzusehen (Heuer et al., 2020); etwa durch Unachtsamkeit, Fahrten unter Alkoholeinfluss und Unerfahrenheit im Umgang mit E-Scootern (Heuer et al., 2020; Mair et al., 2020; Uluk et al., 2020). Eine Helmpflicht, strengere Kontrollen und die Sensibilisierung der E-Scooter-Nutzer:innen hinsichtlich einer achtsamen Fahrweise, könnte helfen, das Risiko bestimmter Verletzungen in Zukunft zu reduzieren (Heuer et al., 2020; Mair et al., 2020; Uluk et al., 2020).

Um das bestehende Verkehrsrisiko bei der Nutzung von E-Scootern in Deutschland tatsächlich bewerten zu können, bedarf es Bezugsgrößen, etwa durch einen Vergleich mit anderen

Verkehrsmitteln. Eine solche Analyse liegt jedoch für Deutschland nicht vor. Daher wird im Folgenden eine erste Einschätzung des Unfallrisikos in Deutschland anhand aktueller Statistiken vorgenommen.



3. Verkehrssicherheit von E-Scootern

Auf Grundlage der vorhandenen Studien wurde in Kapitel 2 unter anderem deutlich, dass es für Deutschland keine belastbaren Betrachtungen gibt, die das Risiko der Nutzung von E-Scootern im Vergleich zur Nutzung anderer Verkehrsmitteln analysieren. Häufig werden, wenn überhaupt, absolute Zahlen zu Unfällen mit E-Scootern ohne Bezugsgrößen wiedergegeben. So gab es im ersten Quartal 2020 in Deutschland 251 registrierte E-Scooter-Unfälle mit Personenschaden (Bundesamt für Statistik, 2020). Um eine Einschätzung zu geben, was diese Zahlen über Verkehrssicherheit von E-Scootern aussagen, werden in diesem Kapitel daher die Ergebnisse einer eigenen Analyse vorgestellt. Für die Analyse werden verfügbare Unfallzahlen und Nutzungszahlen anderer Verkehrsmittel in Relation zu den verfügbaren Informationen über die Leihroller-Nutzung in Deutschland gesetzt. Für diesen Vergleich werden Zahlen des Bundesamts für Statistik und Daten des monatlichen Verkehrsunfallberichts für den Zeitraum Januar bis März 2020 herangezogen (Bundesamt für Statistik, 2020).

Für die Verkehrsmittel „MIV“ (also Auto und motorisierte Zweiräder), Fuß und Fahrrad können zur Quantifizierung der Gesamtnutzung und der zurückgelegten Wegestrecken die Werte aus der Mobilitätserhebung MiD 2017 herangezogen werden. Die durchschnittliche Anzahl der Wege und Wegelängen pro Tag sind in Tabelle 1 dargestellt.

Tabelle 1: Anzahl und Länge zurückgelegter Wege (differenziert nach den Verkehrsmitteln Zu Fuß, Fahrrad, MIV); Quelle: BMVI (o. J.).

Verkehrsmittel	Mio. Wege pro Tag	Mio. Personenkilometer pro Tag	Durchschnittliche Wegelänge in km
Zu Fuß	56	93	1,7
Fahrrad	28	112	4,0
MIV	147	2.404	16,3

Da für die E-Scooter aktuell keine belastbaren Zahlen zu den täglich zurückgelegten Wegen existieren, müssen die Wegeanzahl und Wegelängen näherungsweise bestimmt werden.

Ausgehend von den Daten von Tack et al. (2019) akkumulieren sich Fahrten der ca. 62.000 Sharing E-Scooter in Deutschland (Stand: September 2019), bei einer durchschnittlichen Anzahl von 3,54 Wegen pro Tag und Scooter und einer durchschnittlichen Wegelänge von 1,81 km, auf 397.731 km. Gleichzeitig wird angenommen, dass die Gesamtzahl der Fahrten mit privaten E-Scootern gering ist. Um diese privaten Fahrten dennoch zu berücksichtigen, werden zu den Fahrten der Verleihanbieter 20 % mehr Fahrten und Kilometer hinzugezählt. Wobei es hierzu keine wissenschaftlichen Daten gibt und diese Zahl hier lediglich eine Schätzung ist. Insgesamt werden somit bei ca. 275.000 Fahrten etwa 500.000 km pro Tag in Deutschland mit E-Scootern zurückgelegt. Diese Werte stellen eine eher großzügige Schätzung dar, da die reale Fahrtenanzahl witterungsbedingt geringer ausfallen dürfte als im durch Tack et al. (2019) betrachteten Zeitraum im Spätsommer 2019.

Dennoch sind die für Januar bis März 2020 angenommenen Werte ausreichend, um einen ersten Vergleich zwischen E-Scootern und den Verkehrsmitteln aus der MiD 2017 (BMVI, o. J.) durchzuführen. Die Tageswerte der Wege und zurückgelegten Distanzen werden hierfür auf die 91 Tage des ersten Quartals 2020 hochgerechnet, um denselben Zeitraum der Unfallzahlen abzudecken. Abgeschätzt werden die Wahrscheinlichkeiten für die Unfallhäufigkeit pro 1 Million Wege und 1 Million gefahrene km. Wegen der geringen Anzahl von tödlich Verunglückten mit E-Scootern wurde diese Zahl zu den Schwerverletzten hinzugezählt.

Tabelle 2 fasst die Anzahl der gemeldeten Unfälle pro Verkehrsmittel für den Zeitraum Januar bis März 2020 zusammen.

Tabelle 2: Anzahl der Unfälle mit Personenschaden Januar bis März 2020 (differenziert nach Verkehrsmitteln, Schwerverletzten und tödlich Verunglückten) Quelle: Bundesamt für Statistik, 2020.

Verkehrsträger	Unfälle mit Personenschaden	Davon Schwerverletzte	Davon tödlich Verunglückte
Auto	44.731	8.772	419
Kraftrad	2.496	829	30
Moped	1.880	371	10
Zu Fuß	6.995	1.707	129
Fahrrad	12.727	2.154	52
E-Scooter	251	39	1

Bei den rund 44.731 Unfällen mit dem Pkw wurden 8.772 Personen schwer verletzt. Bei Fahrradfahrten gab es im gleichen Zeitraum 12.727 Unfälle mit 2.154 Schwerverletzten und 52 tödlich Verunglückten. Die 251 Unfälle mit E-Scootern (davon 39 mit Schwerverletzten) erscheinen daher auf den ersten Blick verhältnismäßig wenig. Jedoch ist eine Bewertung lediglich dann möglich, wenn die Anzahl der Unfälle in Relation zur Gesamtnutzung der Verkehrsmittel

und der Länge der mit ihnen zurückgelegten Wege gesetzt wird. So zeigt Tabelle 3 das Unfallrisiko bei Fahrten mit dem E-Scooter im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln.

Tabelle 3: Unfälle mit Verletzten pro 1 Mio. Wege und 1 Mio. km (differenziert nach Verkehrsmitteln)
Datenbasis: Bundesamt für Statistik, 2020; BMVI, o. J.; Tack et al., 2019.

Verkehrsträger	Unfälle mit Verletzten pro 1 Mio. Wege	Unfälle mit Verletzten pro 1 Mio. km	Schwerverletzte und tödlich Verunglückte pro 1 Mio. Wege	Schwerverletzte und tödlich Verunglückte pro 1 Mio. km
Zu Fuß	1,4	0,8	0,43	0,26
Fahrrad	5,0	1,2	0,73	0,18
E-Scooter	10,0	5,5	1,59	0,88
MIV	3,7	0,2	0,78	0,04

Im Vergleich zum Radfahren ist das Unfallrisiko derzeit mindestens doppelt so hoch. Bezieht man sich nicht nur auf die Fahrten, sondern auf die gefahrenen Kilometer, steigt das Unfallrisiko bei E-Scootern im Vergleich zum Fahrrad um gut das Vierfache und bei den Unfällen mit Schwerverletzten sogar um das Fünffache.

Fazit

Das in der Analyse ermittelte hohe Unfallrisiko im Vergleich bspw. mit dem Fahrrad, stellt aufgrund der spärlichen Datengrundlage zu den Flottengrößen der E-Scooter-Sharing-Anbieter sowie zu E-Scootern im Privatbesitz nur einen groben Näherungswert dar. Zudem kann davon ausgegangen werden, dass eine Vielzahl leichterer Unfälle mit E-Scootern, aber auch mit dem Fahrrad, nicht in der Unfallstatistik enthalten sind, da diese nicht gemeldet wurden. Trotz dieser Einschränkungen zur Genauigkeit des ermittelten Unfallrisikos, wird dennoch deutlich, dass der Sicherheitsaspekt ein wichtiger Bestandteil in der Debatte über E-Scooter ist. Vor allem die Frage der Unfallursachen und welche weiteren Einflussfaktoren zu einem so viel höheren Unfallrisiko führen als bspw. beim Fahrrad(fahren) müssen besser erforscht werden, um zukünftig das Unfallrisiko minimieren zu können.

Bei der unfallfreien Nutzung eines Fahrzeugs, ist die Gewohnheit/Vertrautheit sicherlich ein entscheidender Aspekt. Mit dem Fahrrad sind die meisten Menschen aufgewachsen und geübter bzw. routinierter im Umgang damit. Es kann also durchaus davon ausgegangen werden, dass die Fahrer:innen der elektrischen Roller über die Zeit immer vertrauter mit diesen werden und die Nutzung somit künftig sicherer werden könnte. Ergänzend lässt sich die Sicherheit durch spezifische Maßnahmen, wie, bspw. die Einführung einer Helmpflicht (TÜV Rheinland, 2020),



geringere zugelassene Geschwindigkeiten (Deutscher Städtetag, 2020) sowie den Ausbau adäquater Infrastrukturen (Agora Verkehrswende, 2019) aktiv erhöhen.

4. Potentialanalyse

In Deutschland werden täglich fast 30 Mio. Fahrten unter 2 km mit dem Pkw zurückgelegt, weitere rund 30 Mio. unter 5 km (BMVI, o. J.). Im Folgenden wird anhand der Daten der nationalen Mobilitätserhebung MiD 2017 analysiert, wie viele dieser Fahrten potentiell durch einen E-Scooter zurückgelegt werden könnten. Dabei wird beachtet, dass nicht nur die Distanz eines Weges, sondern auch Wegezweck und -kontext sowie Eigenschaften der jeweiligen Person Einfluss auf eine mögliche Substituierbarkeit des MIV-Weges haben. Zusätzlich zu den Substitutionspotentialen im MIV wird auch für den ÖV analysiert, auf wie vielen Wegen ein E-Scooter an dessen Stelle genutzt werden könnte und welche Potentiale der E-Scooter auf Zubringerwegen zum ÖV besitzt. Das methodische Vorgehen sowie die Ergebnisse werden im Folgenden differenziert nach MIV (Kap. 4.1), ÖV (Kap. 4.2) und Zubringer zum ÖV (Kap. 4.2) dargelegt.

4.1. Theoretisches Substitutionspotential MIV

Zunächst wird das methodische Vorgehen beschrieben, das gewählt wurde, um das theoretische Substitutionspotential von E-Scootern auf Wegen des MIV zu ermitteln. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Analysen präsentiert.

Methodisches Vorgehen

Die Ermittlung des theoretischen Substitutionspotentials von E-Scootern für MIV-Fahrten erfolgte auf Basis der Erhebung MiD 2017. Die MiD 2017 enthält Daten zu 960.619 Wegen, die im Zeitraum zwischen Mai 2016 und September 2017 erhoben wurden. Unter Einbezug von Gewichtungsfaktoren lässt sich ein repräsentatives Abbild der Wege, die von der Wohnbevölkerung Deutschlands in diesem Zeitraum zurückgelegt wurden, berechnen. Zusätzlich

lassen sich über einen Hochrechnungsfaktor¹ auch absolute Werte berechnen, bspw. um die potentiell substituierbare Fahrleistung des MIV zu bestimmen (Nobis & Köhler, 2018).

Um auf Grundlage dieses Datensatzes MIV-Fahrten zu identifizieren, bei denen zumindest theoretisch die Möglichkeit bestünde, anstelle des MIV einen E-Scooter zu verwenden, wurden zunächst Kriterien festgelegt, die von einem Weg erfüllt sein müssen, damit dieser als potentiell mit einem E-Scooter bewältigbar bewertet werden kann (Tabelle 4). Anhand dieser Kriterien wurde die Gesamtzahl der MIV-Wege schrittweise gefiltert, bis am Ende nur noch Wege übrigblieben, die alle Anforderungen erfüllten und damit potentiell für eine Fahrt mit dem E-Scooter geeignet sind. Die Kriterien lassen sich in wegebezogene und personenbezogene Kriterien unterteilen, die im Folgenden kurz beschrieben werden.

Tabelle 4: Übersicht über Kriterien und gewählte Parameter

Kriterium	Szenario	
Wegelänge* 	250 m – 2,0 km	250 m – 4,0 km
Verkehrsmittel 	MIV / ÖV	
Alter 	14 – 70 Jahre	
Einschränkungen 	Nur Personen ohne jegliche gesundheitliche oder Mobilitätseinschränkungen	
Wegezweck* 	Ohne dienstliche Wege folgender Zwecke: <ul style="list-style-type: none"> • Sozialdienst / Betreuung • Transport von Waren • Personenbeförderung 	
Wetter* 	Ohne „starker Regen“, „Schneefall / gefrierender Niederschlag“	
Begleitung* 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ohne jegliche Begleitung ▪ Ohne Wegezweck „Begleitung“ ▪ Nur MIV-Fahrer:in 	
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Maximal eine Person Begleitung ▪ Eignung der Begleitung (Alter & Einschränkungen) 	

* Mit einem Stern markierte Kriterien werden für den MIV auf Ebene von Ausgängen betrachtet.

¹ Ausgehend von den erhobenen Wegen lässt sich, unter Verwendung des in der MiD 2017 enthaltenen Hochrechnungsfaktors, die geschätzte Gesamtzahl der täglich in Deutschland zurückgelegten Wege berechnen. Ausgangsbasis für die Hochrechnung sind soziodemografische Merkmale der befragten Personen, von denen die Wege berichtet wurden. Für eine detailliertere Beschreibung, siehe: Nobis & Köhler (2018).

Ein zentrales Kriterium innerhalb dieser Analyse ist die Wegelänge. Generell wurde für diese ein untere Grenze von 250 m angenommen, da die Nutzung eines E-Scooters auf kürzeren Distanzen als unwahrscheinlich betrachtet wird. Für die obere Grenze wurden zwei verschiedene Szenarien berechnet. Einmal wurde ein Wert von 2 km als Maximalwert gesetzt, da dies derzeit der durchschnittlichen Wegelänge einer E-Scooter-Fahrt entspricht (vgl. Kap. 2). Für ein zweites Szenario wurde ein Wert von 4 km als Maximalwert festgelegt, was der durchschnittlichen Länge einer Fahrradfahrt im städtischen Kontext entspricht.

Zu beachten ist, dass es sich bei den in der MiD 2017 erhobenen Wegen um personenbezogene Wege handelt, die sich Wegeketten zuordnen lassen. Da ein Großteil dieser Wegeketten zu Hause beginnt und endet, kann von sogenannten Ausgängen gesprochen werden (Ahrens et al. 2014, S. 13). Für die Abschätzung der Substituierbarkeit von MIV-Fahrten durch E-Scooter-Fahrten ist dies ein Aspekt, der nicht vernachlässigt werden sollte. Wird innerhalb eines Ausgangs z. B. der Pkw mehrmals verwendet, so muss davon ausgegangen werden, dass dieser nicht unterwegs an beliebiger Stelle abgestellt, gegen einen E-Scooter getauscht und an einer anderen Stelle zur Weiterfahrt oder für einen spezifischen Einsatz wieder aufgenommen werden kann. Wird der Pkw innerhalb einer Abfolge von Wegen für einen einzelnen Weg benötigt, so wird er auch auf den davorliegenden sowie nachfolgenden Wegen mitzuführen sein. Im Normalfall muss er zudem am Ende eines Ausgangs wieder mit nach Hause gebracht werden. Für die Berechnung der Substitutionspotentiale bedeutet dies: Soll für einen Weg das Substitutionspotential bestimmt werden, so müssen alle MIV-Wege innerhalb des betreffenden Ausgangs substituierbar sein – eine Substitution auf einzelnen Wegen ist aufgrund des dargestellten Zusammenhangs nicht möglich. Aus diesem Grund mussten sowohl die Wegelänge, als auch weitere wegebezogene Eigenschaften immer auf Ebene des Ausgangs für alle MIV-Wege überprüft werden. Erfüllte auch nur ein MIV-Weg die Bedingungen nicht, wurden auch alle weiteren MIV-Wege eines Ausgangs als ungeeignet bewertet.

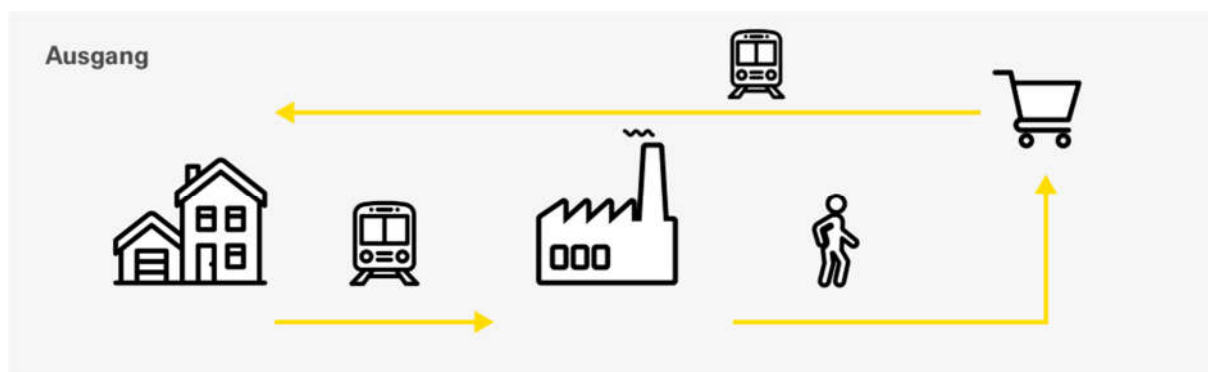


Abbildung 2: Beispielhafte Darstellung eines Ausgangs (Brost et al. 2019, S.61).

Bezüglich der Eigenschaften der befragten Personen wurde eine untere Altersgrenze von 14 Jahren und eine obere Grenze von 70 Jahren festgelegt sowie Wege von Personen, die gesundheitliche Einschränkungen oder explizit Mobilitätseinschränkungen berichteten, als

ungeeignet bewertet. Auf diese Weise wird einerseits das gesetzliche Mindestalter für eine E-Scooter-Nutzung berücksichtigt und andererseits die gesundheitliche Eignung der Befragten. Auf Ebene des Weges wurden die Eigenschaften Wegelänge, Wegezweck, Wetterbedingungen am Stichtag und die Frage, ob der Weg in Begleitung einer weiteren Person zurückgelegt wurde, als relevante Kriterien betrachtet.

In der MiD 2017 wurden sowohl Wege zu privaten als auch zu dienstlichen Zwecken erfasst. Bei rund zwei Drittel dieser dienstlichen Wege handelt es sich um sogenannte „regelmäßige berufliche Wege“. Diese Wege wurden insgesamt weniger detailliert erfasst. Ein positives Merkmal dieser Wege ist aber, dass zu einem Großteil detailliertere Wegezwecke erhoben wurden. Anhand dieser Detailzwecke wurden innerhalb der Analyse dienstliche Wege ausgeschlossen, die für eine Fahrt mit dem E-Scooter als ungeeignet erschienen. Dies betrifft Wege, die explizit dem Transport von Waren oder der Beförderung von Personen dienen sowie Wege, denen der Zweck „Soziale Dienste / Betreuung“ zugeordnet wurde, da hier eine Begleitung von gesundheitlich beeinträchtigten Personen nicht ausgeschlossen werden kann.

Ungünstige Wetterbedingungen machen eine Fahrt mit einem E-Scooter deutlich unattraktiver. Daher wurden auch Wege ausgeschlossen, von denen bekannt ist, dass am Erhebungstag „starker Regen“ oder „Schneefall“ vorherrschten.

Eine Herausforderung für die Berechnung des Substitutionspotentials stellte die Tatsache dar, dass viele Wege nicht allein, sondern in Begleitung von einer oder mehreren Personen zurückgelegt wurden. Dass eine MIV-Fahrt mit mehr als zwei Personen durch einzelne E-Scooter-Fahrten ersetzt wird, wurde als unwahrscheinlich bewertet und daher wurden Wege mit mehr als einer Begleitung von der Analyse ausgeschlossen. Da jedoch zumindest theoretisch vorstellbar ist, dass eine MIV-Fahrt von zwei Personen über kurze Distanz durch zwei parallele Fahrten mit E-Scootern ersetzt werden könnte, wurden zwei Szenarien berechnet, die den Punkt Begleitung auf unterschiedliche Weise berücksichtigen.

Für das erste Szenario wurden Wege ausgeschlossen, die in Begleitung zurückgelegt wurden und solche Wege, die zwar allein zurückgelegt wurden, deren Zweck jedoch im Bringen, Holen oder der Begleitung von Personen lag. Dies betrifft bspw. Hin- oder Rückwege von Ausgängen, die dem Bringen oder Abholen von Kindern und Jugendlichen aus Kindergarten oder Schule dienen. Als Resultat verbleiben ausschließlich Wege, die allein zurückgelegt wurden und die nicht der Begleitung einer weiteren Person dienen.

Für das zweite Szenario wurde die Begleitung durch maximal eine weitere Person und auch der Wegezweck „Begleitung“ zugelassen. Wege mit Begleitpersonen, die aufgrund ihres Alters, gesundheitlicher Einschränkungen oder Mobilitätseinschränkungen als ungeeignet für die E-Scooter-Nutzung identifiziert werden konnten, wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Es verbleiben Wege, die entweder allein oder in Begleitung von maximal einer weiteren Person entsprechenden Alters und ohne gesundheitliche Einschränkungen zurückgelegt wurden.

Eine Schwierigkeit innerhalb der Analyse war der Umgang mit fehlenden Informationen. Die beschriebene Methodik zielt darauf ab, MIV-Wege anhand der genannten Kriterien als geeignet oder ungeeignet zu bewerten. Fehlende Informationen in einem Kriterium haben jedoch zur

Folge, dass Wege nicht auf Basis dieses Kriteriums als ungeeignet bewertet werden können. In der MiD 2017 wurden nicht alle Wege in der gleichen Detailtiefe erfasst und für einige Wege fehlen aus verschiedenen Gründen Informationen. Dies gilt auch für die Kriterien „Wetterbedingungen“ und „Begleitung“, die innerhalb dieser Analyse adressiert werden. Die Wetterbedingungen wurden nur für den ersten Weg einer Person am Befragungstag erfasst. Um dennoch eine realistische Verteilung der Wetterbedingungen für einen Großteil der Wege zu erhalten, wurde in dieser Studie das Wetter des ersten Weges auch allen anderen Wegen am gleichen Tag zugeordnet.

Im Hinblick auf fehlende Informationen sind außerdem die so genannten "regelmäßigen beruflichen Wege" zu nennen. Diese Wege haben einen Anteil von zwei Drittel an allen dienstlichen Wege, wurden aber generell weniger detailliert erhoben. Auch nach Anwendung der oben genannten Methodik liegen nur für wenige dieser Wege Informationen über Wetterbedinugnen vor. Des Weiteren wurden keine Informationen zur Begleitung erhoben. Da diese Wege aber für eine repräsentative Schätzung des Gesamtpotenzials von Bedeutung sind, werden sie dennoch in die Analyse einbezogen und die Problematik bei der Interpretation der Ergebnisse erneut aufgegriffen.

Substitutionspotentiale auf MIV-Weegen

Rund 57 % aller täglichen Wege in Deutschland werden mit dem MIV zurückgelegt. In Abbildung 3 wird anhand des Szenarios für Wege unter 4 km ohne Begleitung verdeutlicht, wie durch schrittweise Filterung die Einsatzpotentiale von E-Scootern auf MIV-Weegen ermittelt wurden. Von allen täglich gefahrenen MIV-Weegen liegen 35,6 % in einem Bereich zwischen 250 m und 4 km, 28,2 % aller MIV-Weege gehören zu Ausgängen, innerhalb derer kein einzelner Weg länger als 4 km ist.

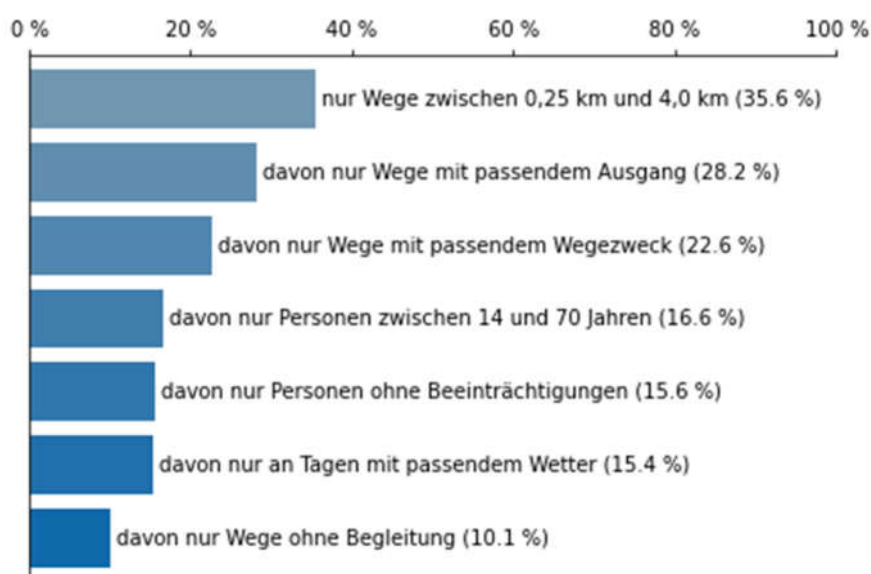


Abbildung 3: Sich aus der nacheinander angewendeten Filterung ergebende Substitutionspotentiale von MIV-Fahrten zwischen 250 m und 4 km; Basis MiD 2017.

Unter Berücksichtigung der weiteren Kriterien Wegezweck, Alter und eventuelle Mobilitätseinschränkungen der Personen, Wetter am Stichtag und fehlende Begleitung (in diesem Szenario), ergibt sich bei der Betrachtung von Wegen bis 4 km ein Gesamtpotential von rund 10,1 % aller MIV-Wege, die zumindest theoretisch mit einem E-Scooter zurückgelegt werden könnten. In absoluten Werten ausgedrückt, entspricht dies rund 14,8 Mio. täglicher Wege und einer Verkehrsleistung von rund 31,9 Mio. km. Werden auch Wege eingeschlossen, die in Begleitung einer weiteren Person zurückgelegt wurden, erhöht sich das Potential auf 14,7 % (Tabelle 5). Bei gleichartiger Berechnung ergibt sich für Wege unter 2 km Länge ein Substitutionspotential von 4,8 bis 6,8 %.

Tabelle 5: Substitutionspotential auf MIV-Wegen (Fahrer:in/Mitfahrer:in) 0,25 bis 2 km und 0,25 bis 4 km; Basis MiD 2017.

Wegelänge	Begleitung	Substitutionspotential auf MIV-Wegen der angegebenen Länge	Substitutionspotential aller MIV-Wege
0,25 km bis 4,0 km	Ohne Begleitung	28,2%	10,1%
	Ohne Begleitung oder in Begleitung von maximal einer Person	41,3%	14,7%
0,25 km bis 2,0 km	Ohne Begleitung	25,5%	4,8%
	Ohne Begleitung oder in Begleitung von maximal einer Person	36,1%	6,8%

Anhand des Szenarios mit einer Wegelänge von maximal 4 km und ohne Begleitung wird im Folgenden die Verteilung des Substitutionspotentials nach Region und Wegezwecken detaillierter betrachtet.

Regionale Verteilung des Substitutionspotentials

Tabelle 6 zeigt die regionale Verteilung der Substitutionspotentiale auf MIV-Wegen entsprechend der regionalstatistischen Raumtypologie (RegioStaR) des BMVI. Dargestellt wird die über einen Hochrechnungsfaktor ermittelte, absolute Anzahl an substituierbaren Wegen im Verhältnis zu allen MIV-Wegen nach Raumtyp. Für die Darstellung wurde der Raum- bzw. Gemeindetyp RegioStaRGem5 verwendet, welcher die 17 verschiedenen Raumtypen der Typologie in fünf übergeordnete Kategorien auf Gemeindeebene zusammenfasst (BMVI, 2020) (Siehe Abbildung 4).

Tabelle 6: Substitutionspotential für MIV-Wege nach Raumtyp; Basis MiD 2017.

Nur MIV-Wege (Fahrer:in/Mitfahrer:in)			
RegioStaRGem5 – Raumtyp	Wege gesamt	Wege mit Substitutionspotential	Anteil in Prozent
Metropole	18.322.223	1.399.696	7,6%
Regiopole, Großstadt	19.158.112	1.975.820	10,3%
zentrale Stadt, Mittelstadt	33.571.595	3.391.709	10,1%
städtischer Raum	37.753.478	4.055.870	10,7%
kleinstädtischer, dörflicher Raum	38.282.475	3.960.839	10,3%
MIV-Wege gesamt	147.087.884	14.783.933	10,1%

Für die unterschiedlichen Raumtypen ergeben sich recht ähnliche Substitutionspotentiale in einer Größenordnung von rund 10 %. Auffällig ist jedoch, dass gerade das Potential für Metropolen etwas geringer als für die übrigen Raumtypen ausfällt. Da für Metropolen ein hoher Anteil an kurzen Wegen erwartet werden kann, welche auch im Fokus dieser Analyse stehen, erscheint dieses Ergebnis zunächst als etwas widersprüchlich. Eine Erklärung kann jedoch der Umstand liefern, dass der MIV in Metropolen vergleichsweise seltener auf Wegen der gewählten Länge von 250 m bis 4 km zum Einsatz kommt. Nur rund 33 % der MIV-Wege in Metropolen liegen innerhalb der beschriebenen Grenzen, während es in Regiopolen und Großstädten sowie in zentralen Städten und Mittelstädten 39 bis 40 % und in städtischen Räumen noch 36 % sind. Nur in kleinstädtischen, dörflichen Räumen ist der Anteil mit knapp 31 % noch geringer.

Obwohl die kleinstädtischen, dörflichen Räume somit über den geringsten Anteil an MIV-Fahrten zwischen 250 m und 4 km Länge verfügen, fällt das Potential für einen Umstieg auf den E-Scooter dort überraschenderweise ähnlich hoch aus wie in den deutlich stärker verdichteten Räumen. Daraus lässt sich schließen, dass die Wegelänge nicht allein als Erklärung regional

unterschiedlicher Potentiale genügt und weitere der hier verwendeten wege- und personenbezogenen Kriterien herangezogen werden müssen. So wirken sich unter anderem regionale Unterschiede in der Altersstruktur oder die Verteilung verschiedener Wegezwecke im unterschiedlichen Maße auf die Ausprägung der Substitutionspotentiale aus.

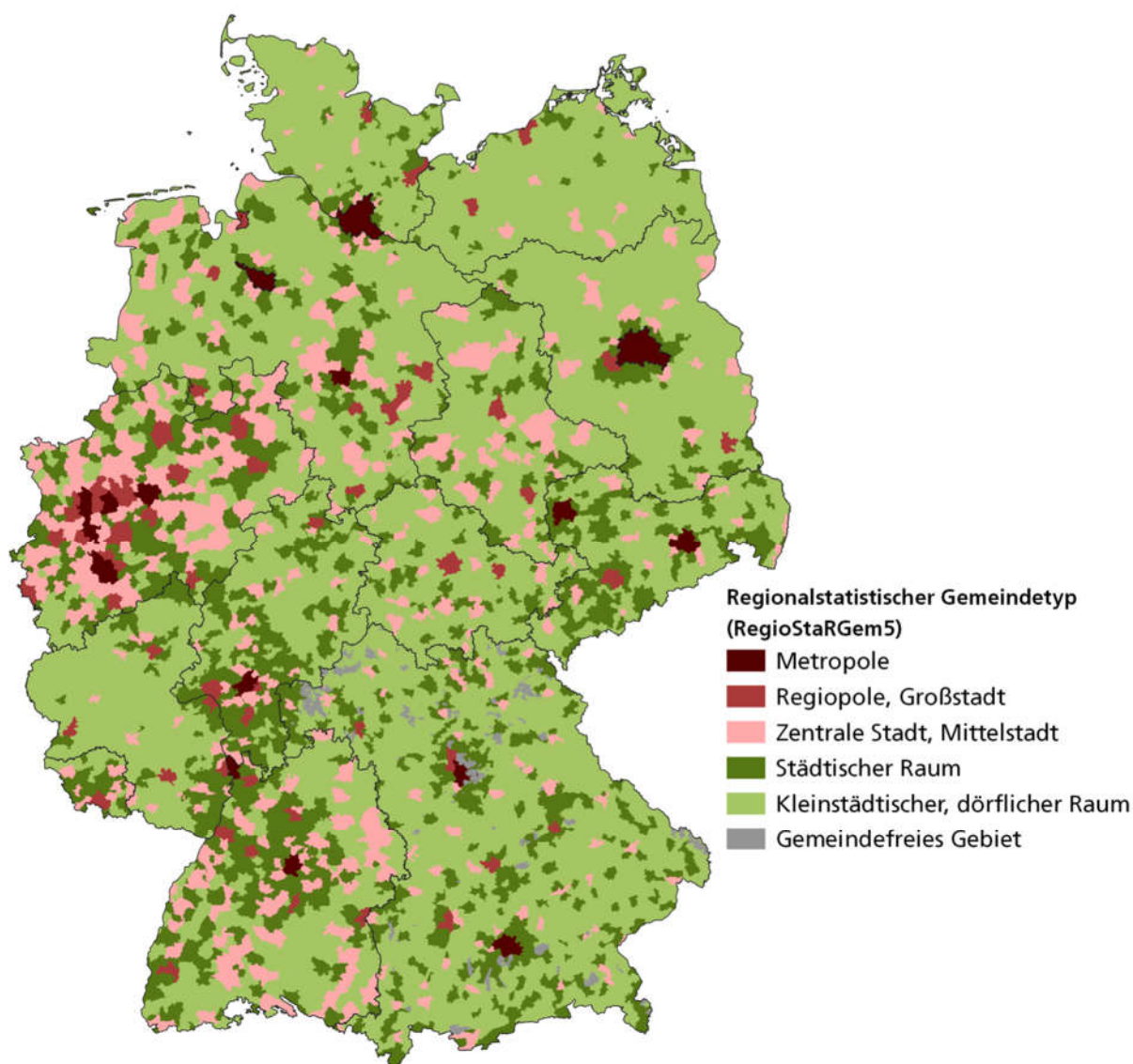


Abbildung 4: Zuordnung von Gemeinden zu siedlungsstrukturellen Raumtypen nach RegioStaRGem5.

In Abbildung 5 werden die absoluten Werte aus Tabelle 6 so ins Verhältnis gesetzt, dass sich sowohl die Verteilung aller MIV-Wege im Bundesgebiet, als auch die Verteilung des Gesamtpotentials auf die einzelnen Raumtypen ablesen lässt. Bemerkenswert ist, dass die Siedlungsstrukturen geringerer Dichte die höchsten Anteile am gesamten Substitutionspotential aufweisen, was jedoch auch daran liegt, dass fast drei Viertel aller MIV-Wege in solchen Gebieten

zurückgelegt werden. Metropolen sowie Regiopole und Großstädte haben nur einen Anteil von rund einem Viertel am gesamten Substitutionspotential, sind aber gleichzeitig überwiegend die Orte, an denen derzeit Leiheangebote für E-Scooter existieren. Festzuhalten bleibt, dass es unter den Annahmen, die für diese Berechnung getroffen wurden, auch abseits von Metropolen sowie Regiopolen und Großstädten Potentiale für eine Substitution von MIV-Fahrten durch E-Scooter gibt.

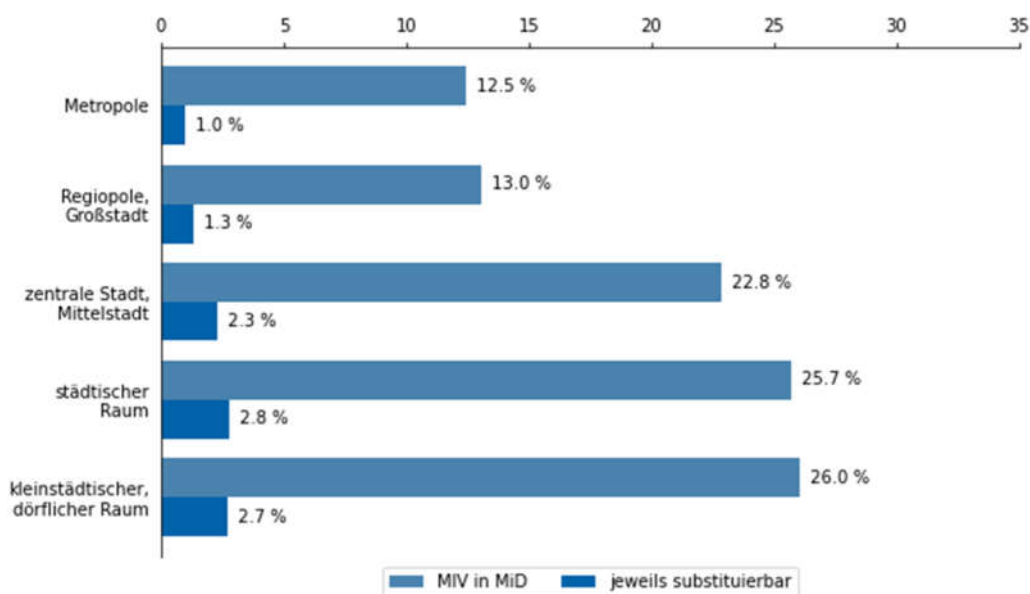


Abbildung 5: Verteilung der MIV-Wege und Substitutionspotentiale nach Raumtyp; Basis MiD 2017

Wege Zwecke und Substitutionspotentiale

Von Bedeutung für die Bewertung der theoretischen Einsatzpotentiale von E-Scootern ist auch der Zweck, zu welchem ein Weg zurückgelegt wird (vgl. Abbildung 6 und Tabelle 7). Bei der Betrachtung der Verteilung des Substitutionspotentials nach Wegezwecken fällt auf, dass das größte Potential mit rund 18,3 % innerhalb der dienstlichen Wege liegt. Allerdings handelt es sich bei den hier dargestellten dienstlichen Wegen fast ausschließlich um Wege, die in der MiD 2017 den sogenannten „regelmäßigen beruflichen Wegen“ zugeordnet werden. Zu diesen Wegen liegen weitaus weniger Informationen über deren Charakteristika vor. Insbesondere Informationen über eine eventuelle Begleitung auf dem Weg sind hier größtenteils nicht vorhanden. Es muss davon ausgegangen werden, dass auf Basis einer vollständigen Informationslage weitere Wege dieser Art als nicht geeignet bewertet worden wären. So ist anzunehmen, dass ein Teil dieser Wege in Begleitung einer weiteren Person zurückgelegt wurde und daher in dem hier behandelten Szenario als ungeeignet für die Substitution des MIV durch E-Scooter bewertet worden wäre.

Ein weiterer kritischer Punkt bei der Abschätzung von Substitutionspotentialen auf dienstlichen Wegen ist der Transport von Gegenständen, welcher mangels Transportmöglichkeiten des E-

Scooters einer Substitution des MIV entgegenstehen kann. Zu einem Teil der dienstlichen Wege bzw. regelmäßigen beruflichen Wege sind in der MiD 2017 Detailzwecke vorhanden, anhand derer Wege, die dem Transport von Waren oder der Beförderung von Personen dienen, ausgeschlossen werden konnten (siehe Punkt: „Methodisches Vorgehen“). Für viele Wege sind solche Detailinformationen jedoch nicht vorhanden, was einen Ausschluss entsprechender Wege anhand dieses Kriteriums verhindert. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch auf dienstlichen Wegen, bei denen sich der Transport von Gegenständen nicht unmittelbar aus dem Zweck des Weges ableiten lässt, Gegenstände mitgeführt werden und somit der E-Scooter nicht als Ersatz für den MIV in Frage kommt.

Tabelle 7: Substitutionspotential von MIV-Wege durch E-Scooter nach Wegezwecken; Basis MiD 2017.

Nur MIV-Wege (Fahrer:in/Mitfahrer:in)			
Wegezwecke	Wege gesamt	Wege mit Substitutionspotential	Anteil in Prozent
Arbeit	26.565.714	2.540.916	9,6%
dienstlich	21.061.251	3.857.702	18,3%
Ausbildung	5.778.908	129.965	2,2%
Einkauf	23.102.664	3.892.105	16,8%
Erledigung	21.667.816	2.207.581	10,2%
Freizeit	33.945.141	2.148.728	6,3%
Begleitung	14.616.260	0	0,0%
keine Angabe	350.130	6.937	2,0%
MIV-Wege gesamt	147.087.884	14.783.933	10,1%

Auch innerhalb der Kategorie „Einkaufswege“ konnte mit rund 16,8 % ein vergleichsweise hohes Verlagerungspotential vom MIV hin zum E-Scooter ermittelt werden. Dieses recht hohe Potential lässt sich schon allein damit begründen, dass Einkaufswege unter allen Wegen, die mit dem MIV zurückgelegt werden, im Schnitt die kürzesten Wege sind. Ihre durchschnittliche Länge beträgt im Bundesdurchschnitt nur 7 km. Ebenso wie die dienstlichen Wege sind jedoch auch Wege, die der Erledigung von Einkäufen dienen, in diesem Kontext kritisch zu betrachten, da bisherige E-Scooter-Modelle keinen Stauraum für Gepäck bieten und daher der Transport von Gegenständen ausschließlich am Körper, bspw. in einem Rucksack, möglich ist. Informationen über den Umfang der Einkäufe sind in der MiD 2017 nicht im ausreichendem Maße vorhanden, um eine Differenzierung nach für den Transport mit dem E-Scooter geeigneten und ungeeigneten Einkäufen vorzunehmen.

Die Wege, die dem Erreichen des Arbeitsplatzes und dem Rückweg nach Hause dienen und Wege, die zum Zweck privater Erledigungen zurückgelegt wurden, bieten jeweils ein Substitutionspotential von rund 10 %. Kurze Arbeitswege scheinen für die Nutzung eines E-

Scooters gut geeignet, da sie einerseits häufig ohne Begleitung und andererseits auch häufig ohne Gepäck zurückgelegt werden. Geringere Potentiale lassen sich für Freizeitwege und Wege, die dem Erreichen der Schule bzw. einer anderen Ausbildungsstätte dienen, feststellen. Diese Wege werden häufig in Begleitung zurückgelegt. Beispielsweise sind Schüler:innen und Auszubildende häufig als Mitfahrer:in im MIV unterwegs, wenn sie von einer erwachsenen Person zur Ausbildungsstätte gefahren werden. Dies ist ein Grund, warum die Potentiale für diese Wege vergleichsweise gering ausfallen, denn in dem hier vorgestellten Szenario werden nur Wege von allein und selbst fahrenden MIV-Nutzer:innen als substituierbar gewertet. Freizeitwege sind außerdem mit einer durchschnittlichen Länge von 21 km die im Schnitt längsten MIV-Wege in Deutschland, noch vor Ausbildungs-, Arbeits- und dienstlichen Wegen.

Abbildung 6 zeigt einerseits welchen Zwecken die in Deutschland mit dem MIV gefahren Wege dienen und zum anderen die Verteilung des gesamten Substitutionspotentials auf diese Wegezwecke. Auch die größten Anteile am absoluten Potential befinden sich in den beiden Kategorien „Einkaufswege“ und „dienstliche Wege“. Obwohl Freizeitwege für fast ein Viertel aller Wege stehen, die in Deutschland mit dem MIV zurückgelegt werden, haben sie nur ein ähnlich hohen Anteil am gesamten Substitutionspotential wie Arbeitswege und Wege, die privaten Erledigungen dienen. Der Anteil der Ausbildungswege ist vernachlässigbar gering. Wege, die der Begleitung von Personen dienen, wurden innerhalb des hier vorgestellten Szenarios ausgeschlossen.

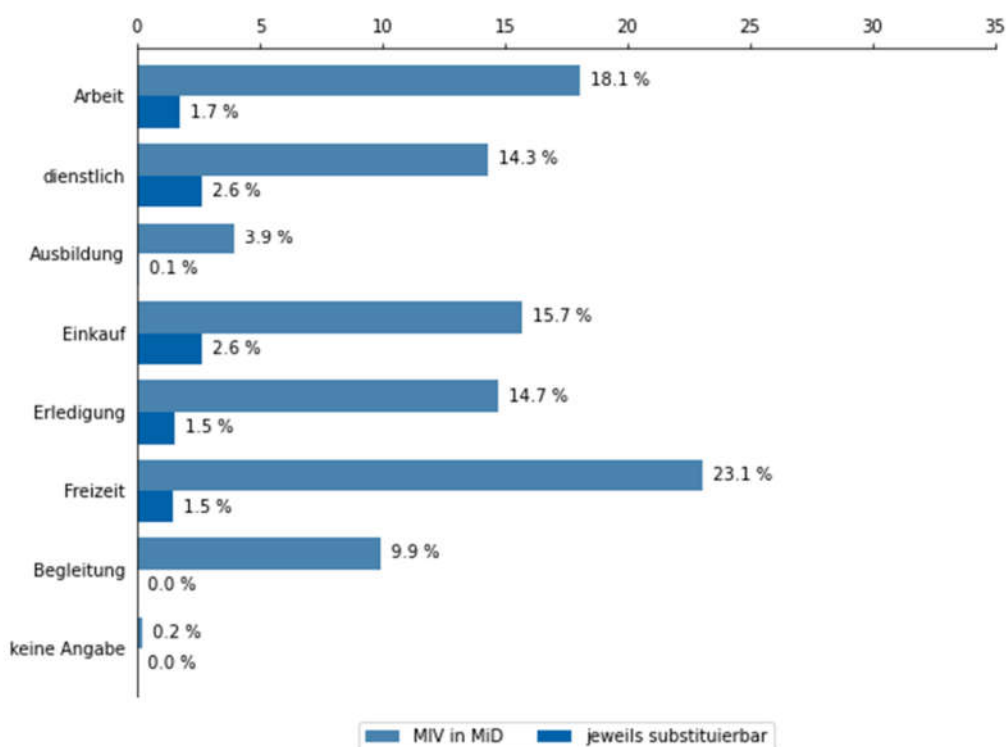


Abbildung 6: Substitutionspotential von MIV-Weegen durch E-Scooter nach Wegezwecken; Basis MiD 2017

Fazit

Insgesamt scheint der Einsatz von E-Scootern auf kurzen MIV-Wegen durchaus Potential zu besitzen, welches besonders nach Wegezweck, aber auch nach siedlungsstrukturellem Raumtyp unterschiedlich stark ausgeprägt ist. In dem hier detaillierter beschriebenen Szenario, in welchem MIV-Fahrten, die ohne Begleitung stattfinden, betrachtet wurden, können 10,1 % aller täglichen MIV-Wege durch Fahrten mit einem E-Scooter ersetzt werden. In absoluten Zahlen entspricht dies rund 14,8 Mio. Wegen mit einer Verkehrsleistung von 31,9 Mio. km. Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss jedoch bedacht werden, dass es sich um theoretische Maximalpotentiale handelt, die die Eignung von Wegen und Personen nur zu einem gewissen Umfang widerspiegeln. Inwieweit die berechneten Potentiale in der Realität umgesetzt werden, wird unter anderem auch davon abhängen, wie gut sich Scooter im Alltag für unterschiedliche Wegezwecke erweisen werden. Besonders bezogen auf Transportmöglichkeiten hat der Scooter gegenüber dem MIV einen entscheidenden Nachteil. Transportmöglichkeiten für Gepäck und Gegenstände sind auf einem E-Scooter im Grunde nicht vorhanden bzw. auf den Transport am eigenen Körper – z. B. in einem Rucksack – beschränkt. Auf wie vielen MIV-Wegen Gegenstände in solch einem Umfang transportiert werden (müssen), dass ein Umstieg auf den E-Scooter unmöglich erscheint, lässt sich auf Grundlage der MiD 2017 nicht im ausreichenden Maße abschätzen. Besonders Einkaufswegen sind in diesem Kontext kritisch zu betrachten, da ihr Zweck zwar den Transport von Gegenständen impliziert, andererseits jedoch keine ausreichenden Informationen über den Umfang der Einkäufe zur Verfügung stehen.

Nicht zuletzt beeinflussen auch individuelle Präferenzen die Entscheidung für oder gegen ein Verkehrsmittel. Auch das Rad bietet sich als Alternative zum MIV auf kurzen Wegen an und bietet bspw. für den Transport von Einkäufen bessere Möglichkeiten. Es ist daher davon auszugehen, dass die hier ermittelten Potentiale in der Praxis nicht vollständig umgesetzt werden. Eine tiefergehende Analyse der Einsatzmöglichkeiten von E-Scootern auf dienstlichen Wegen und auf Einkaufswegen wäre wichtig, um die Potentiale auf diesen Wegen nicht zu überschätzen.

4.2. Theoretisches Substitutionspotential ÖV

Nicht nur der Umstieg vom MIV auf den E-Scooter, auch die Nutzung von Scootern auf Wegen, die zuvor zu Fuß, mit dem Rad oder mit dem ÖV zurückgelegt wurden, ist in der aktuellen Diskussion um die Sinnhaftigkeit und Nachhaltigkeit von E-Scootern ein Thema. Während ein Modal-Shift vom Fuß- und Radverkehr zum E-Scooter aus stadt- und verkehrsplanerischer Sicht unerwünscht ist, ist das Verhältnis zwischen E-Scootern und ÖV differenzierter zu betrachten. Einerseits kann ein Umstieg von öffentlichen Verkehrsmitteln auf den Scooter zu einer weiteren Stärkung des Individualverkehrs und einer Schwächung des ÖV führen. Andererseits sind auch positive Effekte für den ÖV vorstellbar. So könnte der Scooter zu Spitzenzeiten als alternatives Fortbewegungsmittel den ÖV entlasten und auf diesem Wege helfen, die Zahl überfüllter Busse und Bahnen zu verringern. Zudem könnte der Scooter auch als Ergänzung zum ÖV auf der ersten und letzten Meile durchaus eine Option sein, die die Attraktivität des ÖV stärken kann (vgl. Kap.

4.3.). Dass ein Umstieg vom ÖV auf den E-Scooter stattfindet, wurde bereits in Untersuchungen gezeigt (z.B. 6t-bureau de recherche, 2019). Dieses Kapitel behandelt daher die Frage, auf wie vielen Wegen in Deutschland, die aktuell mit dem ÖV zurückgelegt werden, zumindest theoretisch die Nutzung eines E-Scooters möglich wäre.

Methodisches Vorgehen

Das Vorgehen zur Berechnung der Substitutionspotentiale im ÖV gleicht weitestgehend dem Vorgehen zur Berechnung der MIV-Substitutionspotentiale. Mit einer Ausnahme: Für die ÖV-Substitutionspotentiale ist eine Betrachtung auf der Ebene von Ausgängen nicht notwendig. Anders als im Falle der Nutzung des MIV, wo die Entscheidung für den MIV zu Beginn einer Wegekette impliziert, dass das Fahrzeug über die gesamte Wegekette mitgeführt werden muss (vgl. Kap. 4.1.: „Methodisches Vorgehen“), kann von einem öffentlichen Verkehrsmittel jederzeit auf ein alternatives Verkehrsmittel umgestiegen werden. Wie bei der Berechnung der Substitutionspotentiale des MIV werden auch für den ÖV vier verschiedene Szenarien berechnet, die sich hinsichtlich der Wegelänge und der Berücksichtigung des Punktes Begleitung unterscheiden.

Substitutionspotentiale auf ÖV-Wegen

Tabelle 8 stellt die Substitutionspotentiale als prozentuale Anteile bezogen auf verschiedene Grundgesamtheiten und je nach Szenario dar. Für die gewählte Wegelänge von 250 m bis 4 km ergeben sich Substitutionspotentiale von 45,5 bzw. 55,4 % (mit Begleitung), was einem Anteil von 11,6 bzw. 14,1 % (mit Begleitung) am gesamten Verkehrsaufkommen des ÖV entspricht.

Analog ergeben sich für Wege bis zu einer Länge von 2 km Potentiale von 47,1 bis 56,9 % an ÖV-Wegen dieser Länge und 4,9 bis 6,0 % des gesamten Verkehrsaufkommens. Die berechneten Potentiale liegen auf einem vergleichbaren Niveau mit denen des MIV. Da öffentliche Verkehrsmittel jedoch nur einen Anteil von rund 10 % an allen Wegen in Deutschland haben, liegen die Substitutionspotentiale bezogen auf das gesamte Verkehrsaufkommen in Deutschland nur bei maximal 1,4 %. Dennoch zeigen diese Ergebnisse, dass durchaus ein Potential für den Umstieg von öffentlichen Verkehrsmitteln auf E-Scooter vorhanden ist.

Im Folgenden werden die berechneten Potentiale anhand des Szenarios mit einer maximalen Wegelänge von 4 km und ohne Begleitung im Hinblick auf ihre räumliche Verteilung und den Zweck des Weges genauer untersucht.

Tabelle 8: Substitutionspotential auf ÖV-Wegen 0,25 bis 2 km und 0,25 bis 4 km; Basis MiD 2017.

Wegelänge	Begleitung	Substitutionspotential auf ÖV-Wegen der angegebenen Länge	Substitutionspotential aller ÖV-Wege
0,25 km bis 4,0 km	Ohne Begleitung	45,5%	11,6%
	Ohne Begleitung oder in Begleitung von maximal einer Person	55,4%	14,1%
0,25 km bis 2,0 km	Ohne Begleitung	47,1%	4,9%
	Ohne Begleitung oder in Begleitung von maximal einer Person	56,9%	6,0%

Regionale Verteilung der Substitutionspotentiale

Die hier durchgeführte Berechnung der Einsatzpotentiale von E-Scootern stützt sich auf Eigenschaften von Wegen und Personen, die in ihrer Ausprägung regional variieren können. Beispielsweise sind Wegelängen und Anteile des ÖV am gesamten Verkehrsaufkommen typischerweise je nach siedlungsstrukturellen Raumtyp teilweise deutlich unterschiedlich. Allein aufgrunddessen können sich regional unterschiedlich ausgeprägte Substitutionspotentiale ergeben. Tabelle 9 stellt die Substitutionspotentiale innerhalb verschiedener Raumtypen dar. Hier zeigt sich ein deutliches Gefälle zwischen urbanen und ländlichen Siedlungsstrukturen. In Metropolen sowie Regiopolen und Großstädten ist mit etwas Abstand das höchste Potential vorhanden. Bis zu 14,0 bzw. 15,6 % aller ÖV-Wege scheinen hier unter Berücksichtigung von wege- und personenbezogenen Eigenschaften auch für eine Fahrt mit dem E-Scooter geeignet. Die Potentiale innerhalb von zentralen Städten und Mittelstädten sowie städtischen Räumen bewegen sich zwischen 8,5 und 9,5 %. Mit 5,4 % fällt das Potential in kleinstädtischen, dörflichen Räumen bedeutend geringer aus. Eine mögliche Erklärung dieser Verteilung kann darin liegen, dass mit Abnahme der Siedlungsdichte die Entfernungen, die im Alltag mit dem ÖV zurückgelegt werden, größer werden und daher in dünner besiedelten Räumen weniger ÖV-Wege eine Länge unterhalb der Grenze von 4 km aufweisen. Dass Metropolen im Vergleich zu Großstädten ein geringeres Potential aufweisen, lässt sich durch ihre flächenmäßige Ausdehnung erklären. Diese sorgt dafür, dass Bewohner hier entgegen der Tendenz im Alltag etwas weitere Wege mit dem ÖV zurücklegen müssen. Auch die weiteren hier zur Berechnung verwendeten Kriterien sind jedoch bei Betrachtung der regionalen Unterschiede zu bedenken.

Tabelle 9: Substitutionspotential für ÖV-Wege nach Raumtyp; Basis MiD 2017.

Nur ÖV-Wege			
RegioStaRGem5 – Raumtyp	Wege gesamt	Wege mit Substitutionspotential	Anteil in Prozent
Metropole	9.724.296	1.359.928	14,0%
Regiopole, Großstadt	4.789.174	744.806	15,6%
zentrale Stadt, Mittelstadt	4.148.953	395.465	9,5%
städtischer Raum	4.287.036	364.642	8,5%
kleinstädtischer, dörflicher Raum	3.291.475	177.625	5,4%
ÖV-Wege gesamt	26.240.935	3.042.467	11,6%

Wege Zwecke und Substitutionspotentiale

Die Zwecke, zu denen Wege zurückgelegt werden, können sich unterschiedlich gut für die Fahrt mit einem E-Scooter eignen. In Tabelle 10 werden die Substitutionspotentiale innerhalb verschiedener Wege Zwecke dargestellt. Innerhalb der dienstlichen Wege und bei Einkaufswegen konnten die größten Potentiale festgestellt werden. Ähnlich wie bei der Betrachtung der MIV-Substitutionspotentiale gilt es jedoch auch hier, die begrenzten Transportmöglichkeiten auf einem E-Scooter und fehlende Informationen zu dienstlichen Wegen zu bedenken (vgl. Kap. 4.1).

Die Transportmöglichkeiten des E-Scooters beschränken sich auf den Transport von Gegenständen am eigenen Körper. Zwar mag der ÖV, anders als der MIV, ebenfalls nur begrenzte Transportmöglichkeiten bieten und daher ein Umstieg vom ÖV auf den Scooter in diesem Kontext als eine geringere Veränderung erscheinen, jedoch können im ÖV zumindest (schwere) Gegenstände abgestellt werden oder Gegenstände während der Fahrt in den Händen gehalten werden. Gerade für Einkaufswegen stellt sich daher die Frage, inwieweit diese Wege mit einem E-Scooter bewältigt werden können.

Aber auch dienstliche Wege sind aus dieser Perspektive kritisch zu betrachten. Zwar konnte zumindest ein Teil der dienstlichen Wege, die explizit dem Transport von Waren oder der Beförderung von Personen dienen, ausgeschlossen werden, jedoch ist vorstellbar, dass auch auf dienstlichen Wegen, die nicht explizit dem Transport dienen, Gegenstände mitgeführt werden müssen. Zudem handelt es sich bei einem Großteil der dienstlichen Wege um regelmäßige berufliche Wege, zu denen kaum Informationen über eine mögliche Begleitung zur Verfügung stehen. Es ist davon auszugehen, dass bei vollständiger Informationslage weitere Wege dieser Art ausgeschlossen würden und das Substitutionspotential insgesamt geringer ausfiele.

Die Potentiale innerhalb von Wegen, die dem Erreichen des Arbeitsplatzes oder privaten Erledigungen dienen, sind deutlich geringer. Am geringsten fällt das Potential für Wege aus, die das Erreichen der Ausbildungsstätte zum Ziel haben, und für Freizeitwegen. Dies lässt sich ähnlich wie die Ergebnisse der MIV-Substitutionspotentiale interpretieren. Ausbildungswege bieten ein geringeres Potential, da Kindern und Jugendlichen unter 14 Jahren eine Benutzung von E-

Scootern nicht erlaubt ist und diese Wege zudem häufiger in Begleitung eines Erwachsenen zurückgelegt werden. Auch Freizeitwege finden häufiger in Begleitung statt und zählen zudem im Schnitt zu den längsten Wegen in Deutschland, weshalb sie häufig die maximale Länge für eine Scooterfahrt überschreiten.

Tabelle 10: Substitutionspotential von ÖV-Wegen durch E-Scooter nach Wegezwecken; Basis MiD 2017.

Nur ÖV-Wege			
Wegezwecke	Wege gesamt	Wege mit Substitutionspotential	Anteil in Prozent
Arbeit	6.140.512	726.565	11,8%
dienstlich	3.081.938	679.942	22,1%
Ausbildung	4.814.002	311.733	6,5%
Einkauf	1.977.742	409.624	20,7%
Erledigung	2.972.131	369.698	12,4%
Freizeit	6.315.395	543.131	8,6%
Begleitung	867.794	0	0,0%
keine Angabe	71.421	1.774	2,5%
ÖV-Wege gesamt	26.240.935	3.042.467	11,6%

Fazit

Insgesamt zeigt sich somit, dass ein Substitutionspotential auf Wegen des ÖV vorhanden ist, welches sich auf einem ähnlichen Niveau wie für den MIV befindet. Auch aufgeschlüsselt nach Wegezwecken ergibt sich ein ähnliches Bild. Gerade die Wege, auf denen häufiger der Transport von zusätzlichen Gegenständen notwendig ist, bieten die höchsten Potentiale. Inwieweit die hier ermittelten theoretische Potentiale in der Praxis umgesetzt werden, wird auch davon abhängen, als wie gut geeignet der Scooter sich für verschiedene Wegezwecke erweisen wird. Deutlichere Unterschiede als im Falle des MIV ergeben sich für die Betrachtung der Substitutionspotentiale nach Raumtyp. Nur für Großstädte und Metropolen lassen sich nennenswerte Nutzungspotentiale feststellen. In dünner besiedelten Regionen bietet sich kaum Potential für einen Umstieg vom ÖV auf den E-Scooter, was daran liegen kann, dass die Wege, die dort mit dem ÖV zurückgelegt werden, oftmals zu lang für eine Fahrt mit dem Scooter sind.

Ob in der Praxis ein Umstieg vom ÖV auf den E-Scooter stattfinden wird, hängt außerdem auch von weiteren Faktoren ab, bspw. von individuellen Mobilitätspräferenzen. Sollte ein Umstieg stattfinden, ist die Frage, welche Rolle der E-Scooter gegenüber dem ÖV einnehmen wird. Eine Konkurrenz beider Modi um Nutzende auf kurzen (städtischen) Wegen erscheint aus verkehrsplanerischer Sicht als ein negatives Szenario, in welchem die Stellung des ÖV durch den Leihroller geschwächt werden könnte. Demgegenüber könnte eine Entlastung öffentlicher

Verkehrsmittel durch E-Scooter zu Hauptverkehrszeiten auch der Attraktivität des ÖV zu Gute kommen.

4.3. Potential Zubringer ÖV

Während noch Unklarheit darüber besteht, wie ein Umstieg von öffentlichen Verkehrsmitteln auf den E-Scooter auf kurzen Wegen zu bewerten ist, wird dem E-Scooter in jedem Fall ein positiver Beitrag zur Stärkung des ÖV durch die Ergänzung öffentlicher Verkehrsmittel auf der ersten und der letzten Meile zugesprochen (Agora Verkehrswende, 2019a). Der folgende Abschnitt widmet sich diesem Thema, indem die theoretischen Einsatzpotentiale von E-Scootern auf aktuellen Zubringer-Wegen anhand der MiD 2017 analysiert werden.

Methodisches Vorgehen

Mit der MiD 2017 steht erstmalig ein Datensatz zur Verfügung, welcher Wege nach Etappen aufschlüsselt. Zu 4.465 Wegen stehen Informationen über insgesamt 11.000 Etappen zur Verfügung. Für die Abschätzung des Potentials des E-Scooters als Zubringer zum ÖV wird dieser Etappendatensatz als Ausgangsbasis in dieser Studie verwendet. Für die Analyse wurden Etappen betrachtet, die zu Wegen gehören, bei denen der ÖV das Hauptverkehrsmittel war. Durch Ausschluss solcher Etappen, auf denen der ÖV selbst verwendet wurde, verbleiben Etappen, die vor, zwischen oder nach Etappen liegen, auf denen der ÖV genutzt wurde. Diese Etappen lassen sich als Zubringer-Etappen beschreiben. Das weitere Vorgehen ähnelt dem Vorgehen, welches bei der Ermittlung der Substitutionspotentiale für den MIV angewandt wurde. Es wurden nur Etappen als geeignet bewertet, die eine Länge von 250 m nicht unterschreiten und eine maximale Länge von 4 km nicht überschreiten. Für Personen jünger als 14 Jahre oder älter als 70 Jahre sowie für Personen, die explizit Mobilitätseinschränkungen angaben, wurde kein Potential für eine E-Scooter-Fahrt gesehen. Etappen dieser Personen wurden daher als ungeeignet für eine Scooter-Nutzung bewertet. Da der Etappendatensatz keine oder nur im geringem Umfang Informationen zum Wetter am Stichtag, weiteren gesundheitlichen Einschränkungen der Befragten und möglichen Begleitern bietet, konnten diese Kriterien, anders als bei der Analyse der Substitutionspotentiale des MIV, nicht berücksichtigt werden.

Verkehrsmittel und Länge von Zubringer-Etappen

Abbildung 7 stellt die Verteilung der identifizierten Zubringer-Etappen nach Länge und genutztem Verkehrsmittel dar. Der Großteil der Etappen ist vergleichsweise kurz: 79 % der Etappen weisen eine Länge bis 5 km auf, 70 % sind sogar kürzer als 2 km. Zu insgesamt 15 % liegen keine Informationen über die Etappenlänge vor.

Bei der Betrachtung der verwendeten Verkehrsmittel zeigt sich, dass rund 77 % der Etappen zu Fuß zurückgelegt wurden. Der Fußverkehr ist über alle Distanzen dominant. Erst ab einer Etappenlänge ab 2 km kommen das Rad und der MIV auf vergleichbar hohe Nutzungsanteile.

Auch von den Etappen, zu denen keine Angaben über die Länge vorliegen, wurde knapp die Hälfte zu Fuß zurückgelegt.

Unter der Annahme einer maximalen Wegelänge von 4 km für die E-Scooter-Nutzung zeichnet sich hier ab, dass die Potentiale für E-Scooter auf Zubringer-Etappen vor allem auf Etappen zu finden sind, die üblicherweise zu Fuß oder auch mit dem Rad zurückgelegt werden. Das Potential für die Substitution von MIV-Fahrten ist demgegenüber sehr gering: Nur rund 3 % der Etappen, auf denen der MIV zum Einsatz kam, erscheinen unter Berücksichtigung der Etappenlänge als geeignet für den Einsatz von E-Scootern.

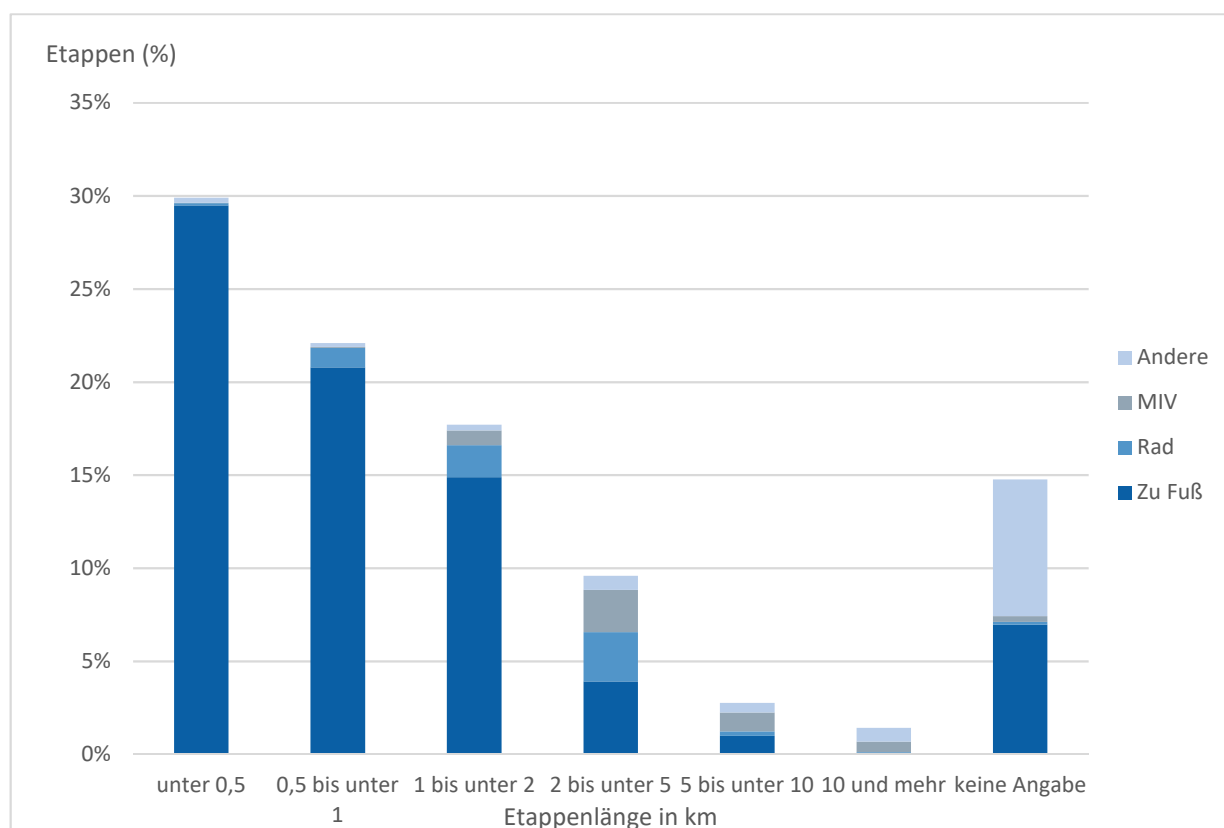


Abbildung 7: Nutzungsverteilung verschiedener Modi auf Zubringer-Etappen unterschiedlicher Länge; Basis MiD 2017.

Potential von E-Scootern auf Zubringer-Etappen

Für eine detailliertere Betrachtung der Einsatzpotentiale von E-Scootern wurden die identifizierten Zubringer-Etappen in einem nächsten Schritt auf ihre Länge und auf personenbezogene Merkmale untersucht. Etappen länger als 4 km und von Personen, die Mobilitätseinschränkungen berichteten oder deren Alter außerhalb der gesetzten Grenzen liegt, wurden als nicht geeignet für eine Scooter-Nutzung bewertet.

Insgesamt lässt sich auf diese Weise für rund 52 % aller Zubringer-Etappen ein Potential für die Nutzung von E-Scootern feststellen. Abbildung 8 zeigt die prozentuale Verteilung des E-Scooter-

Potentials nach Etappenlänge und genutztem Verkehrsmittel. Durch die Setzung einer minimalen Etappenlänge von 250 m entfällt ein Großteil der Zubringer-Etappen unter 500 m Länge. Unterteilt nach Verkehrsmitteln lassen sich 85 % der Etappen dem Fußverkehr zuordnen. Weitere 8 % wurden mit dem Rad und 5 % mit dem MIV zurückgelegt. Auf 2 % aller Etappen mit Potential kamen andere Verkehrsmittel zum Einsatz.

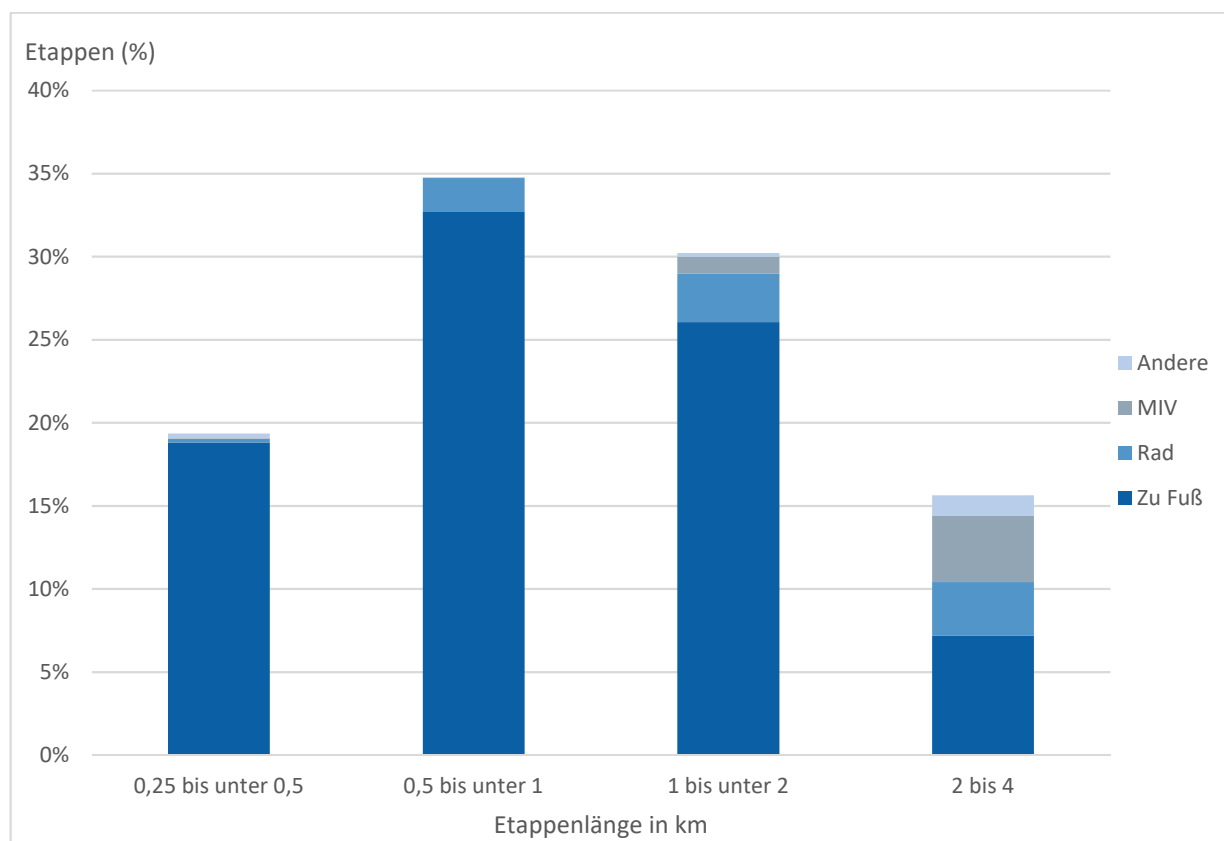


Abbildung 8: Potentielle Zubringer-Etappen bis 4 km für E-Scooter differenziert nach Verkehrsmittel; Basis MiD 2017.

Das Gesamtbild verändert sich durch die tiefergehende Analyse nicht: Nur 5 % der Zubringer-Etappen mit Einsatzmöglichkeit für E-Scooter werden üblicherweise mit dem MIV zurückgelegt. Dies entspricht einem Anteil von rund 3 % aller hier erfassten Zubringer-Etappen. Der Großteil des Substitutionspotentials liegt auf Wegen, die aktuell zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt werden.

Fazit

Ein Einsatz des E-Scooters auf Zubringer-Etappen zum ÖV erscheint vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse zumindest aus einer Nachhaltigkeitsperspektive als nicht zielführend. Zwar ist die Nutzung des E-Scooters auf rund 52 % aller Zubringer-Etappen möglich, der Leihroller stünde

jedoch gerade mit den beiden nachhaltigsten Modi – Rad- und Fußverkehr – in Konkurrenz. Einen positiven Beitrag zu einem umweltfreundlichen Verkehrssystem könnte der E-Scooter durch die Substitution des MIV auf Zubringer-Etappen leisten. Jedoch besteht dahingehend nur ein sehr geringes Potential.

Weitere zukünftige Einsatzpotentiale für E-Scooter als Zubringer könnten jedoch in solchen Situationen entstehen, in denen der ÖV aktuell nicht genutzt wird, da die nächste Haltestelle zu weit entfernt erscheint. Der E-Scooter könnte hier eine Alternative bieten, wenn Zubringer-Wege zu lang erscheinen, um sie zu Fuß zurückzulegen und der Einsatz anderer Verkehrsmittel wie Rad und MIV individuell nicht möglich oder nicht gewünscht ist. Weiterhin sind regionale Unterschiede in der Nutzung von verschiedenen Verkehrsmitteln zur Erreichung des ÖV zu bedenken. Diese regionalen Unterschiede konnten hier nicht untersucht werden. Denkbar ist jedoch, dass die Anteile des MIVs als Zubringer zum ÖV regional variieren. Eventuell könnten sich höhere Potentiale für die Substitution von MIV-Fahrten in suburbanen Räumen ergeben, in denen der MIV stärker als Zubringer zum ÖV auf kurzen Strecken zum Einsatz kommt. Dies zu überprüfen, ist aufgrund der geringen Stichprobengröße des verwendeten Datensatzes nicht möglich.



5. Analyse der Treibhausgasemissionen

Über die Umweltwirkungen des Einsatzes von E-Scootern können bisher mangels belastbarer Datengrundlage nur schwer Aussagen getroffen werden. Zwar gibt es Informationen und Daten zu den E-Scootern und ihrer Verwendung, jedoch hängt der letztendliche Nutzen davon ab, wie sich die Verwendung des neuen Verkehrsmittels E-Scooter auf das Verkehrsverhalten insgesamt auswirkt. Daher werden im Folgenden die klimawirksamen Emissionen anhand eines beispielhaften Anwendungsfalls von E-Scootern quantifiziert. Darauf aufbauend wird eine Analyse des Gesamtpotentials für die Substitution von Pkw-Fahrten in Deutschland auf nationaler Ebene durchgeführt.

Einige wenige Publikationen zur Ökobilanz von E-Scootern wurden in 2019 und 2020 mit verschiedenen Schwerpunkten veröffentlicht. Die untersuchten Anwendungsfälle reichen von der Nutzung in den USA (Hollingsworth et al., 2019) oder Deutschland (Severengiz et al., 2020) über die spezifische Verwendung in den Städten Paris (Bortoli & Christoforou, 2020) und Brüssel (Moreau et al., 2020) bis hin zu einem generischen Modell des International Transport Forums (ITF) (Cazzola & Crist, 2020). Letzteres bietet einen Überblick über verschiedene Verkehrsmittel im urbanen Raum und gibt die Spannbreiten verschiedener Einflussparameter an, berücksichtigt für die E-Scooter jedoch Ergebnisse neuer Publikationen wie Moreau et al. (2020) und Severengiz et al. (2020) nicht. Herstellerangaben finden sich vereinzelt (Voi, 2019), gehen aber im Gegensatz zu den wissenschaftlichen Veröffentlichungen nicht auf die zugrunde gelegten Annahmen und Anwendungsfälle ein.

Die Angaben zu Treibhausgasemissionen ($\text{CO}_{2\text{eq}}$), die in der Literatur zu finden sind, schwanken sowohl je nach Autor:in als auch nach dem jeweiligen Untersuchungsfokus (Abbildung 9). Da die häufig für LCA verwendeten Datenbanken ecoinvent (Wernet et al., 2016; ecoinvent, 2020), GaBi (Sphera et al., 2020) und GREET (Argonne National Laboratory, 2020) bisher keine vollständigen Informationen zu Herstellung, Betrieb und Entsorgung eines E-Scooters enthalten, wurden in Hollingsworth et al. (2019) und Moreau et al. (2020) E-Scooter Modelle zerlegt und die Materialanteile bestimmt. Severengiz et al. (2020) greifen auf prozentuale Angaben zur Materialzusammensetzung eines Herstellers zurück. Bezüglich der methodischen Vorgehensweise handelt es sich fast ausschließlich um Studien, die einem sogenannten „attributional approach“ folgen. Das heißt, für die Berechnung werden durchschnittliche Emissionswerte für alle Prozesse verwendet und dem Lebensweg des E-Scooter zugeordnet. Lediglich von Bortoli & Christoforou

(2020) wird ein „consequential approach“ verwendet, d. h., dass die Auswirkungen des Produkts „E-Scooter“ mit der aus seiner Herstellung und Nutzung einhergehenden zusätzlichen Nachfrage an Energie und Rohstoffen bewertet wird.

Für die Gesamtemissionen an Treibhausgasen im Lebensweg eines E-Scooters spielt die notwendige Infrastruktur eine untergeordnete Rolle (Bortoli & Christoforou, 2020), ebenso wie Entsorgung bzw. Recyclingprozesse. Anders als bei elektrifizierten Pkws ist die Bedeutung des Ladestroms für den Scooterbetrieb im Vergleich zur Fahrzeugherstellung und anderen Emissionen aus der Nutzungsphase vergleichsweise gering. Insbesondere beim Einsammeln der Scooter während der Nutzungsphase gibt es große Unterschiede hinsichtlich der entstehenden Emissionen, je nachdem, ob konventionelle Diesellieferwagen oder elektrifizierte Fahrzeuge eingesetzt werden (Severengiz et al., 2020).

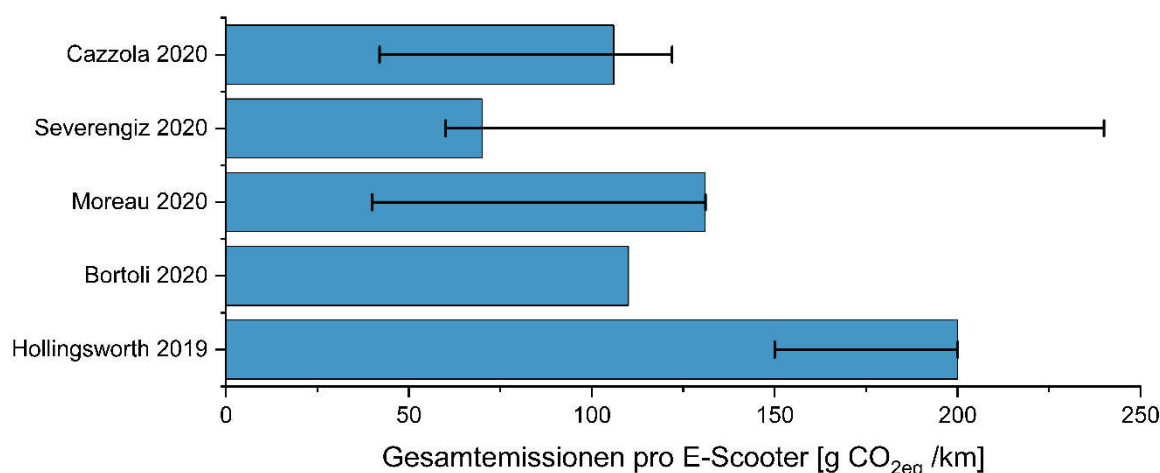


Abbildung 9: Übersicht über die Gesamtemissionen an Treibhausgasen pro km aus verschiedenen Literaturquellen.

Für die Bilanzierung der Treibhausgas-Emissionen von E-Scootern wird der gesamte Lebensweg eines E-Scooters betrachtet. Das heißt, dass entsprechend der Anforderungen der DIN ISO 14040 und 14044 sämtliche Vorkettenprozesse einbezogen werden, die für Herstellung, Betrieb und Entsorgung der E-Scooter notwendig sind. Die heutigen E-Scooter bestehen zum größten Teil aus Aluminium und verschiedenen weiteren Komponenten wie Kunststoffen, Stahl, Gummi etc. Anhand der Angaben aus Hollingsworth et al. (2019), Moreau et al. (2020) und Severengiz et al. (2020) kann ein typischer Herstellungspfad für einen E-Scooter modelliert werden. Sowohl der Scooter als auch die Li-Ionen-Batterien werden in China hergestellt und nach Europa transportiert. Für die Nutzung wurde ein Anwendungsfall in Deutschland anhand der Informationen aus Severengiz et al. (2020) und Cazzola & Crist (2020) angenommen. Der E-Scooter wird als Leihroller mit einer durchschnittlichen Tagesfahrleistung von 10,2 km genutzt (Severengiz et al., 2020). Hierbei werden die Scooter täglich von Servicefahrzeugen wieder eingesammelt, um entweder den Standort zu ändern, die Batterie zu laden oder Reparaturen durchzuführen. Die tägliche Fahrleistung dieser Transporte beläuft sich auf 50 km bzw. 2,5 km

pro Scooter (Severengiz et al., 2020). Zwar wurde in der Anfangszeit der E-Scooter von sehr kurzen Lebensdauern der Scooter berichtet, jedoch kann für aktuelle Generationen der E-Scooter von einer Lebensdauer von 2 Jahren ausgegangen werden (Cazzola & Crist, 2020). Für die Verwertung wird angenommen, dass die metallischen Hauptbestandteile zurückgewonnen werden und die Li-Ionen Batterie einem Recyclingprozess zugeführt wird.

Die zugrunde gelegten Daten sind der genannten Literatur entnommen und für die Herstellung in China und einen Betrieb in Deutschland angepasst. Die Vorkettenprozesse aus der LCA Datenbank ecoinvent 3.7 (ecoinvent, 2020) und in einem Stoffstrommodell mit der Software Umberto (Ifu Hamburg GmbH, 2020) mit den Literaturdaten kombiniert worden. Für die Wirkungsabschätzung wird die ILCD 2.0 Methode verwendet, wobei im Folgenden die Ergebnisse der Kategorie „Klimawandel“ ausgedrückt in CO₂-Äquivalenten gezeigt werden. Die Ergebnisse werden sowohl für den Lebensweg eines E-Scooters als auch auf km-Basis dargestellt. Die wesentlichen Inputgrößen sind in Tabelle 11 aufgeführt.

Tabelle 11: Übersicht über Inputdaten für den Scooter-Betrieb Quelle: Hollingsworth et al., 2019; Moreau et al., 2019; Severengiz et al., 2020.

	Menge	Einheit	Min	Max
Lebensdauer	2	a	0,5	2
Energieverbrauch	0,015	kWh/km	0,011	0,017
Reichweite	30	km	20	46
Batteriekapazität	0,46	kWh	0,34	0,55
Fahrleistung	10,2	km/Tag	4,4	13,7
Batterie	Austauschbar			
Anzahl Batterien pro E-Scooter	1,5		1	1,5
Sammelfahrzeug	Diesel-Fahrzeug		Oder: E-Fahrzeug	
Fahrleistung Service-Fahrzeug	50	km/Tag	45	100
	2,5	km/Scooter	1	4

Aus dem modellierten Anwendungsfall ergibt sich eine Gesamtbilanz von 590 kg CO_{2eq} über die gesamte Lebensdauer eines E-Scooters (Abbildung 10). Die Herstellung des E-Scooter hat den größten Anteil an den gesamten Treibhausgasemissionen. Mit über 60 % Anteil an den Emissionen stellt hierbei die Aluminiumproduktion den Haupttreiber dar (Abbildung 11). Ähnlich wie bei den batterieelektrischen Pkws ist die Herstellung der Li-Ionen-Batterie ein weiterer, nicht zu vernachlässigender Posten, während weitere Materialien und Bauteile demgegenüber zurücktreten. Service und Instandhaltung der Scooter verursachen mehr Emissionen als die Nutzung selbst, in der zwar keine direkten Emissionen entstehen, die jedoch durch den derzeitigen deutschen Strommix nicht vollkommen emissionsfrei ist. Aus der durchschnittlichen täglichen Fahrleistung von 10,2 km ergibt sich eine Gesamtfahrleistung pro Fahrzeug von 7.450 km. Die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen pro km sind nur für diesen Anwendungsfall gültig. Bei einer höheren oder niedrigeren täglichen Fahrleistung und gleicher Lebensdauer ergeben sich entsprechend andere Werte pro km. Bei einer täglichen Fahrleistung

von 4,4 km, wie als worst case Wert in Cazzola & Crist (2020) angegeben, erhöhen sich die relativen Emissionen um 133 %. Analog dazu ergibt sich bei einer verkürzten Lebensdauer von 6 Monaten entsprechend der vierfache Emissionswert pro km im Vergleich zum Basisfall.

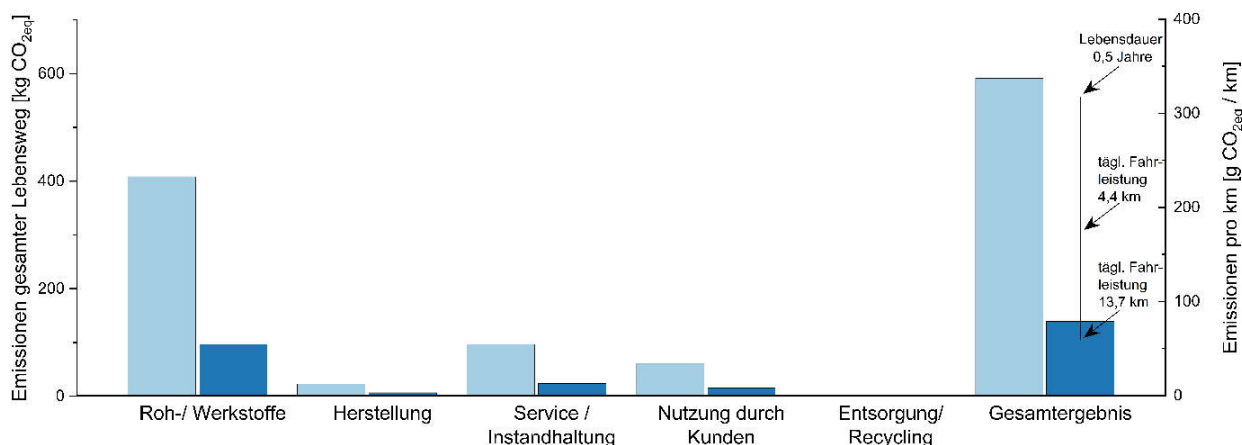


Abbildung 10: Treibhausgasemissionen aus dem Lebensweg eines E-Scooters in absoluten Zahlen (linke Säulen) und pro km (rechte Säulen), Quelle: eigene Berechnung basierend auf ecoinvent 3.7.

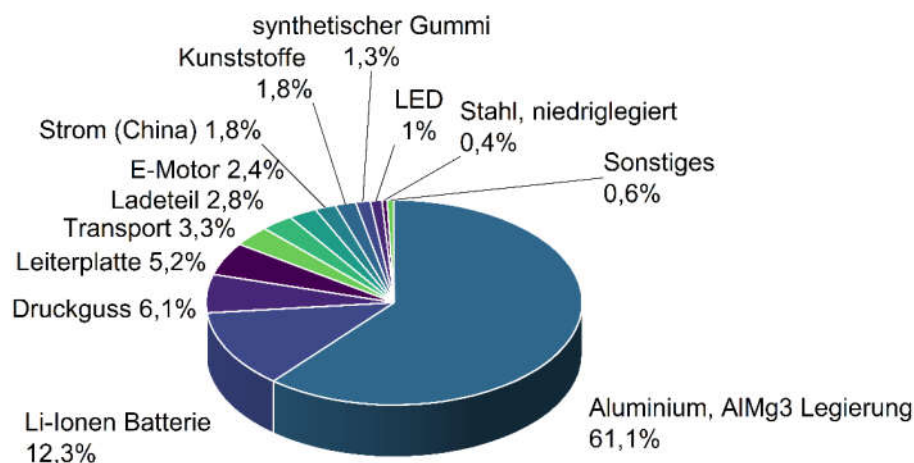


Abbildung 11: Anteile einzelner Prozesse während der Herstellungsphase.

Angesichts der energientensiven Herstellung und der vergleichsweise aufwändigen Serviceleistungen in der Nutzungsphase der E-Scooter stellt sich die Frage, wie sich die Treibhausgasemissionen im Vergleich zu den Pkw verhalten. Nicht nur die E-Scooter weisen eine große Bandbreite möglicher Emissionen bezogen auf einen km auf, auch die Emissionen verschiedener Pkw-Antriebe variieren stark (Abbildung 12). Neben den verschiedenen Energieeffizienzen spielt bei den batterieelektrisch angetriebenen Pkw der Anteil an fossilen Energieträgern in der Energiebereitstellung eine erhebliche Rolle. Während ein mit Windstrom betriebener batterieelektrischer Pkw nur ein Drittel des Treibhausgasausstoßes eines Benzinfahrzeuges aufweist, steigen im Falle eines Fahrzeugbetriebs mit dem derzeitigen

deutschen Strommix die Treibhausgasemissionen um ca. 70 % an. Dennoch kann der batterieelektrische Antrieb bereits heute eine Verminderung der Treibhausgase gegenüber den konventionellen Fahrzeugen erzielen. Die Treibhausgasbilanz eines batterieelektrischen Pkw wird ähnlich wie bei den E-Scootern maßgeblich durch die Treibhausgasintensität der Batterieproduktion, die Gesamtfahrleistung über die Lebensdauer sowie den Strommix bzw. dem Anteil erneuerbarer Energien am Strommix beeinflusst (vgl. auch Agora Verkehrswende, 2019b; Ehrenberger et al., 2019).

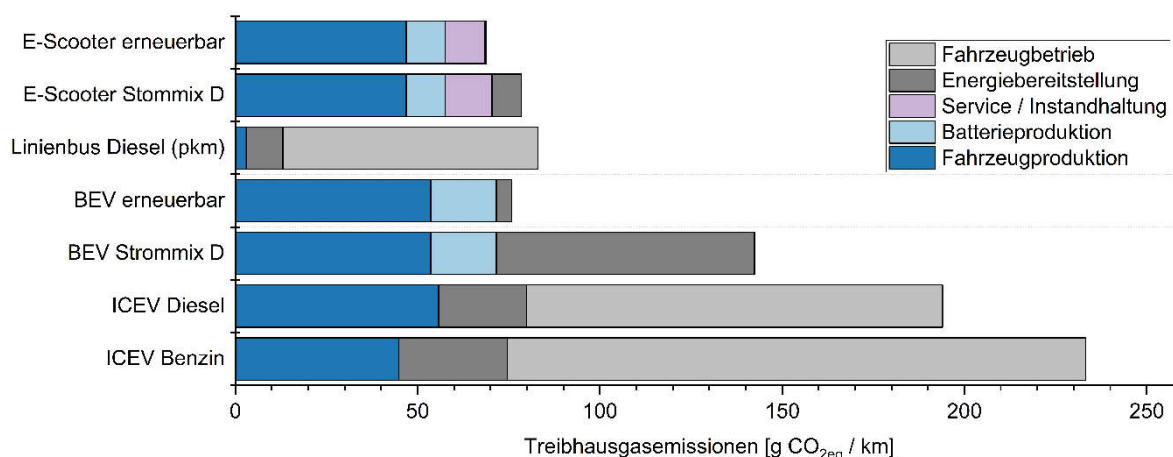


Abbildung 12: Treibhausgasemissionen verschiedener Pkw-Antriebsarten (ICEV = Pkw mit Verbrennungsmotor, BEV = batterieelektrischer Pkw, pkm = Personenkilometer).²

Den hier dargestellten Emissionen der verschiedenen Verkehrsmittel liegen verschiedene Annahmen hinsichtlich Fahrzeuggröße, Energieeffizienz, Auslastung u. ä. zugrunde. Die tatsächlichen Emissionen sind daher immer vom einzelnen Anwendungsfall abhängig und können – wie im Falle der E-Scooter gezeigt – erheblich schwanken. Wird Fuß- oder Radverkehr ersetzt, so führt die Verwendung der E-Scooter zu höheren Emissionen (Moreau 2020). Größeres Einsparpotential ergibt sich durch die Substitution von Pkw-Fahrten. Für den in Tabelle 11 beschriebenen Standard-Anwendungsfall des E-Scooters lassen sich gegenüber den mit Diesel oder Benzin betriebenen konventionellen Pkw deutliche Emissionseinsparungen erzielen, auch wenn sich die Herstellungsemissionen pro km in ähnlicher Größenordnung bewegen (Abbildung 12). Im Vergleich mit batterieelektrischen Pkw ist die E-Scooter-Nutzung ebenfalls mit niedrigeren Gesamtemissionen verbunden, insbesondere wenn der heutigen Strommix als Energiequelle zugrunde gelegt wird. Die Treibhausgasemissionen der Herstellung sind um ca. 20 % geringer. Zwar sind die absoluten Emissionen der Herstellung bei einem batterieelektrischen Pkw mit ca. 14 t CO_{2eq} weitaus höher als bei einem E-Scooter (< 0.5 t CO_{2eq}), jedoch relativiert sich dies bezogen

² Bei allen Fahrzeugen ist die Verwertung am Lebensende bezogen auf die Treibhausgasemissionen weniger relevant und hier an dieser Stelle nicht weiter berücksichtigt.

auf einen km bei einer angenommenen Gesamtfahrleistung eines Pkws von 200.000 km gegenüber den 7.500 km Fahrleistung eines E-Scooters. In Zukunft können die Gesamtemissionen der E-Scooter jedoch weiter vermindert werden, indem sie nicht nur mit einem höheren Anteil erneuerbaren Stroms geladen werden, sondern auch die Sammlung der Scooter mit batterieelektrischen Fahrzeugen erfolgt.

Wird der E-Scooter als Ersatz für einen Weg mit einem Bus des ÖV verwendet, so können zwar im Falle eines dieselbetriebenen Busses Emissionen eingespart werden, jedoch auf niedrigerem Niveau als bei den heutigen Pkw. Die vergleichsweise niedrigen Emissionen aus der Herstellung des Busses sind der hohen Laufleistung und der größeren Anzahl an Personen, die mit einer Fahrt befördert werden können, geschuldet. Somit besteht bei den Bussen des ÖV ein ungleich höheres Emissionseinsparpotenzial durch die Nutzung alternativer Energieträger, als dies bei den E-Scootern oder Pkw der Fall ist.

Aus dem Vergleich mit anderen Verkehrsträgern und dem Potential an ersetzbaren Fahrten in Deutschland ergeben sich potentielle Einsparungen an Treibhausgasen pro Tag durch die Verwendung von Leihrollern. Aus den Ergebnissen zu den Wegen bis 4 km (vgl. Kap. 4.1), auf denen Pkw-Fahrten durch E-Scooter-Sharingdienste ersetzt werden können, ergibt sich ein Potential von ca. 31,9 Mio. km pro Tag (Tabelle 12). Je nachdem um welchen Pkw es sich handelt, schwankt die Differenz zu den Treibhausgasemissionen eines E-Scooters pro km (vgl. Abbildung 12). Werden nur die Emissionen der Nutzungsphase miteinander verglichen, so ergeben sich je nach Pkw-Antrieb und je nach durchschnittlicher Fahrleistung der E-Scooter Reduktionspotentiale zwischen 700 und 5.500 t CO_{2eq} pro Tag (Abbildung 9). Diese große Spannweite ergibt sich aus den verschiedenen möglichen Nutzungsmustern und täglichen Fahrleistungen der E-Scooter. Angesichts von Emissionen von ca. 100 Mio. t CO_{2eq} pro Jahr durch Pkws in Deutschland (European Environment Agency, 2019) würde dies – unter der Annahme, dass die substituierbaren Kilometer einen täglichen Durchschnitt darstellen – ein Reduktionspotential von bis zu 2 % bedeuten. Bezogen auf die Wege im urbanen Raum, die hierdurch gänzlich frei von lokalen Emissionen durchgeführt werden können, ergibt sich für diesen Anwendungsfall eine positive Bilanz durch den Einsatz von E-Scootern. Dies trifft insbesondere zu, wenn Fahrten von Pkw mit Verbrennungsmotoren ersetzt werden, deren Schadstoffemissionen (z. B. Stickoxide oder Partikel) auf Kurzstrecken zudem überdurchschnittlich hoch sind. Wird angenommen, dass die E-Scooter nicht nur die Nutzung der Pkw ersetzen, sondern in der Gesamtheit der Fahrten auch den jeweiligen Pkw an sich, so können auch die Emissionen der Herstellung in den Vergleich mit einbezogen werden. Hier ergibt sich eine größere Spannweite, da die Produktion der Scooter relativ stark gewichtet wird. Je nach Einsatzszenario sind für den Ersatz eines Pkw im Falle von E-Scootern als Leihroller eine relativ große Anzahl an Fahrzeugen notwendig. Wenn die Scooter eine geringe Laufleistung haben, sinkt das Emissionsreduktionspotential deutlich. Im ungünstigsten Fall können im Vergleich mit einem batterieelektrischen Fahrzeug auch mehr Emissionen durch den Einsatz der E-Scooter entstehen und dann rein rechnerisch täglich bis zu 1.300 t mehr Treibhausgase emittiert werden (Abbildung 13). Insgesamt gesehen sind die Einsparungspotenziale von Treibhausgasemissionen durch die

Nutzung von E-Scootern aufgrund der variablen Rahmenbedingungen mit einer großen Unsicherheit behaftet und hängen vom konkreten Anwendungsfall ab.

Tabelle 12: Anzahl an durch E-Scooter ersetzbaren Pkw-km auf Wegen unter 4 km (auf 100-km gerundet).

Wegelängen in Gruppen	[km]
bis 0,25	0
ab 0,25 bis 0,5	277.000
über 0,5 bis 1	2.187.800
über 1 bis 2	7.697.000
über 2 bis 3	10.686.500
über 3 bis 4	11.038.800
Gesamt	31.887.300

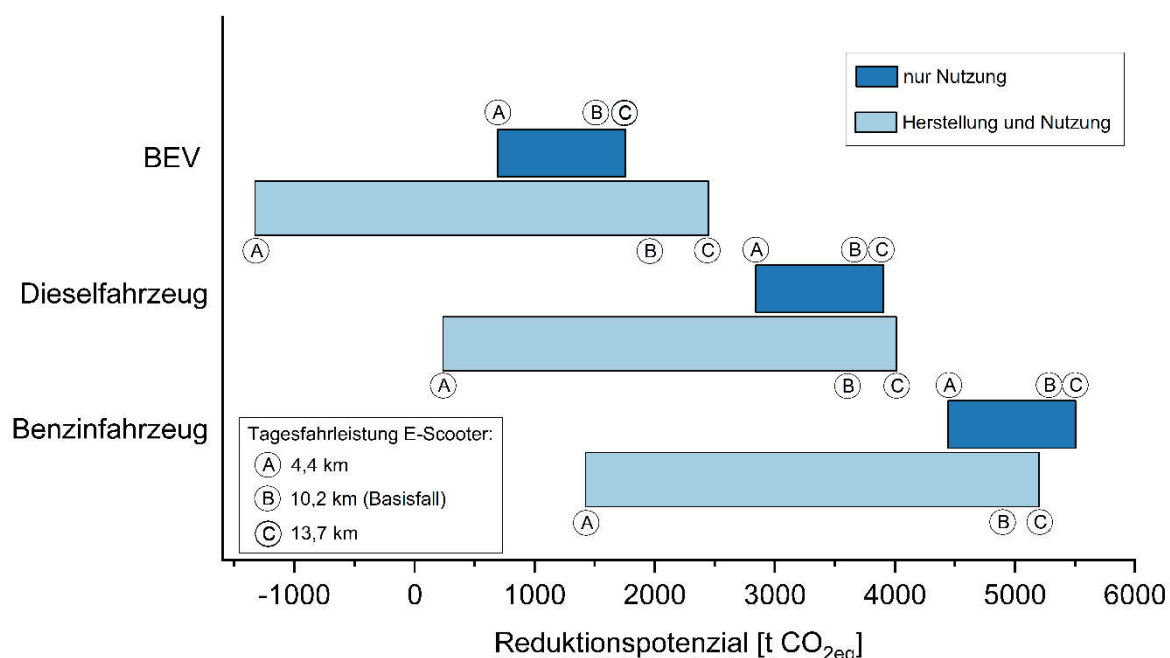


Abbildung 13: Reduktionspotential an Treibhausgasemissionen pro Tag durch die Nutzung von E-Scooter anstelle verschiedener Pkws.



6. Reflektion der Herausforderungen bei der Erhebung und Auswertung von Daten

Kurz nach Einführung neuer Mobilitätsangebote sind die Nutzerzahlen anfänglich in der Regel sehr klein und räumlich stark konzentriert. Zudem ist E-Scooter-Fahren als junges Phänomen noch nicht in gängigen Mobilitätsenerhebungen wie der MiD erfasst, es liegen also kaum Nutzungsdaten vor. Auch sind die Nutzerzahlen neuer Angebote meist zu klein, als dass sie in allgemeinen Mobilitätsbefragungen ins Gewicht fallen bzw. differenzierte Aussagen über die Nutzung und Nutzungsart getroffen werden können.

Eine Application Programming Interface (API) ist eine Möglichkeit, Bewegungen einzelner E-Scooter zu erfassen. Eine API ist eine Schnittstelle, die es anderen (externen) Programmen erlaubt, sich mit einem System zu verbinden. Beispielsweise nutzt jede App die auf einem Smartphone installiert wird, die API des Betriebssystems, sodass diese auf den Speicher, die Kamera etc. zugreifen können. Diese Schnittstelle wird jedoch nicht bei allen in Deutschland operierenden E-Scooter-Unternehmen angeboten, wodurch externe Programme keine Daten zur E-Scooter-Nutzung abfragen können (Agora Verkehrswende, 2019a; Tack et al., 2019). Bei einigen Sharing-Diensten sind diese Schnittstellen jedoch vom Anbieter in deren Apps integriert, wobei datenschutzrechtliche Vorgaben und die Anbieter selbst festlegen, auf welche Daten externe Programme zugreifen dürfen. Zudem sind Bewegungsdaten die über APIs gewonnen werden kritisch zu bewerten (Tack et al., 2019). Einerseits sind Abfragen der Ortungsdaten einzelner E-Scooter während der Nutzung nur selten möglich (Zou et al., 2020), andererseits können durch die gewählten Abfrageintervalle Ungenauigkeiten entstehen (Tack et al., 2019). Zudem gibt es keine Dokumentation über die Genauigkeit der GPS-Standortdaten der E-Scooter, wodurch Ortungsfehler, bspw. bei Satellitenausfall oder durch Häuserschluchten, nicht ausgeschlossen werden können (Zou et al., 2020). Dementsprechend werden Analysen der E-Scooter-Nutzung mittels API-Abfragen von den Anbietern als realistisch, jedoch zu konservativ eingeordnet, da interne Daten der Anbieter zu Nutzungshäufigkeiten höher sind (Reintjes, 2020). Wissenschaftliche Analysen von Anbieterdaten fehlen bislang, da die Daten nicht umfangreich veröffentlicht wurden.

Weiterhin bestehen in Deutschland datenschutzrechtliche Auflagen, so dass erhobene Daten von Anbietern oder aus Kooperationen von Kommunen und Anbietern nicht ohne Weiteres an Dritte weitergegeben werden können (Bürgerschaft Hamburg, 2019). Somit sind Einzelanfragen notwendig, um Nutzungsdaten des E-Scooter-Sharings zu erhalten. Zugleich ist das Vorgehen zur

Datenerhebung und die Frage der Vollständigkeit der Daten in diesen Kooperationen nicht immer transparent (Agora Verkehrswende, 2019a; Held, 2020). Für eine vollumfängliche Ermittlung der Umwelteinflüsse können nicht erhältliche Daten (Lebensdauer, Wartung, Ladevorgängen) allenfalls geschätzt werden (Held, 2020; Hollingsworth et al., 2019).

Laut der Agora Verkehrswende (2019a), wäre es aus kommunaler Sicht hilfreich, die Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung um eine langfristige, empirische Analyse der verkehrlichen Auswirkungen zu erweitern, da die eKFV nur eine Evaluierung ihrer Zielsetzung und Auswirkungen auf die Verkehrssicherheit vorsieht. Ähnlich der Evaluation öffentlicher Bike-Sharing-Systeme durch das BMVI zwischen 2009 und 2014, könnten so die verkehrlichen Wirkungen des E-Scooter-Sharing in mehreren deutschen Städten unabhängig untersucht werden (ebd.). Einzelne Kommunen verfügen u. U. nicht über das notwendige Personal, um die Daten auszuwerten und könnten durch die Ergebnisse einer solchen Wirkungsanalyse den Einsatz des E-Scooter-Sharings einfacher regulieren (Agora Verkehrswende, 2019a). Weiterhin bedarf es auch der Erfassung und Weitergabe von Anbieterdaten zu eingesetzten Service-Fahrzeugen und deren Fahrleistung, die für Einsammeln und Wartung der E-Scooter benötigt werden, um die verkehrlichen Wirkungen umfänglich zu erfassen (ebd.).

Aufgrund der verfügbaren Anbieterdaten können nur Aussagen zu zurückgelegten E-Scooter-Fahrten (Länge, Geschwindigkeit, räumliche Verortung) getätigt werden. Inwieweit E-Scooter-Fahrten Teil einer intermodalen Strecke sind und die Frage, wie die Nutzer:innen ansonsten in Ihrem Alltag mobil sind, bleiben unbeantwortet. Durch die isolierte Betrachtung der E-Scooter-Wege ist keine Darstellung eines umfassenden Mobilitätsverhaltens und -routinen möglich.

Eine Möglichkeit, diese Punkte zukünftig zu adressieren, könnte das Tracking von Personen über einen bestimmten Zeitraum (bspw. 1 Woche) darstellen. Die DLR Tracking- und Befragungssapp *MovingLab* (<https://movinglab.dlr.de/>) könnte dies zukünftig leisten. Die App ermittelt anhand der Positionierungs- und Bewegungssensoren von mobilen Endgeräten mehrmals pro Minute die genaue Position einer Person. Über die Aufzeichnung und Verarbeitung dieser Bewegungsdaten werden die wesentlichen Merkmale von Wegen wie die Start- und Endzeit, der etappengenaue Routenverlauf und die genutzten Verkehrsmittel automatisch bestimmt. Darüber hinaus können über eine App oder webbasierte Interaktionen umfangreiche zusätzliche Befragungsinhalte wie bspw. der Wegezweck erhoben werden.

Diese Informationen können zur Analyse der erhobenen Wegedaten sowie des beobachteten Mobilitätsverhaltens herangezogen werden. Vorteil dieser Methode ist die automatische, exakte Erfassung der Wege mit allen genutzten Verkehrsmitteln, Umsteige- und Aufenthaltspunkten. Der neue Modus E-Scooter müsste in das Programm noch integriert werden. Für diese Integration in das DLR MovingLab müssten vorab ausreichend Testdaten aufgezeichnet werden. Durch diese Testdaten kann der Verkehrsmittelerkennung des MovingLab beigebracht werden, E-Scooter von ähnlichen Modi zu unterscheiden.



7. Diskussion und Identifikation von Forschungsbedarfen

Mit der Einführung der E-Scooter startete eine Diskussion über die Sinnhaftigkeit und Nachhaltigkeit dieser Mikromobile. Diese bis dato vor allem in den Medien geführte Diskussion haben wir in diesem Bericht auf einer wissenschaftlichen Ebene aufgegriffen und dabei die Frage der Nachhaltigkeit aus unterschiedlichen Perspektiven in den Blick genommen.

Die Analyse internationaler Literatur zeigte, dass E-Scooter Teil urbaner Mobilität und intermodaler Reiseketten sind und einige Nutzer:innen Fahrten mit dem Pkw ersetzen oder ersetzen könnten. In französischen Großstädten ist etwa jede vierte E-Scooter-Fahrt Teil einer intermodalen Reisekette, davon werden 66 % der Fahrten in Verbindung mit dem ÖV getätigt. Damit werden E-Scooter in Frankreich häufiger für intermodale Reiseketten genutzt als das Fahrrad. Die Nutzer:innen in Frankreich gaben dabei u. a. an, dass das einfache und schnelle Abstellen der Leih-E-Scooter in ÖV-Stationsnähe und das Entfallen der Angst eines möglichen Diebstahls einen Vorteil gegenüber dem eigenen Fahrrad darstellen (6t-bureau de recherche, 2020). Zudem stellt der E-Scooter nach Angaben einiger Nutzer:innen in Frankreich eine attraktive Alternative zum stark ausgelasteten ÖV dar (ebd.). Insbesondere während der Corona-Pandemie könnte dieser Vorteil einige ÖV-Nutzer:innen zur Nutzung des E-Scooters bewegen. Darauf deuten auch die beobachteten längeren Wegstrecken in Deutschland während der Corona-Pandemie hin (Reintjes, 2020).

Die Literaturanalyse zeigt, dass der Anteil ersetzter MIV-Fahrten in den USA größer ist als in Frankreich. In Frankreich werden wiederum größere Anteile, die zuvor zu Fuß, mit dem Rad oder dem ÖV zurückgelegt wurden, nun durch eine E-Scooter-Fahrt substituiert. Dies lässt sich u. a. durch die gegebenen Verkehrsstrukturen in den USA und den damit verbundenen größeren MIV-Anteil am Modal Split erklären. In Städten, die über ein gut ausgebautes ÖV-Netz verfügen, ist dementsprechend nur ein geringer Effekt hinsichtlich einer Reduzierung des motorisierten Verkehrs zu erwarten.

Die eingangs aufgeworfene Frage, welche MIV-Wege in Deutschland durch E-Scooter ersetzt werden könnten, konnte durch die Analyse von Mobilitätsdaten (MiD 2017) beantwortet werden. Für Wege bis zu einer Länge von 4 km wurde ein Substitutionspotential von 28,2 % (ohne Begleitung) bzw. 41,3 % (mit Begleitung) berechnet, was einem Anteil von 10,1 % bzw. 14,7 % an allen MIV-Wege entspricht (vgl. Kap. 4.1). Bezogen auf die Gesamtzahl der in der MiD 2017 für Deutschland erhobenen Wege mit einer maximalen Länge (derzeitige, durchschnittliche E-

Scooter Wegelänge) von 2 km wurden Substitutionspotentiale von 25,6 % (ohne Begleitung) bzw. 36,1 % (mit Begleitung) ermittelt, was einem Anteil von 4,8 % bzw. 6,8 % aller MIV-Wege entspricht.

Die Substitutionspotentiale von E-Scootern auf kurzen Wegen sind besonders nach Wegezweck, aber auch nach siedlungsstrukturellem Raumtyp unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss jedoch bedacht werden, dass es sich um theoretische Potentiale handelt, die die Eignung von Wegen und Personen nur im gewissen Umfang widerspiegeln. Die Entscheidung für oder gegen ein Verkehrsmittel, also ob Personen in der Praxis den E-Scooter anstelle des MIV nutzen werden, ist nicht zuletzt von individuellen Präferenzen abhängig. Auch das Rad bietet sich als Alternative zum MIV auf kurzen Wegen an und bietet bspw. für den Transport von Einkäufen bessere Möglichkeiten. Es ist daher davon auszugehen, dass die hier ermittelten Potentiale in der Praxis nicht vollends ausgeschöpft werden.

Zwar entstehen bei der Nutzung von E-Scootern keine lokalen Emissionen, für eine Beurteilung der Nachhaltigkeit der Leihroller bedarf es jedoch der Betrachtung des gesamten Lebenszyklus. Die größten Herausforderungen für eine nachhaltige Nutzung von E-Scootern sind verbunden mit deren Produktion, der relativ geringen Fahrleistung und kurzen Lebensdauer (vgl. Kap. 5). Für die vorliegende Betrachtung wurde angenommen, dass E-Scooter 2 Jahre in Betrieb sind. Dies stellt eine Mittlung aus Werten, die in jüngerer Zeit in den Medien genannt werden und Herstellerangaben dar. Bezüglich der Herstellungsemissionen pro km bewegt sich ein E-Scooter in ähnlicher Größenordnung wie ein konventioneller Pkw. Durch die relativ geringe Lebensdauer und die geringe Fahrleistung fallen die Emissionen der Herstellung besonders ins Gewicht. Je nach Einsatzszenario sind für den Ersatz eines Pkw im Falle von E-Scootern als Leihroller eine relativ große Anzahl an Fahrzeugen notwendig. Wenn die Scooter eine geringe Laufleistung haben, sinkt das Emissionsreduktionspotential deutlich (vgl. Kap. 5).

Wird Fuß- und Radverkehr durch E-Scooter ersetzt, so führt die Verwendung von E-Scootern zu höheren Emissionen (vgl. Kap. 5). Zudem wird deutlich, dass durch Vergnügungsfahrten ohne Ziel und Zweck weiterer Verkehr induziert wird (vgl. Kap. 2), welcher zusätzliche Emissionen in der Größenordnung von Linienbusfahrten freisetzt (vgl. Kap. 5, Abbildung 12). Das größte Einsparpotential ergibt sich bei der Substitution von MIV-Fahrten. Aus den Ergebnissen zu den Wegen bis 4 km (vgl. Kap. 4.1), auf denen MIV-Fahrten durch E-Scooter-Sharing-Dienste ersetzt werden können, ergibt sich ein Potential von ca. 31,9 Mio. km pro Tag (Tabelle 12). Bei einer E-Scooter-Nutzung für alle potentiell substituierbare MIV-Fahrten, verbunden mit einer möglichst hohen täglichen Fahrleistung, ergibt sich ein Reduktionspotential der CO₂-Emissionen von bis zu 2,3 %, d. h. 6.300 t CO_{2eq} pro Tag (vgl. Kap 5).

Es bestehen jedoch Möglichkeiten, die Emissionen eines E-Scooters über dessen Lebensspanne zu reduzieren und somit einen nachhaltigeren Einsatz zu ermöglichen. Zudem besteht Einsparpotential bei entstehenden Emissionen durch Serviceleistungen (Sammelfahrten, Wartung, Laden der Batterien). Beispielsweise entfallen durch den Einsatz von E-Transportern oder Lastenräder die zusätzlichen lokalen Emissionen der Service-Fahrzeuge. Bei einem steigenden

Anteil erneuerbarer Energien am Strommix für das Laden der Akkus verbessert sich die CO₂-Bilanz während der Nutzungsphase weiter.

Die in der Literatur beschriebenen Nutzungsmuster (vgl. Kap. 2) lassen eine häufige Nutzung von E-Scootern für Freizeitwecke erkennen. So deuten die räumliche Verteilung in einigen Städten auf eine häufige Nutzung durch Tourist:innen hin. Gleichzeitig deutet die verstärkte Nutzung an Wochenenden und den Abendstunden darauf hin, dass es sich hierbei um Freizeitfahrten handelt (vgl. Kap. 2). Die häufige Nutzung für Freizeitwecke übersteigt den Wert des berechneten theoretischen Einsatzpotentials der E-Scooter für diesen Wegezweck (vgl. Kap. 4.1). Dies deutet darauf hin, dass die berechneten theoretischen Potentiale heute noch nicht genutzt werden und die Rahmenbedingungen eines Freizeitwegs (bspw. geringer Zeitdruck, da die Nutzer:innen nicht zwingend pünktlich sein müssen) wohl für die Nutzung des E-Scooters geeignet erscheinen. Allerdings ist das theoretische Ersatzpotential von MIV-Fahrten auf Freizeitwegen auch deshalb so niedrig, weil diese Wege mit dem MIV überdurchschnittlich lang sind und somit nicht durch einen E-Scooter ersetzt werden können. Andererseits kann auch hier vermutet werden, dass viele der Freizeitwege, die nun mit E-Scootern zurückgelegt werden, aktive Modi und den ÖV substituieren.

Die größten theoretischen Substitutionspotentiale nach Wegezwecken wurden im Rahmen der Analyse für dienstliche Wege und Einkaufswege ermittelt (vgl. Kap. 4.1, Tabelle 7). Ein entscheidender Nachteil des Scooters gegenüber dem MIV sind jedoch die stark begrenzten Transportmöglichkeiten. Ein Transport von Gegenständen ist auf dem Scooter praktisch nur am eigenen Körper möglich. Bei dienstlichen Wegen und besonders bei Einkaufswegen stellt sich daher die Frage, inwieweit Gegenstände in solchem Umfang transportiert werden (müssen), dass eine Nutzung des Scooters ausgeschlossen ist. Informationen über den Umfang des Transports von Gegenständen auf MIV-Wege sind in der MiD 2017 nicht in ausreichendem Maße vorhanden. Zudem fehlt für viele dienstliche Wege die Information, ob diese in Begleitung zurückgelegt werden, da dieser Punkt in der Erhebung regelmäßiger beruflicher Wege nicht adressiert wurde.

In der Literatur werden die größten Potentiale von E-Scootern im Einsatz als Zubringer auf der ersten bzw. letzten Meile in Verbindung mit dem ÖV zur Verknüpfung von Umland, Stadtrand und Innenstadt gesehen. Bei der durchgeführten Betrachtung der Einsatzmöglichkeiten von E-Scootern auf Zubringer-Etappen (vgl. Kap. 4.2) liegt das größte Substitutionspotential auf Etappen, die heute größtenteils zu Fuß oder mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, was aus einer Nachhaltigkeitsperspektive kritisch zu bewerten ist. Für den MIV als Zubringer konnte ein Substitutionspotential von 3 % ermittelt werden. Zukünftige Analysen können unterschiedliche regionalen Ausprägungen der MIV-Anteile auf Zubringer-Strecken behandeln, um das theoretische Substitutionspotential innerhalb eines Raumtyps zu ermitteln. Denkbar ist, dass die MIV-Substitutionspotentiale der E-Scooter nach Raumtyp variieren. Beispielsweise könnten die Potentiale in suburbanen Räumen für einen Ersatz der MIV-Fahrten als Zubringer zum ÖV größer ausfallen und der Einsatz von E-Scootern in diesen Räumen dementsprechend sinnvoller sein. Dadurch könnte der ÖV an Attraktivität gewinnen und neue Nutzergruppen erschlossen werden.

Für weitere wissenschaftliche Betrachtungen der Einsatzpotentiale von E-Scootern bedarf es der Erfassung regionaler Unterschiede der MIV-Anteile auf Zubringer-Etappen sowie weiterer Fallbeispiele und Daten der E-Scooter-Nutzung außerhalb innerstädtischer Bereiche. Ein paar wenige Erkenntnisse aus nicht innerstädtischer Nutzung lassen darauf schließen, dass Unsicherheiten bezüglich der Verfügbarkeit von E-Scootern von einer Nutzung für morgendliche Pendelwege abhalten (vgl. Kap. 2). Der Regulierung der E-Scooter-Flotten und verfügbarer Stellflächen in der Umgebung von ÖV-Stationen wird eine Schlüsselrolle zugeschrieben, um intermodales Mobilitätsverhalten zu stärken (6t-bureau de recherche, 2020). Gleichzeitig können sich eine zu starke Regulierung von Stellflächen und eine damit verbundene geringe Verfügbarkeit von E-Scootern um ÖV-Stationen negativ auf das Nutzungsverhalten auswirken, wie die Studien aus Frankreich zeigen (vgl. Kap. 2, siehe auch 6t-bureau de recherche, 2020).



Abbildung 14: Herumliegende E-Scooter auf einem Radweg (links), ein beschilderten und markierten Parkbereich für E-Scooter in Berlin (rechts), Quelle: eigene Aufnahme 2021

Die relativ hohen Nutzungskosten stellen vor allem für einkommensschwache Gruppen eine Nutzungshürde dar und führen zu der beobachteten Nutzung durch vor allem wohlhabende Nutzer:innen (vgl. Kap. 2). Dennoch besitzen E-Scooter das Potential auf Zubringer-Strecken eingesetzt zu werden, die derzeit als zu lang erscheinen, sodass auf den ÖV verzichtet und der Pkw bevorzugt wird.

Die Nutzungsmuster aus Frankreich zeigen, dass E-Scooter bereits als Erweiterung des Mobilitätsangebots angenommen werden und multimodales Mobilitätsverhalten der Nutzer:innen erleichtert (vgl. Kap. 2, 6t-bureau de recherche, 2019). Somit sind E-Scooter ein weiterer Baustein eines multimodalen Verkehrsangebots, dessen Integration über die Zusammenführung verschiedener Verkehrsangebote (des ÖV und privater Mobilitätsdienstleister) in einer App weiter

erleichtert werden könnte. Dies würde es Nutzer:innen erlauben, je nach den Anforderungen in einer bestimmten Situation ein passendes Verkehrsmittel zu wählen. Für die Verkehrsdienstleister sind dabei die gesammelten Erkenntnisse über das Verkehrsverhalten und die Nutzungsmuster verschiedener Gruppen und Modi von Vorteil, um das Verkehrsangebot weiter zu optimieren.

Ein Beispiel hierfür ist das Projekt „yumuv“ aus der Schweiz, welches darauf abzielt, ein multimodales Verkehrsangebot unter Einbeziehung von Car-, Bike-, und E-Scooter-Sharing zu schaffen (Yumuv, 2021). Dazu wurden in dem Projekt „yumuv“ die verschiedenen Angebote der städtischen Verkehrsbetriebe von Zürich, Bern, Basel und der Schweizerischen Bundesbahnen in einer verkehrsmittelübergreifenden App vereint. Unter Einwilligung der Nutzer:innen werden deren Daten zum Mobilitätsverhalten von der ETH Zürich erhoben und analysiert. Ziel des Projektes ist es, mehr über die Akzeptanz solcher Mobilitätsabonnements durch die Kund:innen zu lernen und mit solchen Angeboten multimodales Verkehrsverhalten und die Reduktion des MIV in Städten zu fördern (ebd.). Dadurch könnten auch neue Erkenntnisse zu möglichen Einsatzorten von E-Scootern für eine verstärkte Nutzung auf der ersten / letzten Meile und der Reduzierung des innerstädtischen MIV gewonnen werden. Weitere solcher Ansätze könnten durch die gewonnenen Daten dabei helfen, die Potentiale von E-Scootern als Baustein eines multimodalen Mobilitätssystems abzuschätzen.

E-Scooter haben im Vergleich zu anderen Verkehrsmitteln ein höheres Unfallrisiko (vgl. Kap. 3). Bezogen auf die gefahrenen km haben die Analysen der Unfallstatistiken gezeigt, dass das Unfallrisiko gegenüber dem Fahrrad auf gut das Vierfache und bei Unfällen mit Schwerverletzten sogar um das Fünffache steigt. Die Analyseergebnisse unterstreichen die in der Öffentlichkeit debattierten Forderungen nach spezifischen Maßnahmen zur Steigerung der Verkehrssicherheit für E-Scooter-Fahrer:innen – etwa der Ausbau adäquater Infrastrukturen, geringere zugelassene Geschwindigkeiten oder eine Helmpflicht. Zwar ist für die Zukunft davon auszugehen, dass die Fahrer:innen der elektrischen Tretroller über die Zeit mehr Fahrpraxis sammeln und künftig sicherer im Umgang mit diesen werden könnten, dennoch bietet eine gut ausgebaute Fahrradinfrastruktur die größten Potentiale, Unfälle und Konflikte mit anderen Verkehrsteilnehmern zu reduzieren (Agora Verkehrswende, 2019a). Durch den Ausbau sicherer Fahrradinfrastrukturen und der Erweiterung der Einsatzgebiete der Leihroller könnten so auch neue Nutzer:innen für E-Scooter gewonnen werden.

Die Beispiele aus Portland und Frankreich zeigen, dass E-Scooter-Nutzer:innen insbesondere auf Straßen ohne gesicherte Radwege und einem hohen MIV-Aufkommen häufig auf Fußwege ausweichen. Zusätzlich könnten die Sensibilisierung der Nutzer:innen hinsichtlich der Nutzungsrisiken (bspw. durch Fahrschulen) und klare Regulierungen für Abstellflächen (Parkmanagement) für eine konfliktfreie Integration in städtische Verkehrssysteme hilfreich sein, wie die Ergebnisse aus Frankreich verdeutlichen (6t-bureau de recherche, 2020). So sank dort bspw. die Zahl der fälschlich auf Fußwegen abgestellten E-Scooter von 65 % (Frühling 2019) auf 3 % (Herbst 2020) (ebd.).

Derzeit stellen E-Scooter insbesondere bei der Substitution aktiver Modi und des ÖV keine nachhaltige Mobilitätsoption dar. Ausnahme bildet die Substitution von Pkw-Fahrten, die derzeit

allerdings kaum zu beobachten ist. Die Analysen dieser Studie zeigen, dass Potentiale zur Reduzierung von kurzen MIV-Fahrten durch den Einsatz von E-Scootern bestehen. Weitere Einsatzpotentiale von E-Scootern als Zubringer zum ÖV werden derzeit durch den alleinigen Einsatz der Leihroller in Innenstädten nicht genutzt. Daher bedarf es weiterer Ausweitungen der Einsatzgebiete in Stadtrandlagen und suburbanen Räumen. Zukünftig besteht so die Chance, dass E-Scooter eine Erweiterung der Mobilitätsoptionen darstellen und multi- und intermodales Verkehrsverhalten stärken können. Zudem können sich die Möglichkeiten für einen nachhaltigeren Einsatz erweitern, wenn die entstehenden Emissionen bei der Herstellung und durch den Service reduziert werden können. Für eine sichere Nutzung bedarf es des Ausbaus der Radinfrastruktur, durch die neben den E-Scooterfahrer:innen ebenfalls Radfahrer:innen profitieren. Der E-Scooter allein wird die Verkehrswende nicht beschleunigen bzw. gibt es derzeit keine wissenschaftlichen Belege dafür. Die Leihroller besitzen Potential, ein Puzzleteil eines multimodalen, nachhaltigen Verkehrssystems zu sein. Dies trifft jedoch nur dann zu, wenn die in diesem Bericht identifizierten Anwendungspotentiale genutzt werden.

Literaturverzeichnis

- 6t-bureau de recherche. (2019). Uses and Users of Free-floating Electric Scooters in France. 158 Seiten.
- 6t-bureau de recherche. (2020). A sound launch for micromobility services in the UK the challenge of parking. 65 Seiten.
- ADAC. (2020). E-Scooter: Leihgeräte ersetzen kaum Autofahrten [Pressemitteilung]. Abgerufen unter: <https://presse.adac.de/meldungen/adac-ev/verkehr/e-scooter-leihgeraete-ersetzen-kaum-autofahrten.html>. Zuletzt am: 11.02.2021.
- Agora Verkehrswende. (2019a). E-Tretroller im Stadtverkehr – Handlungsempfehlungen für deutsche Städte und Gemeinden zum Umgang mit stationslosen Verleihsystemen.
- Agora Verkehrswende. (2019b). Klimabilanz von Elektroautos - Einflussfaktoren und Verbesserungspotenzial.
- Ahrens, G.-A., Ließke, F., Wittwer, R., Hubrich, S., & Wittig, S. (2014). Methodenbericht zum Forschungsprojekt „Mobilität in Städten–SrV 2013“. Im Auftrag von Städten, Verkehrsunternehmen, Verkehrsverbänden und Bundesländern, bearbeitet durch die Technische Universität Dresden, Lehrstuhl Verkehrs-und Infrastrukturplanung.
- Arendsen, K. (2019). Shared mobility for the first and last mile: Exploring the willingness to share.
- Argonne National Laboratory (2020). GREET life cycle analysis tool. Argonne, IL, USA. greet.es.anl.gov
- Arndt, W.-H., Drews, F., Langer, V., Hertel, M., & Wiedenhöft, E. (2020). Integration von Ansätzen geteilter Mobilität in nachhaltigen urbanen Verkehrsentwicklungsplänen (SUMP). Ein Themenleitfaden. Berlin. Difu.
- Austin Public Health. (2019). Dockless Electric Scooter-Related Injuries Study. Austin, Texas, USA: Abgerufen unter: https://austintexas.gov/sites/default/files/files/Health/Web_Dockless_Electric_Scooter-Related_Injury_Study_final_version_EDSU_5.14.19.pdf. Zuletzt am: 24.08.2020.
- Baek, K., Lee, H., Chung, J.-H., & Kim, J. (2020). Electric scooter sharing: How do people value it as a last-mile transportation mode? Transportation Research Part D: Transport and Environment, 90, 102642. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102642>.

- BMVI. (2020). Regionalstatistische Raumtypologie (RegioStaR). Abgerufen unter: <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/regionalstatistische-raumtypologie.html>,
Letzter Zugriff: 21.12.2020.
- BMVI. (o.J.). MiD 2017 – Mobilität in Deutschland. Mikrodaten. Abgerufen unter: www.clearingstelle-verkehr.de. Zuletzt am: 11.02.2021.
- Bortoli, A., & Christoforou, Z. (2020). Consequential LCA for territorial and multimodal transportation policies: method and application to the free-floating e-scooter disruption in Paris. *Journal of Cleaner Production*, 273, 122898. doi:10.1016/j.jclepro.2020.122898.
- Brost, M., Ewert, A., Schmid, S., Eisenmann, C., Gruber, J., Klauenberg, J., & Stieler, S. (2019). Elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge: Chancen und Potenziale für Baden-Württemberg. Projektbericht. e-mobil BW: Stuttgart. Abgerufen unter: https://www.e-mobilbw.de/fileadmin/media/e-mobilbw/Publikationen/Studien/LEV_e-mobil_BW_Leichtfahrzeug_Studie.pdf. Zuletzt am: 11.03.2021.
- Bundesamt für Statistik. (2020). E-Scooter: 251 Unfälle mit Personenschaden im 1. Quartal 2020 [Pressemitteilung]. Abgerufen unter: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2020/07/PD20_N035_46241.html;jsessionid=287482F8B1AA2B47BAB731D36E066ED7.internet8742. Zuletzt am: 01.12.2020.
- Bundesrat. (2019). Drucksache 158/19: Verordnung über die Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr und zur Änderung weiterer straßenverkehrsrechtlicher Vorschriften. Abgerufen unter: https://www.bundesrat.de/SharedDocs/drucksachen/2019/0101-0200/158-19.pdf?__blob=publicationFile&v=1. Zuletzt am: 11.03.2021
- Bundesregierung. (2019). Verordnung über die Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr (Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung – eKFV).
- Bürgerschaft Hamburg. (2019). E-Tretroller und StadtRAD. Abgerufen unter: https://www.buergerschaft-hh.de/parldok/dokument/68411/e_tretroller_und_stadtrad.pdf.
Zuletzt am: 10.12.2020.
- Cazzola, P., & Crist, P. (2020). Good to Go? Good to go? Assessing the Environmental Performance of New Mobility. *International Transport Forum (ITF)*. Paris, France. Abgerufen unter: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/environmental-performance-new-mobility.pdfY3>. Zuletzt am: 08.12.2020.

- Deutscher Städtetag. (2019). Handlungsempfehlungen für E-Tretroller im Stadtverkehr. Abgerufen unter: <https://www.staedtetag.de/presse/pressemeldungen/mehr-sicherheit-durch-geringere-geschwindigkeit-eigenes-verkehrszeichen-notwendig>. Zuletzt am: 10.12.2020.
- Deutscher Städtetag. (2020). Mehr Sicherheit durch geringere Geschwindigkeit. Abgerufen unter: <https://www.staedtetag.de/presse/pressemeldungen/mehr-sicherheit-durch-geringere-geschwindigkeit-eigenes-verkehrszeichen-notwendig>. Zuletzt am: 10.12.2020.
- Deutschlandradio. (2019). „Krieg auf den Fuß- und Radwegen vorprogrammiert“ Abgerufen unter: https://www.deutschlandfunkkultur.de/brigitte-fehrle-zur-zulassung-von-e-tretrollern-krieg-auf.2950.de.html?dram:article_id=445464. Zuletzt am: 01.12.2020.
- Ecoinvent. (2020). ecoinvent Version 3.7: ecoinvent Center. Abgerufen unter: www.ecoinvent.org. Zuletzt am: 11.02.2021.
- Ehrenberger, S. I., Dunn, J. B., Jungmeier, G., & Wang, H. (2019). An international dialogue about electric vehicle deployment to bring energy and greenhouse gas benefits through 2030 on a well-to-wheels basis. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 74, 245-254.
- European Environment Agency. (2019). EIONET - Central Data Repository. National emission inventories – Germany. Abgerufen unter: https://cdr.eionet.europa.eu/de/un/clrtap/inventories/envxgf_ta. Zuletzt am: 11.02.2021.
- Forum bikesharing Schweiz. (2020). Was bedeutet die geteilte Mikromobilität für das Schweizer Verkehrssystem? Abgerufen unter: https://www.bikesharing.ch/fileadmin/minisites/redaktion/bikesharing/Dokumente/Newsletter/Infoletter_Bikesharing_Juni_2020_Web_de.pdf. Zuletzt am: 28.10.2020.
- Hage, S., Kühn, A., Mingels, G., Nefzger, E., Rainer, A., Traufetter, G., Wüst, C., & Zuber, H. (2019). Ohne Helm und Verstand Spiegel Online. Abgerufen unter: <https://www.spiegel.de/wirtschaft/e-scooter-plage-in-unseren-staedten-ohne-helm-und-verstand-a-00000000-0002-0001-0000-000165813307>. Zuletzt am: 02.12.2020.
- Harting, M. (2020). Frankfurter Gehwege werden zum Hindernisparcours. *Frankfurter Allgemeine Zeitung*. Abgerufen unter: <https://www.faz.net/aktuell/rhein-main/aerger-ueber-e-scooter-in-frankfurt-gehwege-werden-versperrt-17003357.html>. Zuletzt am: 02.12.2020.
- Heinrichs, M., Krajzewicz, D., Cyganski, R., & von Schmidt, A. (2017). Introduction of car sharing into existing car fleets in microscopic travel demand modelling. *Personal and Ubiquitous Computing*, 1-11. doi:10.1007/s00779-017-1031-3.

- Held, M. (2020). Entwicklung von Handlungsempfehlungen für den Umgang mit elektrischer Mikromobilität in Städten am Beispiel Ludwigsburg. (M.Sc.), Technische Universität München.
- Heuer, S., Sundermann, P., Kornherr, P., Großpietsch, B., & Kühne, C. (2020). Verletzungen durch E-Scooter-Mobilität hat ihre Preis. Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, 158(S 01), DKOU20-409.
- Hollingsworth, J., Copeland, B., & Johnson, J. (2019). Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. Environmental Research Letters, 14, 084031. doi:10.1088/1748-9326/ab2da8.
- Ifu Hamburg GmbH (2020), Umberto LCA+ Software Version 10.0. www.ifu.com/umberto/oekobilanz-software/
- James, O., Swiderski, J., Hicks, J., Teoman, D., & Buehler, R. (2019). Pedestrians and e-scooters: An initial look at e-scooter parking and perceptions by riders and non-riders. Sustainability, 11(20), 5591.
- Kaufman, S. M., & Buttenwieser, L. (2018). The State of Scooter Sharing in United States Cities.
- Krajzewicz, D., Heinrichs, D., & Cyganski, R. (2017). Intermodal Contour Accessibility Measures Computation Using the 'UrMo Accessibility Computer'. International Journal On Advances in Systems and Measurements, IARIA ; ThinkMind, 10 (3&4), 111-123.
- Krauss, K., Scherrer, A., Burghard, U., Schuler, J., Burger, A. M., & Doll, C. (2020). Sharing Economy in der Mobilität: Potenzielle Nutzung und Akzeptanz geteilter Mobilitätsdienste in urbanen Räumen in Deutschland.
- Kugoth, J. (2019, 02.07.2019). Studie liefert erste Bilanz nach dem Start der E-Scooter. Der Tagesspiegel. Abgerufen unter: <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/nutzerzahlen-anbieterranking-leihstatistik-studie-liefert-erste-bilanz-nach-dem-start-der-e-scooter/24512320.html>. Zuletzt am: 07.12.2020.
- Lime. (2019). Year-End Report 2018.
- Mair, O., Wurm, M., Müller, M., Greve, F., Pesch, S., Pfürringer, D., Biberthaler, P., Kirchhoff, C., Zyskowski, M. (2020). E-Scooter-Unfälle und deren Folgen. Der Unfallchirurg, 1-9.
- Mathew, J., Liu, M., Li, H., Seeder, S., & Bullock, D. (2019). Analysis of E-Scooter Trips and Their Temporal Usage Patterns. Ite Journal, 89, 44-49.
- McKenzie, G. (2020). Urban mobility in the sharing economy: A spatiotemporal comparison of shared mobility services. Computers, Environment and Urban Systems, 79 (101418), 10.

- Moreau, H., Meux, L. J., Zeller, V., D'Ans, P., Ruwet, C., & Achten, W. M. J. (2020). Dockless e-scooter: A green solution for mobility? Comparative case study between dockless e-scooters, displaced transport, and personal e-scooters. *Sustainability (Switzerland)*, 12(5). doi:10.3390/su12051803.
- Nobis, C., & Köhler, K. (2018): *Mobilität in Deutschland – MiD Nutzerhandbuch*. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur. Abgerufen unter: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Nutzerhandbuch.pdf. Zuletzt am: 03.02.2021.
- Portland Bureau of Transportation. (2019). 2018 E-Scooter Findings Report. Abgerufen unter: <https://www.portlandoregon.gov/transportation/article/709719>. Zuletzt am: 10.02.2021.
- Reintjes, D. (2020, 28.10.2020). Sind E-Scooter eine Erfolgsgeschichte? *Wirtschaftswoche*. Abgerufen unter: <https://www.wiwo.de/unternehmen/dienstleister/analyse-in-grafiken-sind-e-scooter-eine-erfolgsgeschichte/26565066.html>. Zuletzt am: 30.11.2020
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt. (2014). *Nahverkehrsplan Berlin 2014-2018*. Abgerufen unter: <https://www.berlin.de/sen/uvk/verkehr/verkehrsplanung/oeffentlicher-personennahverkehr/nahverkehrsplan/#nvp>. Zuletzt am: 11.02.2021.
- Severengiz, S., Finke, S., Schelte, N., & Wendt, N. (2020). Life Cycle Assessment on the Mobility Service E-Scooter Sharing. Paper presented at the 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit, E-TEMS 2020.
- Sphera; LBP-GaBi, University of Stuttgart: GaBi Software System, Leinfelden-Echterdingen / Germany, 2020. gabi-software.com
- Spiegel Online. (2019). Wie sich Elektrostehroller auf Verkehr und Umwelt auswirken. *Spiegel Mobilität*. Abgerufen unter: <https://www.spiegel.de/auto/aktuell/e-scooter-zwischenbilanz-nach-zwei-monaten-elektrostehroller-a-1281357.html>. Zuletzt am: 02.12.2020.
- Stadtportal Hamburg. (2019). Angebot an E-Rollern in Poppenbüttel und Berne wächst. Abgerufen unter: <https://www.hamburg.de/e-mobilitaet/13111658/voi-und-hochbahn/>. Zuletzt am: 02.12.2020.
- Tack, A., Klein, A., & Bock, B. (2019). E-Scooter in Deutschland. Ein datenbasierter Debattenbeitrag. Abgerufen unter: <https://scooters.civity.de/>. Zuletzt am: 21.12.2020.
- Tillemann, L., & Feasley, L. (2018). Let's Count the Ways E-Scooters Could Save the City. Abgerufen unter: <https://www.wired.com/story/e-scooter-micromobility-infographics-cost-emissions/>. Zuletzt am: 02.12.2020.

- Trivedi, T., Liu, C., Antonio, A. L., Wheaton, N., Kreger, V., Yap, A., Schriger, D., Elmore, J. (2019). Injuries Associated With Standing Electric Scooter Use. *JAMA Network Open*, 2, e187381. doi:10.1001/jamanetworkopen.2018.7381.
- TÜV Rheinland. (2020). Ein Jahr E-Scooter in Deutschland: Akzeptanz sehr gering [Pressemitteilung]. Abgerufen unter: <https://presse.tuv.com/ein-jahr-e-scooter-in-deutschland-akzeptanz-sehr-gering/>. Zuletzt am: 09.12.2020.
- Uluk, D., Lindner, T., Palmowski, Y., Garritzmann, C., Göncz, E., Dahne, M., Möckel, M., Gerlach, U. (2020). E-Scooter: erste Erkenntnisse über Unfallursachen und Verletzungsmuster. *Notfall+ Rettungsmedizin*, 1-6.
- Umweltbundesamt. (2020). E-Scooter momentan kein Beitrag zur Verkehrswende. Abgerufen unter: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/nachhaltige-mobilitaet/e-scooter-momentan-kein-beitrag-zur-verkehrswende#sind-e-scooter-umweltfreundlich>. Zuletzt am: 09.12.2020.
- Voi. (2019). Voi Technology. Sustainability Statement. Abgerufen unter: <https://www.voiscooters.com/wp-content/uploads/2019/09/Voi-Technology-Sustainability-Statement-.pdf>. Zuletzt am: 09.12.2020.
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., and Weidema, B., (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, [online] 21(9), pp.1218–1230.
- Yumuv (2021): Urbane Verkehrsmittel im Abo. Abgerufen unter: <https://yumuv.ch/de>. Zuletzt am: 01.03.2021
- Zou, Z., Younes, H., Erdogan, S., & Wu, J. (2020). Exploratory Analysis of Real-Time E-Scooter Trip Data in Washington, D.C. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2674, 036119812091976. doi:10.1177/0361198120919760.



ISSN: 2513-1699
Arbeitsberichte zur Verkehrsforschung
Nummer: 1 (2021)