E-Scooter in öffentlichen Verleihsystemen – Status quo, Potentiale und politische Handlungsoptionen

Kurzanalyse im Rahmen des Projektes „Analysen und Bewertungen zur Klimaschutzwirkung von Instrumenten und Maßnahmen zur Treibhausgasminderung im Verkehr, Entwicklung von Gestaltungsoptionen“

Julius Jöhrens, Heike Oehler, Kirsten Biemann | ifeu

Heidelberg, Mai 2023

Ifeu gGmbH – Wilckensstraße 3, 69120 Heidelberg Telefon +49 (0)6 221. 47 67 - 0 E-Mail ifeu@ifeu.de www.ifeu.de

Inhalt

Zusammenfassung **3**

1 Einleitung **4**

2 Status quo und aktuelle Entwicklungen **6**

2.1 E-Scooter in Verleihsystemen zeigten seit ihrer Einführung 2019 ein starkes Wachstum. 6

2.2 E-Scooter sind bisher hauptsächlich ein „Spaß-Verkehrsmittel“. 7

2.3 Bisher sind E-Scooter-Nutzende eine recht homogene und überdurchschnittlich zahlungskräftige Gruppe. 9

2.4 Städte setzen Rahmenbedingungen für Scooter-Verleihsysteme, das Bewusstsein für Nachhaltigkeitsaspekte von Scooter-Sharing steigt. 10

2.5 E-Scooter in Verleihsystemen substituieren derzeit hauptsächlich Fußwege und den ÖPNV. 11

3 THG-Bilanz von E-Scootern und anderen Verkehrsmitteln im Vergleich **13**

4 Auswirkungen des Einsatzes von E-Scootern auf die THG-Emissionen **19**

5 Fazit und Handlungsoptionen **23**

Literaturverzeichnis **27**

Zusammenfassung

Das vorliegende Papier widmet sich den Klimaeffekten von elektrischen Tretrollern, sogenannten E-Scootern, in öffentlichen Verleihsystemen in Deutschland. Es fasst den Wissensstand zu Nutzungsmustern und Klimawirkung von E-Scootern zusammen, leitet Voraussetzungen ab, die für einen klimapolitisch vorteilhaften Einsatz von E-Scootern in Verleihsystemen gegeben sein müssen, und benennt Ansatzpunkte, mit denen eine klimapolitische Vorteilhaftigkeit künftig sichergestellt werden könnte.

Die Status-quo-Analyse ergab ein starkes Wachstum von Scooter-Verleihsystemen in Deutschland, der Umsatz in solchen Verleihsystemen hat sich in den zurückliegenden drei Jahren mehr als verdoppelt. Einkommen und Bildung der Nutzenden von E-Scootern liegen meist über den deutschen Durchschnittswerten. Etwa zwei Drittel der Nutzenden sind männlich. Befragungen zufolge ersetzen E-Scooter mit Abstand am häufigsten den Gang zu Fuß (44 %), am zweithäufigsten öffentliche Verkehrsmittel (21 %). Pkw- und Fahrradwege haben mit 11 % bzw. 8 % nur einen relativ geringen Anteil bei der Verlagerung auf E-Scooter. Zusätzlich sind 11 % der Wege induziert, stellen also vermutlich sogenannte ‚Spaß-Fahrten' dar. Komplexer ist die Frage, welchen Einfluss die Nutzung von E-Scootern auf die Ausgestaltung intermodaler Wegeketten hat. Es gibt erste Hinweise, dass E-Scooter unter bestimmten Bedingungen Wegeketten unter Einbezug des Öffentlichen Verkehrs ermöglichen.

Die Netto-THG-Bilanz von E-Scooter-Verleihsystemen ist zum jetzigen Zeitpunkt tendenziell leicht negativ, es besteht hier aber eine große Streubreite zwischen verschiedenen Nutzungsmustern. Insgesamt sind damit unter den aktuellen Rahmenbedingungen keine THG-Minderungspotenziale für den Verkehrssektor in den kommenden Jahren zu erwarten. Damit E-Scooter künftig eine positive Netto-Klimabilanz haben, müssen erstens die direkten Klimawirkungen von E-Scootern vermindert werden (v.a. durch ein längeres Fahrzeugleben und einen THG-ärmeren Betrieb der Verleihsysteme), zweitens verstärkte Anreize für eine Substitution von Pkw-Fahrten durch E-Scooter gesetzt werden und die Verleihsysteme drittens so organisiert werden, dass E-Scooter intermodale Wegeketten mit dem öffentlichen Verkehr ermöglichen, die wiederum längere Pkw-Fahrten ersetzen.

Betreiber von E-Scooter-Verleihsystemen haben per se kein intrinsisches Interesse an der Erzielung klimaseitig sinnvoller Verlagerungseffekte bei ihren Kunden. Gleichzeitig hängen solche Verlagerungseffekte aber in erheblichem Maße von Betriebsparametern der Verleihsysteme ab, insbesondere der räumlichen Verfügbarkeit der E-Scooter und der Bepreisung. Vieles spricht daher für entsprechende Vorgaben der Kommunen, die die Nutzung des öffentlichen Raums für E-Scooter-Verleihsysteme an Bedingungen knüpfen können. Solche Bedingungen sollten sicherstellen, dass E-Scooter effektiv die Hürden für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel senken, damit zur Verlagerung von Pkw-Fahrten beitragen und zudem die Teilhabe an Mobilität für alle sozialen Gruppen verbessert wird. Beides spricht dafür, E-Scooter-Verleihsysteme künftig als Teil des öffentlichen Verkehrs aufzufassen und entsprechend zu regulieren. Hierfür sollten auf Basis vertiefter Untersuchungen der Nutzungspräferenzen für unterschiedliche Raumtypen zeitnah Empfehlungen erarbeitet werden. Klarheit bezüglich zukünftiger Rahmenbedingungen für die Verleihsysteme käme auch deren Betreibern zugute, die dann gezielt den Betrieb ihrer Systeme optimieren könnten, um einerseits das Potential zur Pkw-Substitution zu verstärken und andererseits die intermodale Integration von E-Scootern auszubauen.

1 Einleitung

Seit 2019 sind in Deutschland öffentliche Verleihsysteme für elektrische Tretroller, sogenannte E-Scooter, im Einsatz. Der Elektroantrieb beschleunigt die Scooter auf eine Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h. Die Fahrzeuge werden verkehrsrechtlich ähnlich wie Fahrräder behandelt und müssen die Radwegeinfrastruktur benutzen. Betreiber von Verleihsystemen definieren ein sogenanntes Bediengebiet, das die Fahrzeuge nicht verlassen dürfen. Abgestellt werden dürfen die Roller grundsätzlich überall im öffentlichen Raum abseits von Pkw- und Radwegen, allerdings kann es kommunenspezifisch zusätzliche Einschränkungen geben. Betrieben werden die Verleihsysteme von meistenteils international agierenden Unternehmen der Privatwirtschaft. Ausleihe und Abrechnung erfolgen in der Regel über spezielle Apps der Betreiber, zum Teil auch über integrierte Mobilitätsapps, die mehrere Angebote und Verkehrsmodi bündeln. Die Abrechnung erfolgt zeitbasiert zu Minutenpreisen zwischen 9 ct und 25 ct.

Nutzerzahlen von und Umsätze mit geteilten E-Scootern sind seit deren Einführung stark angewachsen. Nachhaltigkeit stellt einen zentralen Aspekt in der öffentlichen Kommunikationsstrategie der Betreiber von Verleihsystemen dar und stellt Befragungen zufolge auch (neben verminderten Kosten und der wegfallenden Parkplatzsuche) für die Nutzenden einen Beweggrund der Nutzung dar, insbesondere wenn eine Pkw-Fahrt substituiert wurde (Weschke et al. 2022). Berichte über kurze Lebensdauern insbesondere der ersten Generation von Leihrollern und Behinderungen im öffentlichen Raum durch herumliegende Fahrzeuge nährten jedoch Zweifel an der Nachhaltigkeit von E-Scooter-Verleihsystemen. In der Folge wurden einige Studien durchgeführt, die die Umwelt- und insbesondere Klimawirkung durch den Einsatz der Roller analysierten. Dabei kommt es einerseits auf die Umweltbilanz der Roller an sich (über den gesamten Lebensweg) sowie auf die durch die Roller ersetzten („substituierten“) Verkehrsmittel und deren Umweltbilanz an.

Das vorliegende Papier fokussiert auf die klimapolitische Wirkung von E-Scootern, wertet dazu vorhandene Literaturquellen aus und verfolgt im Kern drei Ziele: Zunächst wird der Wissensstand zur Klimawirkung von E-Scootern zusammengefasst. Basierend darauf werden Voraussetzungen abgeleitet, die für einen klimapolitisch vorteilhaften Einsatz von E-Scootern in Verleihsystemen gegeben sein müssen. Schließlich werden Ansatzpunkte benannt, mit denen eine klimapolitische Vorteilhaftigkeit künftig sichergestellt werden könnte. Diese Ansatzpunkte sind weitgehend auf kommunaler Ebene angesiedelt.

Das Papier greift u.a. auf Studien zurück, die mittels Befragungen Nutzungsmotive und Verlagerungseffekte der Nutzung von elektrischen Leihrollern im deutschsprachigen Raum untersucht haben, z.B. (Weschke et al. 2022) und (Reck et al. 2022). Weitere Studien dieser Art wurde im Auftrag eines Verleihsystembetreibers (Krauss et al. 2022) bzw. im Auftrag der Versicherungswirtschaft (Ringhand et al. 2021) durchgeführt. Desweiteren wurden Überblicksstudien wie z.B. (Gebhardt et al. 2021) und (Agora 2019) ausgewertet sowie mit einigen ausländischen Untersuchungen abgeglichen. Insbesondere zur Abbildung aktueller Entwicklungen wurden auch Presseartikel und die Kommunikation der Verleihsystembetreiber ausgewertet.

Das Papier ist wie folgt aufgebaut: In Kap. 2 wird der Status quo der empirischen Nutzungsforschung zu E-Scootern und bedeutsame Entwicklungen der vergangenen Jahre nachgezeichnet. In Kap. 3 wird die THG-Bilanz von E-Scootern für den Betrieb in Deutschland auf ökobilanzieller Basis ermittelt und mit den Bilanzen konkurrierender Verkehrsmittel verglichen. Kap. 4 bestimmt unter Rückgriff auf Befragungsdaten zur Verkehrsverlagerung durch E-Scooter deren Klimawirkung und legt damit die Grundlage für Schlussfolgerungen in Kap. 5, das sich den Handlungsoptionen zur Sicherung von THG-Minderungspotentialen durch E-Scooter widmet.

2 Status quo und aktuelle Entwicklungen

2.1 E-Scooter in Verleihsystemen zeigten seit ihrer Einführung 2019 ein starkes Wachstum.

Mit Inkrafttreten der Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung (eKFV) im Juni 2019 (Bundesregierung 2019) wurde die gesetzliche Grundlage geschaffen, um elektrifizierte Tretroller, sogenannte E-Scooter, im Straßenverkehr zuzulassen und zu nutzen. Daraufhin haben sieben Anbieter (Bird, Circ, E-Floater, Jump, Lime, Tier und Voi) bis Ende 2019 über 62.500 E-Scooter in 27 Städten (civity 2019) zur Verfügung gestellt.

Mittlerweile sind zehn Anbieter (Bird, Bolt, Circ, Dott, Lime, Spin, Tier, Voi, Wheels und Wind) in mindestens 57 Städten aktiv (E-Scooter Blog 2022; Scherf et al. 2021). Damit sind die Fahrzeuge inzwischen auch in kleineren Großstädten mit ca. 100.000 Einwohnerinnen und Einwohnern zu finden (VDV 2020). Laut eigener Aussage betrieben Ende 2021 die großen Anbieter Tier über 50.000 E-Scooter und Lime über 60.000 E-Bikes und E-Scooter (Lutz Reiche 2021), es kann somit zum Erstellungszeitpunkt dieses Papiers von einer Fahrzeug-Anzahl von grob 150.000 bis 200.000 E-Scootern in Verleihsystemen in Deutschland ausgegangen werden[1].

Die Entwicklung der Anzahl der Nutzenden sowie des Umsatzes von E-Scooter-Sharing-Angeboten ist in der folgenden Abbildung 1 dargestellt. Es zeigt sich, dass sich das anfänglich sehr starke Wachstum etwas abgeschwächt hat. Dies könnte einerseits auf Sättigungseffekte des Marktes zurückgehen, andererseits könnten auch die neuerdings strikteren Bedingungen einiger Kommunen für die Konzessionierung der Verleihsysteme eine Rolle spielen (siehe Abschnitt 2.4). Auch die Coronakrise und damit verbundene makroökonomische Effekte könnten hierbei eine Rolle spielen: seit 2021 sind Inflation und Zinsen spürbar angestiegen, was die Kapitalbeschaffung für Startups und damit eine stark expansive Strategie der Anbieter von Verleihsystemen tendenziell schwieriger macht.

Einer Befragung des ADAC mit 6800 Teilnehmenden zufolge nutzen etwa 15 % der deutschen Bevölkerung ab 16 Jahren E-Scooter. Von diesen nutzt die Mehrheit (55 %) ausschließlich Leih-Scooter, während 45 % einen eigenen E-Scooter besitzen (ADAC 2022). E-Scooter-Verleihsysteme existieren bislang hauptsächlich in Großstädten. Während der Anteil der Nutzenden von Leih-Scootern bezogen auf die gesamte Bevölkerung Deutschlands ab 16 Jahren mit ca. 8 % überschaubar ist, ist er bezogen auf die Bevölkerung von Großstädten mit ca. einem Viertel deutlich höher. Zur Nutzung von privaten E-Scootern gibt es bisher nur sehr wenige Daten und sie stehen nicht im Fokus des vorliegenden Papiers.

[1] Die Abschätzung basiert auf der Verbreitung der Sharing-Anbieter, bei der Tier 2022 in 57, Lime in 18, Bird in 27, Voi in 15 und Bolt in 48 Städten aktiv waren (E-Scooter Blog 2022). Weiterhin war Lime 2022 der bekannteste E-Scooter-Sharing-Anbieter, gefolgt von Bolt, Tier, Bird und Voi (Statista 2023), weshalb auch bei den anderen Anbietern auf eine hohe Fahrzeug-Anzahl im mittleren fünfstelligen Bereich geschlossen werden kann.

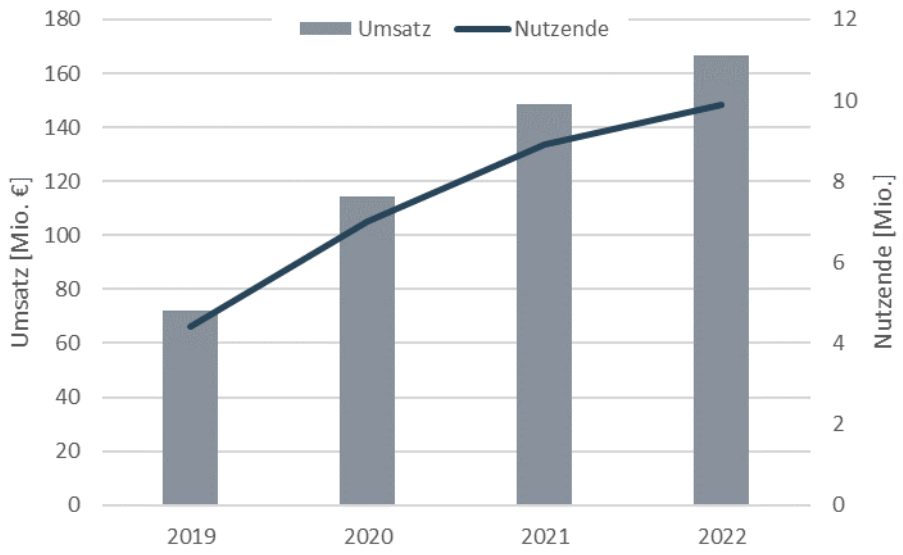

Abbildung 1: Geschätzte Umsätze und Nutzer*innen im Segment E-Scooter-Sharing in Deutschland (Statista 2022)

2.2 E-Scooter sind bisher hauptsächlich ein „Spaß-Verkehrsmittel“.

E-Scooter werden hauptsächlich für kurze Wegstrecken im Bereich von ca. 1 km bis 3 km genutzt (ADAC 2022; Agora Verkehrswende et al. 2019; civity 2019). Ein E-Scooter in Verleihsystemen legt dabei ca. 3 bis 5 Wege pro Tag zurück, übliche Tages-Wegstrecken belaufen sich also auf durchschnittlich ca. 10 km (civity 2019; Gebhardt et al. 2022).

Bei den Wegezwecken von E-Scooter-Fahrten liegen Freizeitaktivitäten klar vorn (Abbildung 2). Daraus lässt sich schließen, dass Freude am Fahren und Lifestyle-Aspekte bei den Nutzungsmotiven eine große Rolle spielen. Dies steht auch im Einklang mit der Kundenansprache der Verleihsystembetreiber. Eine weitere wichtige Nutzungskategorie bildet der Tourismus. Hier dürfte eine Rolle spielen, dass Touristinnen und Touristen in der Regel nicht über ein eigenes Verkehrsmittel verfügen, tendenziell aber durch eine überdurchschnittliche Zahlungsbereitschaft gekennzeichnet sind (siehe Abschnitt 2.3) und die Nutzung von E-Scootern für Touristinnen und Touristen eine Reihe spezifischer Vorteile bietet (Flexibilität, gute Sichtbarkeit des Stadtbilds, schnellere Fortbewegung als zu Fuß). Zum öffentlichen Verkehr zeigt sich in den Daten ein ambivalentes Verhältnis: E-Scooter werden demnach sowohl als Alternative zu einem als unattraktiv empfundenen ÖV gesehen als auch (in etwas geringerem Umfang) als Zubringer zum ÖV. Es ist zu beachten, dass den in Abbildung 2 zusammengefassten Studien eine unterschiedliche Auswahl an Kategorien zugrunde liegt. Insofern lassen sich aus der Zusammenschau lediglich grobe Tendenzen ableiten.

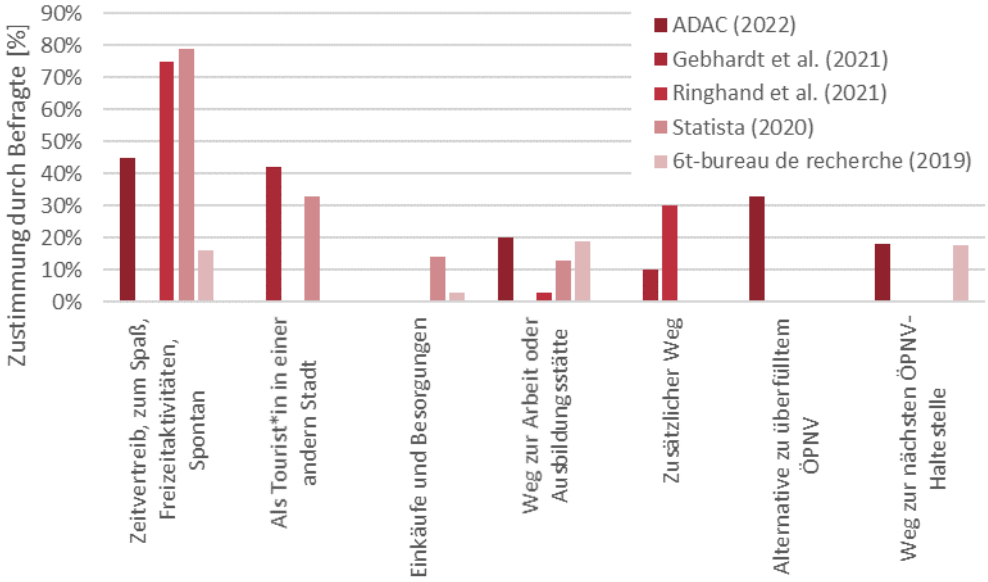

Abbildung 2: Überblick über typische Wegezwecke von E-Scooter-Fahrten (6t-bureau de recherche 2019; ADAC 2022; Gebhardt et al. 2021; Ringhand et al. 2021; Statista 2020)

Die Nutzungsintensität von geteilten E-Scootern ist zumeist in zentralen Wirtschafts- und Universitätsvierteln oder touristischen Gegenden am höchsten und in Wohngebieten deutlich niedriger (civity 2019; Lagadic und Krier 2021; Moser et al. 2021; Reck et al. 2022). Ersichtlich wird dies beispielhaft aus der räumlichen Verteilung der abgestellten E-Scooter in Berlin (Abbildung 3), mit Fokus auf touristischen Orten sowie auf Bahnhöfen. Befragungen ergaben, dass Nutzende von E-Scootern Strecken von zwei (für 90 % der Befragten akzeptabel) bis fünf Gehminuten (für 50 % akzeptabel) zum Erreichen des nächsten verfügbaren E-Scooters akzeptieren (Momentum Transport Consultancy und 6-t Buereau de Recherche 2020). Dies unterstreicht einerseits das Potential geteilter Scooter als Verkehrsmittel auf der „letzten Meile“, verdeutlicht aber auch, dass die bedarfsgerechte Platzierung der Scooter im Bediengebiet eine zentrale Rolle spielt.

Abbildung 3: Verteilung der Aufenthaltsdichte von E-Scootern in Berlin (Niedbal 2022)

2.3 Bisher sind E-Scooter-Nutzende eine recht homogene und überdurchschnittlich zahlungskräftige Gruppe.

Nutzende von E-Scootern sind häufig männlich (ca. 65 % der Nutzenden) und jung (68 % unter 40 Jahren bzw. 37 % zwischen 18 und 29 Jahren bei einer Untersuchung in 6 Metropolen weltweit) (Gebhardt et al. 2021; Krauss et al. 2022; Reck et al. 2022). Sie genießen oder genossen häufig eine Universitäts-Ausbildung und haben meist eine Vollzeit-Anstellung (Krauss et al. 2022; Moser et al. 2021). Zudem verfügen Nutzende von E-Scootern meist über ein durchschnittliches oder überdurchschnittliches regionaltypisches Einkommen (64 % bei der Untersuchung in 6 Metropolen). Dies korreliert mit den vergleichsweise hohen Nutzungskosten von E-Scootern, die in Abbildung 4 den Kosten anderer Verkehrsmittel im Nahverkehr für einen E-Scooter-typischen Weg am Beispiel von Berlin gegenüber gestellt sind. Demzufolge sind E-Scooter in der Regel signifikant teurer als andere Sharingangebote.

Die Kosten einer durchschnittlichen E-Scooterfahrt sind abhängig von Faktoren wie Anbieter, Stadt, Wochentag und Tageszeit. Meist fallen zunächst Kosten für die Freischaltung an (ca. 1 €), danach belaufen sich die Nutzungsgebühren auf ca. 0,09 € bis 0,25 € pro Minute (E-Scooter Blog 2022). Bei einem Preisvergleich für eine 2,3 km Radweg- bzw. 2,8 km Pkw-Wegstrecke[1] in der Berliner Innenstadt schnitten E-Scooter-Angebote mit durchschnittlich 2,50 € am teuersten ab, Carsharing-Angebote fanden sich bei durchschnittlich ca. 2,00 €, elektrifizierte Kleinkrafträder lagen bei 1,80 € während Bike-Sharing mit ca. 1,40 € im Durchschnitt am günstigsten abschnitt (Schwär 2019). Damit liegt ein Kurzstreckenticket des Berliner Nahverkehrs für den betrachteten Weg preislich in etwa gleichauf mit dem Carsharing-Pkw. Sind die Nutzenden im Besitz einer Zeitkarte, fallen die ÖPNV-Kosten allerdings geringer aus bzw. entfallen in einer Marginalbetrachtung vollends. Bei der Nutzung eines eigenen Pkws fallen bei Annahme eines Verbrauchs von 10 l/100 km im Stadtverkehr Grenzkosten in Gestalt von Benzinkosten in Höhe von etwa 1,50 € an, wozu ggf. noch Parkgebühren kommen können. Somit liegen die Grenzkosten des Privat-Pkw ebenfalls deutlich unter denen des E-Scooters.

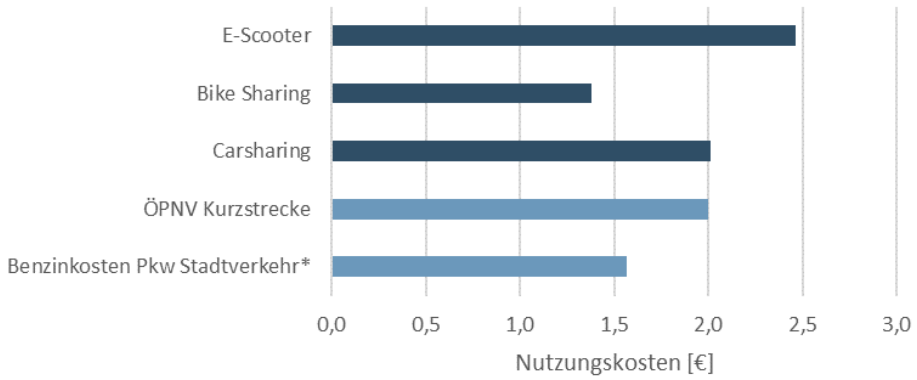

Abbildung 4: Vergleich zwischen durchschnittlichen Leihgebühren für verschiedenen Sharing-Angebote für eine 2,3 km bzw. 2,8 km lange Strecke in Berlin Mitte (BVG 2023; Schwär 2019). (* Für die Benzinkosten im Stadtverkehr wurde hier konservativ ein Verbrauch von 10 l/100 km bei einem Benzinpreis von 2 €/l angesetzt.)

In zwei Studien zeigte sich, dass Nutzende von E-Scootern häufig Auto-affiner sind, also vermehrt Autos nutzen oder besitzen (Krauss et al. 2022; Moser et al. 2021), eine andere Studie

[1] Eine mögliche Erhöhung der Pkw-Distanz durch die Parkplatzsuche ist hier nicht mit eingerechnet.

zeigte dagegen, dass Nutzende seltener Autos in ihrem Haushalt zur Verfügung haben (Reck et al. 2022). Hier ist der empirische Befund also bislang nicht eindeutig. Bei einer Untersuchung zu der Gender-Diskrepanz (ca. 35 % Nutzerinnen gegenüber ca. 65 % Nutzern) wurde als aus Sicht von Frauen besonders herausfordernd und hindernd an einer E-Scooter-Nutzung angegeben, dass das Fahren auf Straßen mit entsprechendem Verkehrsaufkommen bzw. mit fehlender Infrastruktur als unsicher empfunden wird (79 % der Teilnehmerinnen einer Studie) sowie das Gewicht und funktionsuntüchtige Technik Hürden darstellten (Lagadic und Krier 2021).

2.4 Städte setzen Rahmenbedingungen für Scooter-Verleihsysteme, das Bewusstsein für Nachhaltigkeitsaspekte von Scooter-Sharing steigt.

Aus Sicht vieler Kommunen sind E-Scooter grundsätzlich mit der Hoffnung verbunden, die Mobilitätswende voranzubringen und die oftmals immer noch dominierende Rolle des Pkw im Alltagsverkehr zu verringern. Konkret wird darauf abgezielt, E-Scooter als Zubringer zum ÖPNV und dadurch als „Enabler“ für intermodale Wegeketten insbesondere in Siedlungsrandbereichen zu nutzen sowie Nutzungsspitzen zu Peak-Zeiten im ÖPNV zu glätten (Reck et al. 2022). Dadurch könnten E-Scooter einen Beitrag zur Unterstützung des Umweltverbundes und damit zur Dekarbonisierung des Verkehrs leisten. Aktuell besteht eine hohe Nutzungsintensität allerdings vor allem an urbanen Hotspots, an denen die Sharing-Anbieter gezielt eine kleine spezifische Gruppe an Nutzenden (erfolgreich) ansprechen (vgl. Kapitel 2.3) (Gebhardt et al. 2021). Gleichzeitig werden sie häufig als ‚Spielzeug‘ oder als ‚chaotische Ansammlung‘ auf Gehwegen wahrgenommen, die deren ungehinderte Nutzung stark einschränkt und eine häufige Gefahrenquelle darstellt (Gebhardt et al. 2021; Niedbal 2022).

Zum Erreichen dieser Ziele und Überwinden der Hürden werden von Kommunen regulatorische Anforderungen angestrebt (Moser et al. 2021). Inwieweit die Nutzung von E-Scootern dabei unter den erlaubnisfreien Gemeingebrauch oder die erlaubnispflichtige Sondernutzung öffentlicher Flächen fallen, ist mangels eindeutiger Gesetzeslage und Rechtsprechung nach wie vor unklar (Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages 2020). Viele Kommunen wählten daher als erstes den Weg des Gemeingebrauchs. Allerdings stuft eine zunehmende Zahl an Kommunen (z.B. Berlin, Dresden, Düsseldorf) E-Scooter-Sharingsysteme als Sondernutzung ein, da freiwillige Selbstverpflichtungen der Anbieter die Konflikte bezüglich nicht ordnungsgemäß geparkter E-Scooter nicht zu lösen vermochten. Sondernutzungen implizieren eine Erlaubniserfordernis zur Nutzung sowie die Möglichkeit zur verbindlichen Regulierung durch die Kommunen, dies kann als Verwaltungsakt oder über einen öffentlich-rechtlichen Vertrag verankert werden. Konkrete Auflagen hängen zwar von den jeweiligen Landes-Straßengesetzgebungen ab, problemlos möglich wären aber beispielsweise Gebührenerhebungen, festgelegte Nutzungsgebiete oder Verbotsbereiche sowie entsprechende Auf- und Abstellvorgaben für die Fahrzeuge oder Angaben über Nutzungsdaten. Je nach Ausgestaltung der Landes-Straßengesetze in den einzelnen Bundesländern sind auch Umwelt-Auflagen wie die Nutzung regenerativ erzeugten Stroms oder Ökobilanz-Festlegungen für die E-Scooter integrierbar (Bauer et al. 2022). Mögliche weitere Ansätze umfassen beispielsweise auch, dass Sharing-Anbieter neben Angeboten in bevorzugten Hochnutzungs-Gegenden auch Angebote in weniger frequentierten Randbezirken etablieren müssen. Zielführend kann zudem ein Ausbau von Mobilitätshubs und –Clustern sein, welches das Umwidmen von Parkflächen in ausgewiesene Sharing-Fahrzeug-Stellflächen kombiniert mit dem Einrichten von Abstellverbotszonen. Dieses Konzept wird aktuell beispielsweise in Berlin getestet (Niedbal 2022). Weitere Stellschrauben bei Flächennutzungskonflikten sind

die Anpassung der zulässigen Flottengröße (Gebhardt et al. 2021) sowie die räumliche Verteilung der E-Scooter im Bediengebiet.

Drohende regulatorische Eingriffe der Kommunen in den Betrieb der Verleihsysteme[1] haben mittlerweile vielerorts zu einem intensiven Dialog zwischen Kommunen und Betreibern von Verleihsystemen über die künftigen Rahmenbedingungen des Betriebs geführt. Primär geht es dabei zumeist darum, „wildes" Abstellen der Scooter zu unterbinden. Desweiteren wurden in einigen Fällen bereits konkrete Schritte in Richtung einer Integration des ÖPNV mit den Scooter-Verleihsystemen gegangen. In Berlin und Zürich geschieht dies beispielsweise durch spezielle Sharing-Fahrzeug-Abstellflächen an ÖPNV-Haltestellen (Moser et al. 2021). In Berlin wurde zudem eine Vielzahl von Sharing-Angeboten in eine Mobilitäts-App des öffentlichen Nahverkehrsunternehmens eingebunden und so eine nahtlose Fahrgastinformation und Abrechnung ermöglicht (Niedbal 2022). Über Regulierungen oder entsprechende Anforderungen in Angebotsausschreibungen könnten Kommunen auch bezüglich eines nach Umweltgesichtspunkten optimierten Betriebs der Verleihsysteme auf Sharing-Anbieter einwirken (Bauer et al. 2022).

2.5 E-Scooter in Verleihsystemen substituieren derzeit hauptsächlich Fußwege und den ÖPNV.

Mit E-Scootern werden durchschnittlich relativ kurze Wege zurückgelegt, welche häufig einen Freizeitbezug aufwiesen. Gleichzeitig ersetzten E-Scooter-Fahrten laut bisheriger Studien zu einem überproportionalen Anteil den Umweltverbund (Wege zu Fuß, mit dem Fahrrad oder dem ÖPNV). Ein gewisser Teil der Wege ist „induziert", hätte also ohne das E-Scooter-Angebot nicht stattgefunden. Einen detaillierten Überblick über durch Leih-E-Scooter substituierte Verkehrsmittel laut Angaben aus der Literatur gibt Tabelle 1.

Die Studie von (Krauss et al. 2022) führte eine Umfrage unter Nutzenden des E-Scooter-Sharing-Anbieters Lime in einem vier-wöchigen Zeitraum zwischen Mai und Juni 2022 unter ca. 4.200 Nutzenden in sechs Städten weltweit durch (davon Berlin und Düsseldorf in Deutschland). (Weschke et al. 2022) fußen ihre Untersuchung auf einer Deutschland-weiten Onlinebefragung zwischen April und Juni 2021 unter ca. 770 Teilnehmenden, unabhängig von deren E-Scooter-Nutzung, um mit diesen Daten ein Discrete-Choice-Modell zu entwickeln und so Aussagen über typische Nutzungsmuster und substituierte Verkehrsmittel zu erhalten. Die Ergebnisse beziehen sich auf die Resultate aus der Modellierung. In Abgrenzung zu den vorherigen Studien basieren die Ergebnisse von (Ringhand et al. 2021) auf insgesamt ca. 1050 Vor-Ort-Verkehrsbefragungen und –beobachtungen im August und September 2020 in Berlin und Dresden. Der beachtliche Anteil induzierter Fahrten von 30 % (‚Hätten Sie den Weg auch ohne E-Scooter gemacht? – Nein.) kann hier eventuell auf den hohen Anteil von Nicht-Ortsansässigen (84 %), von Freizeitfahrten (74 %) und Ausprobierfahrten (12 %) sowie von Erstnutzenden (27 %) zurückgeführt werden. Die Ergebnisse der Schweizer Studien (Moser et al. 2021; Reck et al. 2022) sind hier nur zum Vergleich dargestellt. Sie zeigen der Größenordnung nach insgesamt vergleichbare Substitutionseffekte wie die deutschen Studien, wobei die Substitution des ÖPNV im Falle von (Moser et al. 2021) mit 40 % deutlich höher ist.

[1] In Paris wurde beispielsweise auf Basis einer Bürgerbefragung beschlossen, die Betriebserlaubnis für die Scooter-Verleihsysteme im September 2023 auslaufen zu lassen.

Zu beachten ist, dass sich die vorgenannten Befragungsergebnisse zu den durch E-Scooter substituierten Verkehrsmitteln stets auf die Anzahl der Wege beziehen. Auf die zurückgelegte Wegstrecke (also den substituierten „Modal split“) kann damit nur indirekt geschlossen werden. Da Wegstrecken von E-Scootern in aller Regel mit 1-3 km recht kurz sind (vgl. Abschnitt 2.2), ist eine näherungsweise Proportionalität zwischen Wegeanzahl und Wegestrecke plausibel und wird daher für die Analyse der Klimawirkungen in Kapitel 4 unterstellt. Es sollte jedoch bedacht werden, dass damit insbesondere der Anteil von Fußwegen im substituierten Modal split überschätzt sein könnte, da Fußwege im Mittel deutlich kürzer sind als Wege anderer Verkehrsarten. In Abschnitt 4 wird daher eine Sensitivitätsbetrachtung durchgeführt, die dem Rechnung trägt.

Tabelle 1: Literaturwerte für den mit E-Scootern substituierten Anteil von Wegen für verschiedene Mobilitätsmodi in unterschiedlichen Betrachtungsräumen (ggf. Mehrfachantworten und Rundungsunsicherheiten möglich)

	(RECK ET AL. 2022)	**(MOSER ET AL. 2021)**	**(KRAUSS ET AL. 2022)**	**(WESCHKE ET AL. 2022)**	**(RINGHAND ET AL. 2021)[1]**	**ANNAHME DEUTSCHLAND[2]**
Bezugsraum	Zürich	Zürich	Berlin, Düsseldorf	Deutschland	Dresden, Berlin	
zu Fuß	51 %	40 %	50 %	43 %	53 %	**44 %**
ÖPNV	19 %	40 %	26 %	19 %	27 %	**21 %**
MIV (+Taxi)	12 %	4 %	7 % (5 %)	11 % (3 %)	4 % (1 %)	**11 %**
Fahrrad	13 %			11 %	3 %	**8 %**
E-Bike (Privat/ Shared)	5 %		7 %			
Induziert		7 %	6 %	7 %	30 %	**11 %**

Im Vergleich zu den vorgenannten Daten für E-Scooter in Verleihsystemen werden bei E-Scootern im Privatbesitz tendenziell zu einem größeren Anteil Pkw-Fahrten substituiert. (Oostendorp und Hardinghaus 2022) geben einen Anteil von 34 % ersetzter Pkw-Fahrten an, gegenüber einem Anteil von 11 % bei Leih-E-Scootern. E-Scooter im Privatbesitz sind jedoch nicht Gegenstand dieses Papiers.

[1] Aufgrund der Fragestellung in der Verkehrsbefragung „Mit welchem/n Verkehrsmittel/n hätten Sie den Weg ohne E-Scooter gemacht? (n=90) (Mehrfachauswahl möglich).“ waren mehrere Antwortoptionen für die substituierte Fahrzeugwahl möglich. Daher beträgt die Summe der substituierten bzw. induzierten Wege einen Wert über 100 % (Ringhand et al. 2021)

[2] Die für die Berechnungen im vorliegenden Papier getroffenen Annahmen basieren auf einem gewichteten Mittelwert der drei Studien für den deutschen Raum, wobei (Weschke et al. 2022) aufgrund seines deutschlandweiten Bezugs mit 50 % gewichtet wurde und (Krauss et al. 2022; Ringhand et al. 2021) mit jeweils 25 %.

3 THG-Bilanz von E-Scootern und anderen Verkehrsmitteln im Vergleich

Um einzuschätzen, welche Wirkung der Einsatz von geteilten E-Scootern anstelle anderer Verkehrsmittel auf die Treibhausgasemissionen hat, ist ein Vergleich der spezifischen THG-Emissionen pro Personenkilometer (pkm) erforderlich. Dabei muss der gesamte Lebensweg der jeweiligen Verkehrsmittel berücksichtigt werden (ökobilanzieller Ansatz), d.h. neben direkten Emissionen bei der Fahrzeugnutzung auch Emissionen durch die Bereitstellung der Energieträger sowie durch die Herstellung, Wartung und Entsorgung der Fahrzeuge. Nachfolgend wird ein solcher Vergleich für die heutige Situation angestellt und ein Ausblick auf Änderungen durch den Ausbau erneuerbarer Stromerzeugung im Zeithorizont bis 2040 gegeben.

Umweltlasten aufgrund der Bereitstellung der Infrastruktur werden nicht berücksichtigt. Im Falle der Wegeinfrastruktur lässt sich die Inanspruchnahme durch die verschiedenen Verkehrsträger nicht klar trennen, die Infrastruktur der Energiebereitstellung wiederum ist gegenüber den anderen Posten vernachlässigbar (ITF 2020). Da E-Scooter in Verleihsystemen betrachtet werden, ist allerdings der Betrieb des Verleihsystems (Fahrten für Aufladung und Relokation der Scooter) zu berücksichtigen.

Die Treibhausgasbilanz der E-Scooter greift auf Ergebnisse einer aktuellen Marktrecherche (Fahrzeugparameter) sowie das ifeu-eigene Ökobilanzmodell eLCAr mit der LCA-Datenbank ecoinvent V 3.8 als Hintergrund zurück und wurde mit Literaturergebnissen aus den vergangenen Jahren abgeglichen. Die Fahrzeugparameter für E-Scooter sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Bei E-Scootern, ähnlich wie bei E-Bikes, wird aus bisherigen Studien deutlich, dass die Klimabilanz der Fahrzeuge maßgeblich durch ihre Herstellung bestimmt wird, hier insbesondere der Aluminium- und der Batterie-Anteil an den Komponenten einen wesentlichen Einfluss auf die LCA-Bilanz bewirken. Einen weiteren relevanten Aspekt für E-Scooter stellen in der Gesamtbetrachtung der THG-Bilanz die regelmäßigen Relokations- und Aufladefahrten für die Fahrzeuge dar (Reck et al. 2022; Severengiz et al. 2020). Für die Berechnung der kilometerbezogenen Klimawirkung kommen also für E-Scooter auch der Lebensdauer und Nutzungsintensität der Geräte sowie dem Bereitstellungskonzept der Sharing-Anbieter eine große Bedeutung zu.

In der Einführungsphase von E-Scootern wurde von einer **Fahrzeug-Lebensdauer** mit ca. 0,5 Jahren ausgegangen (ifeu et al. 2019; ITF 2020; Lackner et al. 2021; Severengiz et al. 2020). Es wird hier allerdings davon ausgegangen, dass solche sehr kurzlebigen Roller mittlerweile nicht mehr eingesetzt werden. Mit Einsatz robusterer Fahrzeuge der zweiten Generation und fortschreitender Erfahrung in Betrieb und Einsatz wird von einer Lebensdauer von etwa 2 Jahren ausgegangen (Gebhardt et al. 2021; ITF 2020; Reck et al. 2022). Aufgrund von optimiertem, modularem Aufbau und vereinfachter Reparaturfähigkeit geben einige E-Scooter-Anbieter sogar eine Lebensdauer der jüngsten Generation der Geräte von 5 Jahren an (Lime Micromobility 2021; VOI Technology AB 2021). Da eine Marktdurchdringung mit

der neuesten Fahrzeuggeneration zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht angenommen werden kann und es zudem fraglich ist, ob die sehr optimistischen Annahmen zur Reparierbarkeit zukünftig in der Praxis durchgängig realisierbar sind, wird für den Basisfall zur weiteren Berechnung die Annahme einer zweijährigen Lebensdauer getroffen und die längere Lebensdauer als Sensitivität untersucht.

Mit der E-Scooter-Lebensdauer korreliert die **Batterie-Lebensdauer**: Dabei wird von einem bis 1,5 Akkus je E-Scooter-Lebensdauer ausgegangen (Gebhardt et al. 2021). Bei tauschbaren Akkus wurde eine Unsicherheit bezüglich kürzerer Lebensdauern geäußert (ITF 2020). Angesichts der eher konservativen Annahme für die Fahrzeuglebensdauer wird nachfolgend angenommen, dass für aktuelle Fahrzeuge auch die Batterie-Lebensdauer 2 Jahre beträgt und damit ein Akku je Fahrzeug benötigt wird (Gebhardt et al. 2021; ITF 2020).

Für die **Jahres-Fahrleistungen** von E-Scootern sind bisher nur Auswertungen für einzelne Städte bzw. modellierte Werte verfügbar. Die Bandbreite ist mit Werten zwischen 1.200 km/a (Severengiz et al. 2021) und 4.350 km/a (ITF 2020) relativ hoch. An Werten für Zürich (Reck et al. 2022) und Berlin (ifeu et al. 2019) orientierend wurde ein Zwischenwert von 2.900 km/a bzw. 7,9 km/d als Basisfall gewählt, da dieser der aktuellen Technologie gerecht wird und gleichzeitig im Mittelfeld zwischen weiteren Literaturwerten angesiedelt ist (Gebhardt et al. 2021; Lackner et al. 2021). Damit ergibt sich eine typische **Lebens-Fahrleistung** von 5.800 km pro E-Scooter.

Tabelle 2: Überblick über Annahmen und Einflussparameter zur LCA-Berechnung von E-Scootern

Parameter	**Basisfall**	**Bandbreite**	***Quelle***
Fahrzeug-Gewicht	16 kg	*10 – 27 kg*	*Marktrecherche*
Akku-Kapazität	200 Wh	*150 – 551 Wh*	*Marktrecherche,* (Gebhardt et al. 2021)
Akku-Gewicht[1]	1,8 kg	*1,7 – 3,9 kg*	*Marktrecherche, (ITF 2020)*
Akku-Energiedichte	140 Wh/kg	*143 Wh/kg*	*Marktrecherche, (ITF 2020)*
Akku-Lebensdauer	2 a	*1 – 2,5 a*	*Marktrecherche,* (Gebhardt et al. 2021; ITF 2020)
Fahrzeug-Lebensdauer[2]	2 a	*1 – 5 a*	(Hollingsworth et al. 2019; ITF 2020; Lime Micromobility 2021; VOI Technology AB 2021)
Jahres-Fahrleistung [3]	2.900 km/a	*1.200 – 4.350 km/a*	(ITF 2020; Severengiz et al. 2021)
Lebens-Fahrleistung	5.800 km/E-Scooter	*2.400 - 14.500 km/E-Scooter*	
Energieverbrauch je 100 pkm[4]	0,667 kWh/100 pkm		

[1] Akkuspezifika: 1,7 kg – 250 Wh; 3,9 kg – 551 Wh (ITF 2020)
[2] 5 a Lebensdauer stellt Angabe von E-Scooter-Sharing-Anbietern Lime und Voi für neueste Scooter-Generation dar
[3] Basiswerte für Jahres- und Lebensfahrleistung aus ITF 2020 für neue E-Scooter-Generation (ITF 2020)
[4] Basisfall berechnet basierend auf Akkukapazität (0,2 kWh) und Reichweite (30 km)

In der Betrachtung für das Jahr 2022 wird für die Servicefahrten (Aufladen und Wiederaufstellen der E-Scooter) der Einsatz von leichten Nutzfahrzeugen sowohl mit Verbrennungsmotor als auch mit elektrischem Antrieb betrachtet, da beide Antriebe derzeit vorkommen. Das Verhältnis der E-Scooter-Fahrleistung zur Fahrleistung des Servicefahrzeugs wird mit 10:1 angenommen, was dem Basisfall für den E-Scooterbetrieb der zweiten Generation nach (ITF 2020) entspricht.

Als potentiell durch das E-Scooter ersetzte Verkehrsmittel werden Pkw (benzin- und dieselbetrieben sowie elektrisch), Kleinkrafträder, der öffentliche Nahverkehr (Diesel- und Elektrobus, Regionalzug und Straßenbahn/U-Bahn) sowie das unmotorisierte Fahrrad betrachtet. Die THG-Bilanz der Pkw basiert auf vorläufigen Ergebnissen für Pkw der Kompaktklasse aus einem noch laufenden UBA-Forschungsvorhaben[1], wobei angenommen wird, dass der Pkw bei auf E-Scooter verlagerten Fahrten nur mit einer Person besetzt war. Die THG-Bilanz der übrigen Verkehrsträger entspricht den durch das ifeu jeweils ermittelten durchschnittlichen Kennzahlen aus dem Projekt „Ökologische Bewertung von Verkehrsarten“ (ifeu et al. 2019), wobei für die elektrischen Antriebe der Emissionsfaktor der Strombereitstellung angepasst wurde, wie weiter unten beschrieben. Bei den Pkw wurde ein innerstädtisches Fahrprofil angenommen, um Wege widerzuspiegeln, die potentiell durch E-Scooter ersetzt werden können.

Abbildung 5 zeigt die Treibhausgasbilanz von E-Scootern für den oben beschriebenen Standardfall im Bezugsjahr 2022, zudem die Emissionen der alternativen Verkehrsmittel pro Personenkilometer. Die THG-Emissionen von E-Scootern gehen zu je etwa der Hälfte auf ihre Herstellung sowie auf die Servicefahrten für Aufladung und Relokation zurück, für die im Basisfall der Einsatz eines Dieselfahrzeugs angenommen wird. Der Energieverbrauch im Betrieb spielt hingegen eine untergeordnete Rolle.

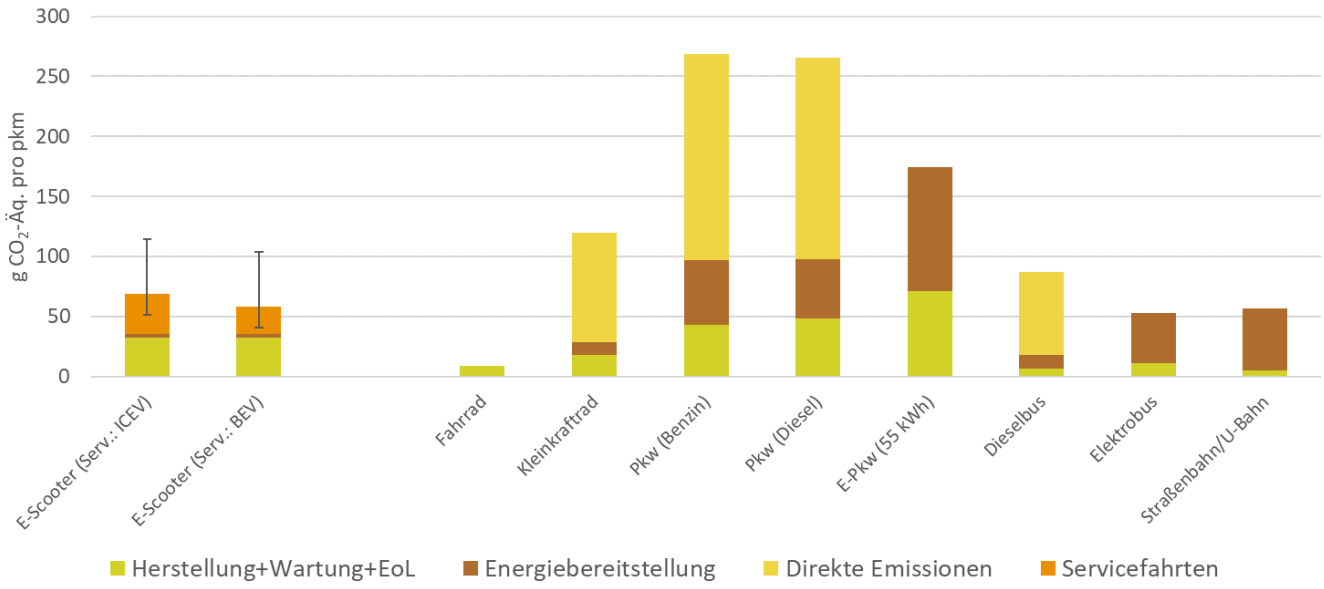

Abbildung 5: Treibhausgasemissionen (Lebenswegbetrachtung) von E-Scootern und alternativen Verkehrsmitteln – Bezugsjahr 2022

[1] „Analyse der Umweltbilanz von Kraftfahrzeugen mit alternativen Antrieben oder Kraftstoffen auf dem Weg zu einem treibhausgasneutralen Verkehr“ (FKZ 3720571010)

Insgesamt liegt der E-Scooter pro Personenkilometer damit in etwa gleichauf mit dem öffentlichen Verkehr – etwas besser als der Dieselbus, etwas schlechter als der Elektrobus. Elektro-Pkw haben knapp zweieinhalbmal so hohe und Verbrenner-Pkw fast viermal so hohe Emissionen. Auf der anderen Seite sind die (ausschließlich auf die Herstellung zurückgehenden) Emissionen des Fahrrads gegenüber denen von E-Scootern vernachlässigbar, und zu Fuß ist man vollständig emissionsfrei unterwegs.

Um den Einfluss der Lebensdauer und der Nutzungsintensität als zentrale unsichere Parameter auszuleuchten, wurde die Lebensfahrleistung entsprechend der in Tabelle 2 genannten Bandbreite variiert. Im ungünstigsten Fall (nur 2.400 km Lebensfahrleistung[1]) steigen die THG-Emissionen auf ca. 114 g CO_2-Äq./pkm und liegen damit in etwa gleichauf mit einem verbrennungsmotorisch betriebenen Kleinkraftrad. Bei sehr hoher Lebensfahrleistung von 14.500 km[2] lassen sich die THG-Emissionen auf etwa 50 g CO_2-Äq./pkm verringern, beim Einsatz elektrischer Servicefahrzeuge auf etwa 40 g CO_2-Äq./pkm.

Die derzeitige THG-Intensität der deutschen Stromerzeugung wird auf Basis der Berichterstattung des UBA für das Jahr 2021 mit 485 g CO_2-Äq./kWh angenommen (Umweltbundesamt 2022). Die aktuelle Energiepolitik zielt auf einen schnellen Ausbau der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien, die im Jahr 2030 entsprechend den Zielen der Bundesregierung etwa 80 % zur Stromerzeugung beitragen sollen (Bundesregierung 2021). Die THG-Emissionen der Stromerzeugung in zukünftigen Jahren wurden für die vorliegende Analyse anhand der Studie „Klimaneutrales Deutschland“ (Prognos et al. 2021) abgeschätzt, wobei die Emissionsfaktoren der einzelnen Kraftwerkstypen auf (Hill et al. 2020) basieren. Für 2030 liegt der Emissionsfaktor der Stromerzeugung damit bei etwa 221 g CO_2-Äq./kWh, für 2040 bei 74 g CO_2-Äq./kWh. Für die Lebensdauer wird angenommen, dass längerfristig eine Haltbarkeit von 5 Jahren erreichbar ist, die von einigen Verleihsystembetreibern bereits für Neufahrzeuge in ihren aktuellen Flotten angegeben wird. Die Emissionen der Herstellung selber werden für die Zukunftsbetrachtung gegenüber dem aktuellen Stand unverändert angenommen. Dies stellt zwar eine konservative Annahme dar, eine quantifizierte Verbesserung wäre jedoch aus verschiedenen Gründen mit erheblichen Unsicherheiten verbunden. Insbesondere sind der Energiemix der Produktion und die energiepolitischen Strategien möglicher Herstellungsländer sehr unterschiedlich. Eine Diskussion weiterer Unsicherheiten erfolgt im Verlauf dieses Kapitels.

Die damit langfristig zu erwartende THG-Bilanz der E-Scooter im Bezugsjahr 2040 zeigt Abbildung 6: Bei E-Scootern sinkt der Beitrag durch die Servicefahrten erheblich, für die in der Zukunftsbetrachtung der Einsatz von Elektrofahrzeugen angenommen wird. Zudem macht sich die nun standardmäßig angenommene Lebensdauer von 5 Jahren durch eine deutliche Verringerung der herstellungsbedingten Emissionen bemerkbar. Die öffentlichen Verkehrsmittel verbessern sich in etwa gleichem Maße, so dass E-Scooter im Basisfall nach wie vor etwa gleichauf mit dem öffentlichen Verkehr liegen würden. Gegenüber Elektro-Pkw ergäbe sich eine THG-Emissionsminderung von fast 80 %. Bei dem für das Jahr 2040 angenommenen weitgehend erneuerbaren Strommix ist die Emissionsbilanz von E-Scootern und E-Pkw weitgehend durch die Fahrzeugherstellung bestimmt, so dass in jedem Fall mit einem stabilen Vorteil des E-Scooters im Vergleich zum E-Pkw zu rechnen ist.

[1] 2 Jahre Lebensdauer bei 1.200 km Jahresfahrleistung, 1 Akku über die Lebensdauer.
[2] 5 Jahre Lebensdauer bei einer Jahresfahrleistung von 2.900 km, 2 Akkus über die Lebensdauer.

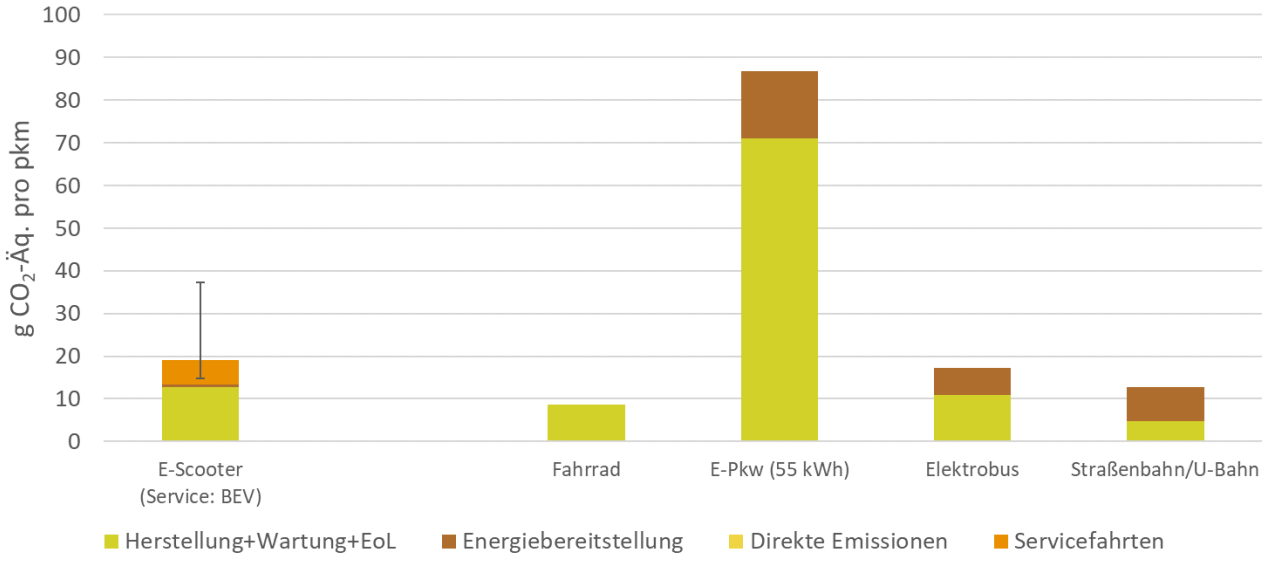

Abbildung 6: Treibhausgasemissionen (Lebenswegbetrachtung) von E-Scootern und alternativen Verkehrsmitteln – Bezugsjahr 2040

Einige weitere denkbare Entwicklungen bei der zukünftigen Emissionsbilanz konnten hier nicht berücksichtigt werden. Dass bei den Prozessen der Fahrzeug- und insbesondere Batterieherstellung der heutige Stand ebenfalls für 2040 angenommen wird, stellt eine einfache und konservative Abschätzung dar. Es ist wahrscheinlich, dass die Energiedichte der Batterien künftig weiter steigt und damit Energie- und Materialeinsatz und in der Folge auch die THG-Emissionen der Batterieherstellung deutlich sinken, wovon sowohl E-Scooter als auch E-Pkw und E-Busse profitieren würden. Dies führt insbesondere bei BEV-Pkw voraussichtlich zu einer nochmals stärkeren relativen Verbesserung gegenüber Verbrenner-Pkw. Bei den E-Scootern könnten verbesserte Batterieparameter zudem die Anzahl der erforderlichen Aufladefahrten reduzieren. Desweiteren könnten Servicefahrten künftig mit Lastenrädern durchgeführt werden, was die THG-Intensität der Verleihsysteme gegenüber dem Einsatz elektrischer leichter Nutzfahrzeuge weiter senken würde. Bereits heute sind die Batterien der Scooter zum Teil wechselbar, denkbar ist darüber hinaus der Aufbau dezentraler Ladeinfrastruktur an Mobilitätshubs zur Reduktion des Transportbedarfs mit Servicefahrzeugen (Lackner et al. 2021). Auch gibt es bereits Pläne für ein „Second Life“ von gebrauchten Scooter-Batterien (Seyerlein 2022).

Auf der anderen Seite ist denkbar, dass bei E-Scootern die regulativen Anforderungen bspw. an die räumliche Verfügbarkeit zunehmen und damit die Auslastung der Fahrzeuge sinken könnte – insbesondere dann, wenn die Grenzkosten für den Betrieb zusätzlicher Scooter für die Betreiber durch Skaleneffekte und Kostendegressionen bei der Technologie sinken. Je nach Zielgruppe und Vermarktungsstrategie der Leih-Scooter ist es auch möglich, dass eine Lebensdauer von 5 Jahren in der Praxis durch kurze Innovationszyklen nicht erreicht wird. Die Lebensdauer und THG-Bilanz über den Lebenszyklus würde dann davon abhängen, ob ausgemusterte E-Scooter anschließend in den Privatmarkt verkauft bzw. Batterien einer Anschlussverwendung zugeführt werden. Auch kann es sein, dass eine Optimierung der Fahrzeuge auf Langlebigkeit für die Betreiber ab einem bestimmten Punkt nicht mehr wirtschaftlich ist. Überdies kann Vandalismus der erreichbaren mittleren Lebensdauer von E-Scootern Grenzen setzen.

Um diesen Faktoren Rechnung zu tragen, ist in Abbildung 6 beim E-Scooter eine Bandbreite angegeben. Das obere Ende der THG-Emissionen entspricht dem Fall, dass bei einer Betriebsdauer von 5 Jahren lediglich eine Jahresfahrleistung von 1.200 km erreicht wird (z.B. wenn ältere E-Scooter eher in Bereichen geringerer Nachfrage eingesetzt werden). Dies ist quantitativ in etwa gleichbedeutend mit einer pessimistischen Annahme für die Lebensdauer von nur 2 Jahren bei der Standard-Jahresfahrleistung von 2.900 km. In diesem Fall wäre die THG-Bilanz langfristig etwa doppelt so hoch wie die des öffentlichen Verkehrs. Das untere Ende der THG-Emissionen entspricht einer hohen Jahresfahrleistung von 4.350 km bei einer Lebensdauer von 5 Jahren.

Zusammenfassend liegen die THG-Emissionen von E-Scootern derzeit etwa auf dem gleichen Niveau wie die des ÖPNV. Letzterer profitiert in puncto Klimabilanz längerfristig voraussichtlich stark vom zunehmenden Anteil erneuerbaren Stroms in Deutschland, während E-Scootern ihre Bilanz potentiell vor allem durch eine längere Lebensdauer der Fahrzeuge und einen optimierten Betrieb der Verleihsysteme verbessern können. Gelingt beides, so dürften E-Scooter auch längerfristig bei den THG-Emissionen in etwa gleichauf mit dem ÖPNV liegen. Die Risiken in der Klimabilanz der Scooter sind aber vergleichsweise höher einzuschätzen, so dass auch deutliche Mehremissionen gegenüber dem ÖPNV zukünftig denkbar sind. Elektrische Pkw hingegen werden durch ihre höheren herstellungsbedingten Umweltlasten auch langfristig den E-Scootern bei der Klimabilanz deutlich unterlegen sein.

4 Auswirkungen des Einsatzes von E-Scootern auf die THG-Emissionen

Um die Klimawirkung der Einführung und weiteren Verbreitung von E-Scooter-Sharingsystemen in Deutschland zu ermitteln, müssen sowohl die Treibhausgasbilanz der Scooter pro Personenkilometer als auch durch die Scooter bedingte Nutzungsänderungen bei anderen Verkehrsmitteln berücksichtigt werden. Ein mit einem Leih-E-Scooter zurückgelegter Personenkilometer verursacht zunächst Treibhausgasemissionen durch die Herstellung des Scooters, den Betrieb des Verleihsystems und (in geringem Umfang) durch den Stromverbrauch des Scooters (siehe Kapitel 3). Auf der anderen Seite werden Treibhausgasemissionen der durch die Scooterfahrt ersetzten Verkehrsmittel eingespart. Nimmt man typische empirische Substitutionsanteile für Deutschland (Abschnitt 2.5, dort Tabelle 1[1]) und die Treibhausgasbilanz der einzelnen Verkehrsmittel (Kapitel 3) an, so lässt sich die typische Netto-Klimawirkung des derzeitigen E-Scooter-Einsatzes in Deutschland grob quantifizieren (Abbildung 7).

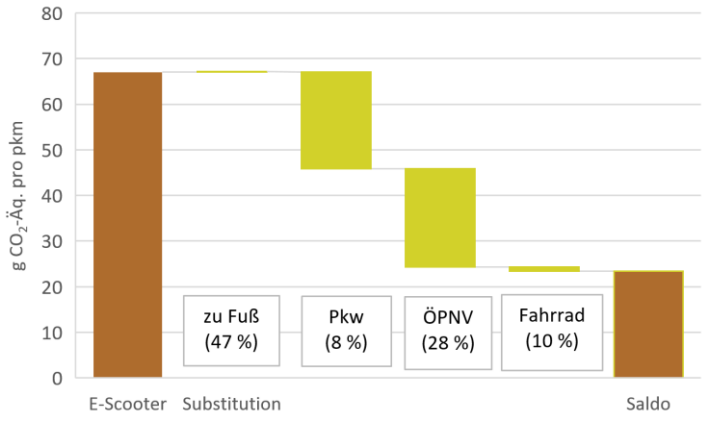

Abbildung 7: Anfallende (braun) und durch Substitution anderer Verkehrsmittel vermiedene (gelb) THG-Emissionen für einen typischen Einsatz von E-Scootern in Deutschland (Bezugsjahr 2022).

Etwa die Hälfte der Scooterfahrten ersetzt Fußwege, so dass den zusätzlichen Emissionen hier keine Emissionsminderungen entgegenstehen[2]. Auch das Fahrrad spielt aufgrund seiner geringen spezifischen Emissionen in dieser Rechnung eine vernachlässigbare Rolle. Demgegenüber beträgt der Anteil der ersetzten Pkw-Fahrten zwar unter 10 %, die dadurch vermiedenen Emissionen gleichen aber etwa ein Drittel der THG-Emissionen aus dem Betrieb der Scooter aus. Der ÖPNV wird mit knapp 30 % deutlich häufiger substituiert, hat allerdings

[1] Wie im genannten Abschnitt ausgeführt, beziehen sich die Primärdaten zur Substitution auf die Wegeanzahl, nicht auf die Wegstrecke. Es wird hier jedoch näherungsweise eine Proportionalität unterstellt.
[2] Diese Fußwege können jedoch Teil intermodaler Wegeketten sein. Auf die sich daraus ergebenden Effekte wird weiter hinten in diesem Kapitel eingegangen.

deutlich geringere THG-Emissionen pro Personenkilometer als Pkw, so dass die vermiedenen Emissionen in etwa gleich hoch sind wie die im Pkw-Verkehr. Die spezifischen Emissionen der ÖPNV-Nutzung sind vergleichbar mit denen der Scooter-Nutzung, so dass der Anteil der vermiedenen Emissionen in etwa dem Anteil des ÖPNV am substituierten Modal split entspricht. Im Saldo ergeben sich THG-Mehremissionen von etwa 23 g CO_2-Äq./pkm für den heutigen Standardfall.

Wie in Abschnitt 2.5 bereits erwähnt, sind Fußwege im Alltagsverkehr in der Regel kürzer als Wege mit anderen Verkehrsmitteln. Eine Auswertung der MiD 2017 für alle Wege mit einer Länge bis zu 5 km (für die der Einsatz von E-Scootern hier als prinzipiell realistisch angenommen wird) bestätigte dies: Demnach sind Fußwege (1,2 km) im Mittel etwa halb so lang wie Radwege (2,0 km), Wege des motorisierten Individualverkehrs (2,6 km) und Wege mit dem öffentlichen Verkehr (2,8 km). Gewichtet man Fußwege dementsprechend bei der Substitution nur halb so stark, so ergeben sich für die Verlagerungseffekte durch E-Scooter im Saldo Mehremissionen von nur noch etwa 5 g CO_2-Äq./pkm.

Ein Vergleich mit den im vorangegangenen Abschnitt ermittelten Unsicherheiten bei der THG-Bilanz der E-Scooter (-20 g CO_2-Äq./pkm bis +50 g CO_2-Äq./pkm, siehe Abbildung 5) zeigt, dass die oben ermittelten Mehremissionen in derselben Größenordnung wie die Unsicherheiten liegen, die sich aus Faktoren wie der Lebensdauer der E-Scooter und den Betriebsparametern des Verleihsystems ergeben. Zusammengenommen ergibt sich im besten Fall netto eine Emissionsminderung von 15 g CO_2-Äq./pkm, im schlechtesten Fall hingegen Mehremissionen von über 70 g CO_2-Äq./pkm. Es können aus den Ergebnissen somit pauschal weder THG-Einsparungen noch THG-Mehremissionen durch den Betrieb von E-Scooter-Verleihsystemen abgeleitet werden.

Dieser Befund spiegelt sich auch in der aktuellen Studienlage zur Umweltbilanz von E-Scootern. So resümieren (Weschke et al. 2022), dass die Netto-Klimabilanz von E-Scootern in deutschen Verleihsystemen derzeit negativ sei, sich aber durch die jüngsten Verbesserungen bei Lebensdauer und Betrieb der Verleihsysteme die Aussicht auf eine positive Bilanz biete. (Krauss et al. 2022) ermittelten die THG-Bilanz im Auftrag des Verleihsystembetreibers Lime für mehrere deutsche Städte und kommen auf leichte Emissionsminderungen. Hier wurden allerdings bereits für den Status quo mit einer Lebensdauer der E-Scooter von 5 Jahren und einer komplett elektrischen Abwicklung der Servicefahrten sehr optimistische Annahmen zugrunde gelegt.

Die zu erwartende Elektrifizierung des Straßenverkehrs und der gleichzeitige Ausbau der erneuerbaren Stromerzeugung lassen für die kommenden Jahre ein Absinken der THG-Emissionen pro Personenkilometer sowohl bei Pkw als auch bei ÖPNV-Bussen erwarten. Nimmt man entsprechend der Ziele der Bundesregierung bis 2030 die Elektrifizierung eines Drittels des Pkw-Bestands an, so würden die THG-Emissionen aus der Pkw-Nutzung bis dahin um ca. 18 % sinken. Bei ÖV-Bussen sind die Vorgaben demgegenüber u.a. durch die Clean Vehicles Directive deutlich ambitionierter. Hier könnten 2030 etwa zwei von drei Stadtbussen elektrisch fahren, was einer Minderung der THG-Emissionen pro Personenkilometer im Bus um ca. 45 % entsprechen würde. Wenn man annimmt, dass bei Lebensdauer und Betriebsemissionen der E-Scooter bis 2030 die Hälfte der für 2040 angenommenen Verbesserungen umgesetzt werden können, so sinkt die Netto-THG-Bilanz der E-Scooter bis 2030 auf etwa 10 g CO_2-Äq./pkm[1]. Treten die unterstellten Verbesserungen bei den Scootern nicht ein, so würde sich die Netto-THG-Bilanz hingegen auf etwa 35 g CO_2-Äq./pkm verschlechtern. Dies unterstreicht, dass bei den E-Scootern substantielle THG-Minderungen durch

[1] Dies gilt bei gegenüber dem Status quo unveränderten Verlagerungseffekten der E-Scooter.

Fahrzeugherstellung und Betrieb der Verleihsysteme notwendig sind, damit die Fahrzeuge (bei aktuell beobachteten Substitutionseffekten) künftig einen Klimanutzen entfalten können.(Weschke et al. 2022) stellen zudem auf Basis von Befragungsdaten fest, dass etwa ein Viertel der Scooterfahrten als Zubringer zum ÖPNV genutzt wird. Dass von diesen Fahrten wiederum etwa ein Viertel zuvor weder zu Fuß noch mit dem ÖPNV zurückgelegt wurde, sehen sie als Indiz dafür an, dass E-Scooter hier intermodale Wegeketten unter Einbezug des ÖPNV ermöglicht und somit die ÖPNV-Nutzung in diesen Fällen positiv beeinflusst haben. Der Ermöglichung von ÖPNV-Nutzung durch E-Scooter kommt eine hohe Bedeutung zu, da auch längerfristig in einer Lebenswegbetrachtung ein THG-Vorteil des öffentlichen Verkehrs gegenüber dem motorisierten Individualverkehr zu erwarten ist (siehe Abschnitt 3). Ergebnisse einer Zürcher Studie geben deutliche Hinweise, dass die Nutzung von Sharingsystemen längerfristig die Wahrscheinlichkeit für intermodale Verkehrsmittelnutzung bei den Nutzenden erhöht: 40 % der Befragten gab an, dass dieser Effekt bereits eingetreten sei, weitere 40 % gaben an, dass sie in Zukunft voraussichtlich intermodaler unterwegs sein würden (Moser et al. 2021). Die Nutzung von E-Scootern kann demzufolge verkehrsbezogene Verhaltensmuster ändern und damit potentiell im Sinne einer nachhaltigen städtischen Verkehrswende nutzbar gemacht werden.

Die direkte Substitution von ÖPNV-Fahrten durch E-Scooter ist bezüglich der Emissionsbilanz ambivalent. Wenn Scooter zu Stoßzeiten den ÖPNV entlasten können, kann dies die systemische Effizienz des ÖPNV insgesamt erhöhen, allerdings müssen dann auch die entsprechenden Scooter-Kapazitäten vorgehalten werden, was sich dann die systemische Effizienz der Scooter-Verleihsysteme senken oder aber zu Rebound-Effekten bei der Nutzung der Scooter in Schwachlastzeiten führen könnte. In Tagesrandzeiten wiederum würden E-Scooter die dann ohnehin eher geringe Auslastung des ÖPNV weiter senken, was in der Konsequenz die Aufrechterhaltung bestimmter ÖPNV-Angebote infrage stellen könnte. Sofern durch das E-Scooter-Angebot (ggf. in Kombination mit On-demand-Diensten) allerdings eine Mobilitätsteilhabe für alle Menschen auf einer bestimmten ÖPNV-Route sichergestellt werden kann, könnten dadurch auch systemisch ineffiziente „klassische“ ÖPNV-Angebote in Schwachlastzeiten adäquat ersetzt und Emissionen eingespart werden. Welche Effekte hier jeweils überwiegen, kann nur anhand einer genauen Betrachtung von Einzelfällen entschieden werden.

Die durch E-Scooter in Verleihsystemen erbrachte Verkehrsleistung ist in Deutschland insgesamt derzeit noch auf einem sehr niedrigen Niveau. Anhand der Abschätzungen zum Fahrzeugbestand (Abschnitt 2.1) und typischen Fahrleistungen (Abschnitt 2.2) kann auf eine Verkehrsleistung im Bereich von 700-800 Mio. pkm pro Jahr geschlossen werden. Dies entspricht etwa 0,66 ‰ der gesamten deutschen Personenverkehrsleistung. Unterstellt man den oben abgeschätzten Bestfall der Netto-THG-Einsparung von ca. 15 g CO_2-Äq./pkm durch E-Scooter, so kann die potentielle kumulierte THG-Minderung durch den geteilte E-Scooter bis 2030 mit maximal ca. 0,08 Mt CO_2-Äq. abgeschätzt werden. Absolute Effekte auf die gesamten deutschen Treibhausgasemissionen (gleich ob positiv oder negativ) dürften daher angesichts einer kumulierten Zielerreichungslücke von ca. 200 Mt CO_2-Äq. im Verkehrssektor bis 2030 zumindest kurz- bis mittelfristig überschaubar bleiben.

Die bisherige Datenlage bezüglich der Klimaeffekte von E-Scootern ist insgesamt von erheblichen Unsicherheiten gekennzeichnet. Insbesondere

- ist derzeit nicht absehbar, inwiefern die Nachhaltigkeitsziele der Sharinganbieter in der Praxis umsetzbar sind,
- weisen die Betriebsparameter der Sharingsysteme und beobachtete Verlagerungseffekte eine Streuung zwischen verschiedenen Städten auf und

- ist die Evidenz zu realisierbaren (bzw. akzeptierten) intermodalen Wegeketten in der Zukunft noch gering und stark von stadtplanerischen und regulatorischen Aspekten abhängig.

Auf Basis der bisherigen empirischen Erkenntnisse ist es daher nicht möglich, Wirkungen auf die THG-Emissionen durch einen verstärkten Einsatz von E-Scootern in Deutschland anhand von Szenarien seriös zu quantifizieren. Aus den vorstehenden Analysen ergeben sich aber Hinweise, welche Handlungsfelder adressiert werden müssten, um eine positive Klimawirkung im Falle eines verstärkten Einsatzes von E-Scootern wahrscheinlicher zu machen.

5 Fazit und Handlungsoptionen

Die Status-quo-Analyse ergab ein starkes Wachstum von Scooter-Verleihsystemen in Deutschland, der Umsatz in solchen Verleihsystemen hat sich in den zurückliegenden drei Jahren mehr als verdoppelt. Einkommen und Bildung der Nutzenden von E-Scootern liegen meist über den deutschen Durchschnittswerten, etwa zwei Drittel der Nutzenden sind männlich. Mit Abstand am häufigsten ersetzen E-Scooter Wege zu Fuß (44 %), am zweithäufigsten die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel (21 %). Pkw- und Fahrradwege haben mit 11 % bzw. 8 % nur einen relativ geringen Anteil bei der Verlagerung auf E-Scooter. Die Nutzung findet derzeit vorranging zur Freizeitgestaltung („Spaß-Verkehrsmittel“) und im touristischen Kontext statt. Auf der anderen Seite gibt es erste Hinweise, dass E-Scooter unter bestimmten Bedingungen multimodale Wegeketten unter Einbezug des Öffentlichen Verkehrs ermöglichen.

Aus kommunaler Sicht ergeben sich durch die zunehmende Verbreitung von E-Scootern Herausforderungen bezüglich der Verkehrssicherheit, des Stadtbildes und der Aufteilung des öffentlichen Raums. Viele Kommunen haben daher in jüngster Zeit zunehmend regulative Anforderungen an Betreibende von E-Scooter-Verleihsystemen gestellt und möchten die Vergabe von Konzessionen künftig an klare Bedingungen zum Betrieb der Verleihsysteme knüpfen. So soll die Abstellung der Scooter beispielsweise in hoch frequentierten Bereichen gebündelt werden und die Verleihsystembetreiber sollen Voraussetzungen schaffen, um Verstöße gegen die Abstellregeln effektiv zu sanktionieren.

Die Netto-THG-Bilanz von E-Scooter-Verleihsystemen ist zum jetzigen Zeitpunkt tendenziell leicht negativ, es besteht hier aber eine große Streubreite zwischen verschiedenen Nutzungsmustern und eine Vielzahl von Ansatzpunkten zur Verbesserung. Doch auch bei den übrigen Verkehrsmitteln sind im Zuge der Elektrifizierung des Straßenverkehrs deutliche Verbesserungen der THG-Bilanz zu erwarten. Damit E-Scooter künftig eine positive Netto-Klimabilanz haben, müssen insbesondere folgende zentrale Stellschrauben angegangen werden:

- Die Reduktion der Klimawirkung (und auch ganz allgemein der Umweltlasten) der E-Scooter durch ein längeres Fahrzeugleben und einen THG-ärmeren Betrieb (inklusive der Servicefahrten) der Verleihsysteme,
- die verstärkte Substitution von Pkw-Fahrten durch E-Scooter sowie
- die Stärkung des öffentlichen Verkehrs, indem E-Scooter intermodale Wegeketten ermöglichen, die wiederum (monomodale) Fahrten mit dem Pkw ersetzen.

Der erstgenannte Ansatzpunkt liegt tendenziell auch im Interesse der Betreiber von Verleihsystemen, da durch eine bessere Fahrzeughaltbarkeit Kosteneinsparungen möglich sind und Verbesserungen auch positive Rückwirkungen auf das Image der Betreiber haben können. Diesbezügliche Anstrengungen der Verleihsystembetreiber können die Kommunen mit entsprechenden verbindlichen Kennwerten bei der Konzessionsvergabe unterstützen. Hierbei geht es insbesondere um eine minimale mittlere Lebensdauer der Scooter, den Einsatz von

Elektrofahrzeugen für Auflade- und Relokationsfahrten sowie ggf. Nachhaltigkeitsanforderungen an die Lieferkette für die Herstellung der Scooter.

Die übrigen Punkte lassen sich ausschließlich über die Gestaltung der Rahmenbedingungen für die Nutzung der Scooter beeinflussen. Dazu müssen die Verleihsysteme ein Scooterangebot vor allem dort sicherstellen, wo derzeit aufgrund unattraktiver ÖV-Anbindung auf der letzten Meile häufig auf Pkw zurückgegriffen wird. Gelingt dies, so kann die durch den Einsatz von E-Scootern vermiedene Pkw-Fahrleistung prinzipiell weit höher sein als die Fahrleistung der Scooter, da die eingesparte Pkw-Fahrleistung der durch die Scooter ermöglichten zusätzlichen ÖV-Nutzung ebenfalls hinzuzurechnen ist. Eine stärkere Regulierung des innerstädtischen Pkw-Verkehrs (insb. Parkraummanagement) könnte zudem Anreize setzen, kurze Pkw-Wege direkt auf E-Scooter zu verlagern.

Als zentrale Kriterien im Sinne der Klimafreundlichkeit hat eine Kommune demzufolge zu prüfen, ob (und in welchen Fällen) E-Scooter zum einen in nennenswertem Maße Pkw-Fahrten ersetzen und zum anderen effektiv die Hürden für die Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel senken. Da Kommunen für den Betrieb der E-Scooter öffentlichen Raum zur Verfügung stellen, stellt sich zudem die Frage, ob dadurch die Teilhabe an Mobilität über die Grenzen sozialer Gruppen hinweg verbessert wird. Die bisherigen Befunde zu den Nutzenden von E-Scootern in Verleihsystemen (siehe Abschnitt 2.3) deuten darauf hin, dass hier bisher noch Defizite bestehen.

Sieht man E-Scooter-Verleihsysteme als Bestandteil eines künftigen ökologischen und klimaneutralen städtischen Mobilitätssystems, so spricht vieles dafür, E-Scooter-Verleihsysteme stärker als bisher als ergänzenden Teil des öffentlichen Verkehrs zu denken, entsprechend zu entwickeln und zu regulieren. Hierfür bieten sich u.a. folgende Ansatzpunkte an:

- Mittels systematischer Befragungen von Scooter-Nutzenden sollten für die einzelnen Kommunen modale Verlagerungseffekte durch E-Scooter geographisch aufgelöst ermittelt werden. Solche Befragungen können gleichzeitig wertvolle Hinweise geben, an welchen Stellen die Zugänglichkeit des öffentlichen Verkehrs als suboptimal eingeschätzt wird.
- Werden die Ergebnisse solcher Befragungen mit empirischen Nutzungsdaten der E-Scooter und soziodemographischen Statistiken zusammengeführt, so ließen sich daraus prinzipiell Schlüsse ziehen, in welchen Gebieten einer Kommune und für welche Bevölkerungsgruppen die Nutzung von E-Scootern tendenziell Pkw-Verkehr substituiert und die ÖV-Nutzung erleichtert.
- Auf Grundlage solcher Erkenntnisse könnten bei der Konzessionierung von Verleihsystemen Auflagen in Sondernutzungserlaubnissen bezüglich der Verteilung der E-Scooter im Bediengebiet oder Vorgaben für das Bediengebiet insgesamt gemacht werden[1]. In Berlin wird beispielsweise bereits eine gezielte Positionierung der E-Scooter und anderer Mobilitätsangebote wie Carsharing an ÖV-Knotenpunkten praktiziert (Jelbi-Mobilitätsstationen).
- Die Integration von E-Scootern als Mobilitätsoption in Fahrgastinformationssysteme des öffentlichen Verkehrs kann die Planung multimodaler Wegeketten vereinfachen und ein Bewusstsein für spezifische Vorteile der E-Scooter bei den Kunden schaffen.

[1] Hilfreich hierfür wäre eine abschließende rechtliche Klärung für das gesamte Bundesgebiet, ob die Nutzung des öffentlichen Raumes durch Scooter-Verleihsysteme unter den erlaubnisfreien Gemeingebrauch oder die erlaubnispflichtige Sondernutzung fallen.

- Die Kombination von ÖPNV und Scootern auf Wegeketten könnte auch finanziell begünstigt werden. Beispielsweise wäre eine Bepreisung der E-Scooter-Nutzung entsprechend seines relativen Umweltnutzens bei der getätigten Fahrt denkbar, sobald hierzu Hintergrunddatensätze aus entsprechenden wissenschaftlichen Untersuchungen zur Verfügung stehen. Ebenso könnten auf diesem Wege prinzipiell soziale Faktoren in die Tarifierung einbezogen werden, um einen Nutzen der E-Scooter bei der Teilhabe an Mobilität für alle zu gewährleisten.
- In Gegenden besonders hoher Nachfrage nach E-Scootern (derzeit v.a. im Umfeld touristischer Attraktionen) kann es sinnvoll sein, das E-Scooter-Angebot zu begrenzen bzw. die Nutzung gezielt zu verteuern, um den dort großen Transportbedarf auf effizientere Massentransportmittel zu bündeln[1] und der Übernutzung des Straßenraums durch E-Scooter entgegen zu wirken. So könnte auch die derzeit beobachtete hohe Zahl an (klimaseitig kontraproduktiven) „Spaßfahrten“ mit E-Scootern (siehe Abschnitt 2.2) eingedämmt werden.
- Gleichzeitig könnte eine Aufstellung von E-Scootern gezielt in Wohngebieten bzw. an ÖPNV-Endhaltestellen die Funktion als ÖPNV-Zubringer zum Überwinden der ‚Ersten und Letzten Meile‘ in Randbezirken und zu Randzeiten unterstützen. Dies könnte zunächst im Rahmen von Pilotversuchen erfolgen, um die Datenbasis zur Nutzung eines solchen erweiterten Angebots zu verbessern.

Die vorgenannten Ansätze werden in vielen Fällen in einem Spannungsverhältnis zu den betriebswirtschaftlichen Interessen der Betreiber von Verleihsystemen stehen, da sie darauf abzielen, das Scooter-Angebot auf Bereiche mit einem ökologischen bzw. systemischen Mehrwert einzugrenzen. Es erscheint sinnvoll, dass Kommunen möglichst frühzeitig und transparent Eckpunkte für eine Rollenbestimmung der E-Scooter im kommunalen Verkehrssystem definieren. Dementsprechend können Betreiber von Verleihsystemen dann entscheiden, ob unter diesen Bedingungen der Betrieb eines Verleihsystems in der jeweiligen Kommune auch betriebswirtschaftlich sinnvoll ist.

Inwiefern E-Scooter Pkw-Fahrleistung substituieren können, hängt neben der Verfügbarkeit von E-Scootern auch entscheidend von der Attraktivität des motorisierten Individualverkehrs aus Sicht der Nutzenden ab. Einer umfangreichen Nutzerbefragung zufolge ist der Wegfall der Parkplatzsuche mit 42 % der häufigste Grund, weshalb E-Scooter anstatt eines Pkw genutzt werden (Weschke et al. 2022). Knappheit und Einschränkungen innerstädtischer Pkw-Parkangebote dürften diesen Treiber weiter verstärken. Auch kürzere Reisezeiten spielen mit 30 % eine wichtige Rolle bei der Verlagerung von Pkw auf E-Scooter. Durch Reduktion innerstädtischer Höchstgeschwindigkeiten (z.B. Tempo 30 als Regelgeschwindigkeit) und verstärkte Ausweisung von Fußgänger*innenzonen und Fahrradstraßen würde sich in einer wachsenden Zahl von Fällen ein Reisezeitvorteil ergeben. Bei der Anpassung der Infrastruktur wäre dabei auf eine klare Ausweisung und ggf. Trennung der jeweiligen Bereiche zu achten, damit alle Mobilitätsmodi (zu Fuß gehen, Fahrradfahren in unterschiedlichen Geschwindigkeiten, E-Scooter-Nutzung) möglichst konfliktfrei nebeneinander genutzt werden können. Für die Nutzung des klimapolitischen Potentials von E-Scootern kann daher (wie auch beim öffentlichen Verkehr generell) der Einsatz gezielter Push-Maßnahmen weg vom MIV zielführend sein. Die Verfügbarkeit von E-Scootern als Teil eines attraktiven ÖV-Gesamtkonzepts kann die Umsetzung solcher Push-Maßnahmen dabei erleichtern.

[1] Voraussetzung dafür ist die Bereitstellung einer hinreichenden Kapazität des öffentlichen Verkehrs, um Nutzende nicht durch dessen Überfüllung zu den E-Scootern als Alternative zu drängen.

E-Scooter sind bisher überwiegend im großstädtischen Kontext untersucht worden. Mittlerweile sind Scooter-Verleihsysteme allerdings auch in einigen Mittelstädten in Betrieb. Aufgrund der Charakteristika verschiedener Raumstrukturen (Wegelänge, ÖV-Angebot, Dichte öffentlicher Infrastruktur etc.) ist zu erwarten, dass sich auch Einsatzpotentiale und modale Verlagerungseffekte von E-Scootern nach Raumtyp unterscheiden. Es wäre daher wichtig, das Potential ihres Einsatzes in verschiedenen Raumtypen datengetrieben zu untersuchen, um beispielsweise ein Gesamtkonzept für klimapolitisch sinnvollen E-Scooter-Einsatz in verschiedenen Raumtypen zu entwickeln. Dies würde nicht zuletzt den Scooter-Anbietern Planungssicherheit verschaffen und regulatorischer Unsicherheit entgegenwirken.

Literaturverzeichnis

6t-bureau de recherche (2019): Comprendre les usages d'un service de trottinettes en free-floating. Enquête auprès des utilisateurs du service Dott à Paris. 6t-bureau de recherche. *https://www.mobilservice.ch/admin/data/files/news_section_file/file/4907/enquete_dott_etude_6t.pdf?lm=1581430095* (20.03.2023).

ADAC (2022): So werden E-Scooter genutzt. ADAC, Berlin. *https://www.adac.de/verkehr/standpunkte-studien/mobilitaets-trends/nutzung-von-e-scootern/* (02.12.2022).

Agora Verkehrswende; Deutscher Städtetag (DST); Deutscher Städte- und Gemeindebund (DStGB) (2019): E-Tretroller im Stadtverkehr - Handlungsempfehlungen für deutsche Städte und Gemeinden zum Umgang mit stationslosen Verleihsystemen. Agora Verkehrswende, Berlin. S. 44.

Bauer, U.; Hertel, M.; Klein-Hitpaß, A.; Reichow, V.; Hardinghaus, M.; Leschik, C.; Cyganski, R.; Oostendorp, R. (2022): E-Tretroller in Städten – Nutzung, Konflikte und kommunale Handlungsmöglichkeiten. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu), Berlin. S. 52. *https://www.dlr.de/vf/PortalData/12/Resources/dokumente/projekte/mmonk/E-Tretroller_in_Staedten.pdf*.

Bundesregierung (2019): Verordnung über die Teilnahme von Elektrokleinstfahrzeugen am Straßenverkehr (Elektrokleinstfahrzeuge-Verordnung – eKFV).

Bundesregierung (2021): Koalitionsvertrag der Bundesregierung. *https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800*.

BVG (2023): Alle BVG-Tickets im Überblick. https://www.bvg.de/de/abos-und-tickets/alle-tickets. (18.03.2023).

civity (2019): E-Scooter in Deutschland. In: *civity Management Consultants*. https://scooters.civity.de/. (06.10.2022).

E-Scooter Blog (2022): E-Scooter Sharing. In: *E-Scooter Blog*. https://escooter.blog/e-scooter-sharing/. (06.09.2022).

Gebhardt, L.; Ehrenberger, S.; Wolf, C.; Cyganski, R. (2022): Can shared E-scooters reduce CO2 emissions by substituting car trips in Germany? In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 109, S. 103328.

Gebhardt, L.; Wolf, C.; Ehrenberger, S.; Seiffert, R.; Krajzewicz, D.; Cyganski, R. (2021): E-Scooter – Potentiale, Herausforderungen und Implikationen für das Verkehrssystem. Abschlussbericht Kurzstudie E-Scooter. Arbeitsberichte zur Verkehrsforschung Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) Institut für Verkehrsforschung, Berlin. S. 65. *https://elib.dlr.de/141837/1/ArbeitsberichteVF_Nr4_2021.pdf* (11.07.2022).

Hill, N.; Amaral, S.; Morgan-Price, S.; Nokes, T.; Bates, J.; Helms, H.; Fehrenbach, H.; Biemann, K.; Abdalla, N.; Jöhrens, J.; Cotton, E.; German, L.; Harris, A.; Ziem-Milojevic, S.; Haye, S.; Sim, C.; Bauen, A. (2020): Determining the environmental impacts of conventional and alternatively fuelled vehicles through LCA. Final Report for the European Commission, DG Climate Action Ricardo Energy & Environment, ifeu - In-

stitut für Energie und Umweltforschung, E4tech, Didcot. *https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/transport/vehicles/docs/2020_study_main_report_en.pdf* (16.10.2020).

Hollingsworth, J.; Copeland, B.; Johnson, J. X. (2019): Are e-scooters polluters? The environmental impacts of shared dockless electric scooters. In: *Environmental Research Letters*. Vol. 14, No. 8, S. 084031.

ifeu; INFRAS; Öko-Institut (2019): Ökologische Bewertung von Verkehrsarten. S. 237. *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsarten_0.pdf*.

ITF (2020): Good to Go? Assessing the Environmental Performance of New Mobility. International Transport Forum ITF, Paris. S. 89. *https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/environmental-performance-new-mobility.pdf*.

Krauss, K.; Doll, C.; Thigpen, C. (2022): The Net Sustainability Impact of Shared Micromobility in Six Global Cities. In: *Case Studies on Transport Policy*. S. 43.

Lackner, J.; Wendt, N.; Siegemund, S.; Schelte, N.; Severengiz, S. (2021): E-Scooter-Sharing – Eine ganzheitliche Bilanz. Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), Berlin. S. 22. *https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2021/dena-STUDIE_E-Scooter-Sharing.pdf* (11.07.2022).

Lagadic, M.; Krier, C. (2021): Micromobility for all. A roadmap towards inclusive micromobility. 6t-bureau de recherche, Paris. *https://www.voi.com/wp-content/uploads/2021/06/Voi_Inclusive_Micromob_Ri_June24.pdf* (08.12.2022).

Lime Micromobility (2021): Lime's Gen4 E-Scooter Rolls into Cities Worldwide, Delivering The…. In: *Lime Micromobility*. https://www.li.me/de-de/blog/limes-gen4-e-scooter-rolls-into-cities-worldwide. (16.02.2023).

Lutz Reiche (2021): Elektroroller - Verkehrswende oder Fahrt ins Chaos? In: *manager magazin*.

Momentum Transport Consultancy; 6-t Buereau de Recherche (2020): A sound launch for micromobility services in the UK: The challenge of parking. Transferring knowledge from Paris to London for dott. *https://momentum-transport.com/wp-content/uploads/2020/12/smart-parking-by-the-Dott-x-Momentum.pdf* (09.02.2023).

Moser, C.; Artho, J.; Capillo, M.; Bibic, V. (2021): Wirkung von Sharing-Angeboten für E-Scooter, E-Bikes und Velos auf Mobilitätsgewohnheiten und Mobilitätswerkzeuge. *Forschungsprojekt FP-1.27*, Energieforschung Stadt Zürich, Zürich. S. 117. *https://energieforschung-zuerich.ch/media/topics/report/FP-1.27_EFZ_Layout_Schlussbericht_komplett_def.pdf* (06.10.2022).

Niedbal, M. (2022): Shared Mobility in Berlin. Berlin.

Oostendorp, R.; Hardinghaus, M. (2022): Shared vs. private e-scooters: Same vehicle – different mode? Empirical evidence on e-scooter usage in Germany. In: *Transportation Research Procedia*.

Prognos; Öko-Institut; Wuppertal-Institut (2021): Klimaneutrales Deutschland 2045 - Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann.

Reck, D. J.; Martin, H.; Axhausen, K. W. (2022): Mode choice, substitution patterns and environmental impacts of shared and personal micro-mobility. In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 102, S. 103134.

Ringhand, M.; Anke, J.; Petzoldt, T.; Gehlert, T. (2021): Verkehrssicherheit von E-Scootern. Technische Universität Dresden, Professur für Verkehrspsychologie, Berlin, Dresden. S. 200. *https://www.udv.de/resource/blob/79908/1d2bc0eeedae8b30ff521bec9b708115/75-verkehrssicherheit-von-e-scootern-download-data.pdf*.

Scherf, C.; Schade, W.; Streif, M.; Ruhrort, L.; Bösl, M.; Emmerich, J.; Knie, A. (2021): Mobilitätsmonitor Nr. 13 – Nov. 2021. Internationales Verkehrswesen Internationales Verkehrswesen, Berlin, Karlsruhe. *https://www.internationales-verkehrswesen.de/wp-content/uploads/2022/05/monitor13_iv2021-04.pdf*.

Schwär, H. (2019): E-Scooter sind mitunter teurer als Carsharing. In: *Business Insider*. https://www.businessinsider.de/gruenderszene/automotive-mobility/e-scooter-preisvergleich-carsharing/. (09.02.2023).

Severengiz, S.; Finke, S.; Schelte, N.; Wendt, N. (2020): Life Cycle Assessment on the Mobility Service - E-Scooter Sharing. In: *2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS)*. IEEE, Dortmund, Germany. S. 1–6.

Severengiz, S.; Schelte, N.; Bracke, S. (2021): Analysis of the environmental impact of e-scooter sharing services considering product reliability characteristics and durability. In: *Procedia CIRP*. Elsevier. Vol. 96, S. 181–188.

Seyerlein, C. (2022): Tier will die Lebensdauer von E-Scooter- und E-Bike-Akkus verlängern. https://www.next-mobility.de/tier-will-die-lebensdauer-von-e-scooter-und-e-bike-akkus-verlaengern-a-1098527/. (26.04.2023).

Statista (2020): Verwendungszweck eines E-Scooters in Deutschland 2020. In: *Statista*. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1180829/umfrage/umfrage-zum-verwendungszweck-eines-e-scooters-in-deutschland/. (08.02.2023).

Statista (2022): Statista Mobility Market Outlook: E-Scooter-Trend flacht langsam ab. In: *Statista Infografiken*. https://de.statista.com/infografik/25649/umsaetze-und-nutzer-im-segment-e-scooter-sharing-in-deutschland/. (14.09.2022).

Statista (2023): Bekannteste E-Roller Sharingdienste in Deutschland 2022. In: *Statista*. https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1351803/umfrage/bekannteste-e-roller-sharingdienste-in-deutschland/. (08.02.2023).

Umweltbundesamt (2022): Entwicklung der spezifischen Treibhausgas-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2021. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. *https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-04-13_cc_15-2022_strommix_2022_fin_bf.pdf*.

VDV (2020): E-Scooter-Projekte in Deutschland. In: *Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV)*. https://www.vdv.de/new-mobility-projekte.aspx. (08.02.2023).

VOI Technology AB (2021): Safer streets with shared micromobility - Voi's Annual Safety Report. VOI Technology AB. *https://www.voi.com/wp-content/uploads/2021/06/Voi_Safety-Report_2021.pdf* (14.12.2022).

Weschke, J.; Oostendorp, R.; Hardinghaus, M. (2022): Mode shift, motivational reasons, and impact on emissions of shared e-scooter usage. In: *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. Vol. 112, S. 103468.

Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages (2020): E-Scooter – Gemeingebrauch oder Sondernutzung? Wissenschaftlicher Dienst des Deutschen Bundestages, Berlin. *https://www.bundestag.de/resource/blob/693762/918c7310444ff7be42b17a0cd310c541/WD-3-063-20-pdf-data.pdf* (21.03.2023).