

Carsharing in Deutschland

Stefan Schmöller, Tanja Niels, Cornelius Hardt, Katrin Lippoldt, Florian Dandl*, Klaus Bogenberger

Universität der Bundeswehr München, Institut für Verkehrswesen und Raumplanung (IVR), Werner-Heisenberg-Weg 39, 85577 Neubiberg, Deutschland

Abstract

In den letzten Jahrzehnten entwickelten sich verschiedene Carsharing-Modelle ausgehend vom stationsbasierten System, das nur Rundfahrten zuließ, bis hin zu free-floating Systemen mit flexibler Fahrzeugrückgabe innerhalb eines Geschäftsgebiets. Für Betreiber ist eine raumzeitliche Analyse der Nachfrage unabdinglich, um die Fahrzeugverfügbarkeit durch Reallokationen bestmöglich der Nachfrage anzugleichen. In diesem Artikel werden Carsharing-Systeme, aktuelle Entwicklungen, Nutzer- und Nachfrageanalysen sowie Reallokationsansätze vorgestellt.

Schlagwörter/Keywords:

Neue Mobilitätskonzepte, Verkehrsmittelwahl, Fahrgastbedürfnisse, Nutzeranforderungen, Nutzungsbarrieren

Carsharing ist ein Mobilitätsdienst mit Kraftfahrzeugen, die „einer unbestimmten Anzahl von Fahrern und Fahrerinnen auf der Grundlage einer Rahmenvereinbarung und einem die Energiekosten mit einschließenden Zeit- oder Kilometerarif oder Mischformen solcher Tarife angeboten und selbstständig reserviert und genutzt werden“ können (Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz, 2017).

Im folgenden Artikel werden zunächst verschiedene Formen des Carsharing beschrieben, bevor auf Nutzer und Nutzung der verschiedenen Systeme eingegangen wird. Im Anschluss werden die für Betreiber zentralen Themen Verfügbarkeit und Reallokation beleuchtet. Zum Abschluss folgt ein kurzer Ausblick, welche Veränderungen im Carsharing durch die Einführung autonomer Fahrzeuge zu erwarten sind.

Verschiedene Formen des Carsharing

Auch wenn heutzutage sehr viele verschiedene Formen von Carsharing existieren, so lassen sich diese immer auf zwei Grundformen zurückführen: das stationsbasierte Carsharing und das flexible (free-floating) Carsharing. Während das stationsbasierte Carsharing in Deutschland schon seit 1988 mit der Gründung von StattAuto Berlin (mittlerweile Teil von greenwheels) existiert, wurde free-floating Carsha-

ring erst im Jahr 2009 von car2go, einem Tochterunternehmen von Daimler, in Ulm eingeführt. Auch wenn bei beiden genannten Formen von Carsharing jeweils die gemeinschaftliche Nutzung der Fahrzeuge im Vordergrund steht, so unterscheiden sie sich dennoch sehr stark in ihren Charakteristika. Wie der Name schon impliziert, sind die Fahrzeuge beim stationsbasierten Carsharing an sogenannte Stationen gebunden. Als Station wird dabei jeder Parkplatz verstanden, der dem entsprechenden Anbieter fest zugewiesen ist. Da eine solche Zuweisung im öffentlichen Straßenraum rechtlich nicht erlaubt ist, befinden sich diese Stellplätze meistens auf eigens zu diesem Zweck gekauften oder gemieteten Flächen. In der einfachsten und ältesten Form des stationsbasierten Carsharing ist jedes Fahrzeug einer festen Station zugeordnet, d.h. ein Kunde muss ein gemietetes Fahrzeug an der Station zurückgeben, an der er es auch abgeholt hat. Beim free-floating Carsharing hingegen sind auch Einwegfahrten möglich. Der Betreiber definiert ein Geschäftsgebiet, innerhalb dessen fast jeder Parkplatz des öffentlichen Raums genutzt werden kann. Durch entsprechende Verträge mit der Verwaltung kann festgelegt werden, welche Parkplätze für Carsharing-Anbieter freigegeben werden und welche Gebühren der Anbieter dafür bezahlen muss. Kunden müssen dann selbst keine Parkgebühren mehr übernehmen, diese sind stattdessen im Mietpreis des Fahrzeugs bereits enthalten.

* Korrespondierender Autor.

E-Mail: florian.dandl@unibw.de (F. Dandl)

Weitere Unterschiede zwischen den Systemen findet man auch in der Bepreisung der Angebote und im Ablauf eines Mietvorgangs. Beim stationsbasierten Carsharing werden Fahrzeuge im Allgemeinen einige Zeit im Voraus reserviert und in den Mietpreis werden sowohl Dauer des Mietvorgangs, als auch die gefahrene Distanz mit einberechnet. Beim free-floating Carsharing wird der Prozess des Mietens deutlich flexibler gehandhabt. Eine Reservierung ist nicht notwendig und auch nur in begrenztem Rahmen möglich. Überschreitet die Reservierungsdauer eine festgelegte Zeitspanne, so fallen auch für die Reservierung Kosten an. Jedes Fahrzeug hat eine Anzeige, an der man erkennen kann, ob ein Fahrzeug gebucht oder frei zur Reservierung ist. Ein freies Fahrzeug kann dann durch die Smartphone-App des Anbieters oder alternativ mit einer ID-Karte entriegelt bzw. gebucht werden. Bei den beiden bekanntesten Anbietern car2go und DriveNow (mittlerweile zusammengeschlossen als SHARE NOW) werden Mietpreise ausschließlich anhand der Buchungsdauer berechnet. Da dieses Modell zeitweise zu der Kritik führt, dass Kunden aufgrund des entstehenden Zeitdrucks zu rücksichtslosem Fahrverhalten tendieren, gibt es inzwischen auch Anbieter (z.B. MILES), die primär die gefahrene Distanz bepreisen. Um Missbrauch dieses Modells auszuschließen, werden dabei für Parkvorgänge ebenfalls Kosten veranschlagt. Insbesondere in Städten mit viel Verkehr kann dieses Modell für Kunden große Vorteile haben, da durch das Stehen im Stau keine Mehrkosten anfallen.

Mit der fortschreitenden Verbreitung von Carsharing haben sich allerdings auch noch weitere Systeme entwickelt. Diese kombinieren meist einzelne Charakteristika der beiden beschriebenen Grundformen und übernehmen damit auch deren Vor- und Nachteile. Eines dieser Systeme lässt sich am besten mit dem Begriff zonenbasiertes Carsharing beschreiben und wird z.B. von Flinkster in München betrieben. Dabei werden im Stadtgebiet mehrere kleinräumige Zonen definiert (in München deckungsgleich mit den Parkraumquartieren) und jedes Fahrzeug wird einer Zone zugewiesen. Innerhalb seiner Zone verhält sich das Fahrzeug dann wie eines im free-floating Carsharing. Ein Fahrzeug muss also am Ende einer Miete immer in seine Zone zurückgebracht werden, kann dort allerdings an jedem freigegebenen Parkplatz abgestellt werden. Eine andere Mischform von Carsharing ist stationsbasiertes Carsharing mit Einwegfahrten. Hierbei sind die Fahrzeuge zwar wiederum an Stationen gebunden, allerdings werden Einwegfahrten zwischen den Stationen erlaubt, d.h. die Fahrt kann an einer anderen Station enden als sie begann. Ein solches System wird in Deutschland bisher allerdings noch nirgends angeboten und wurde z.B. in Paris von Autolib' aufgrund hoher Verluste nach wenigen Jahren eingestellt. Andernorts sind solche Systeme allerdings nach wie vor anzutreffen, z.B. in Singapur (BlueSG) oder Shanghai (EVCARD).

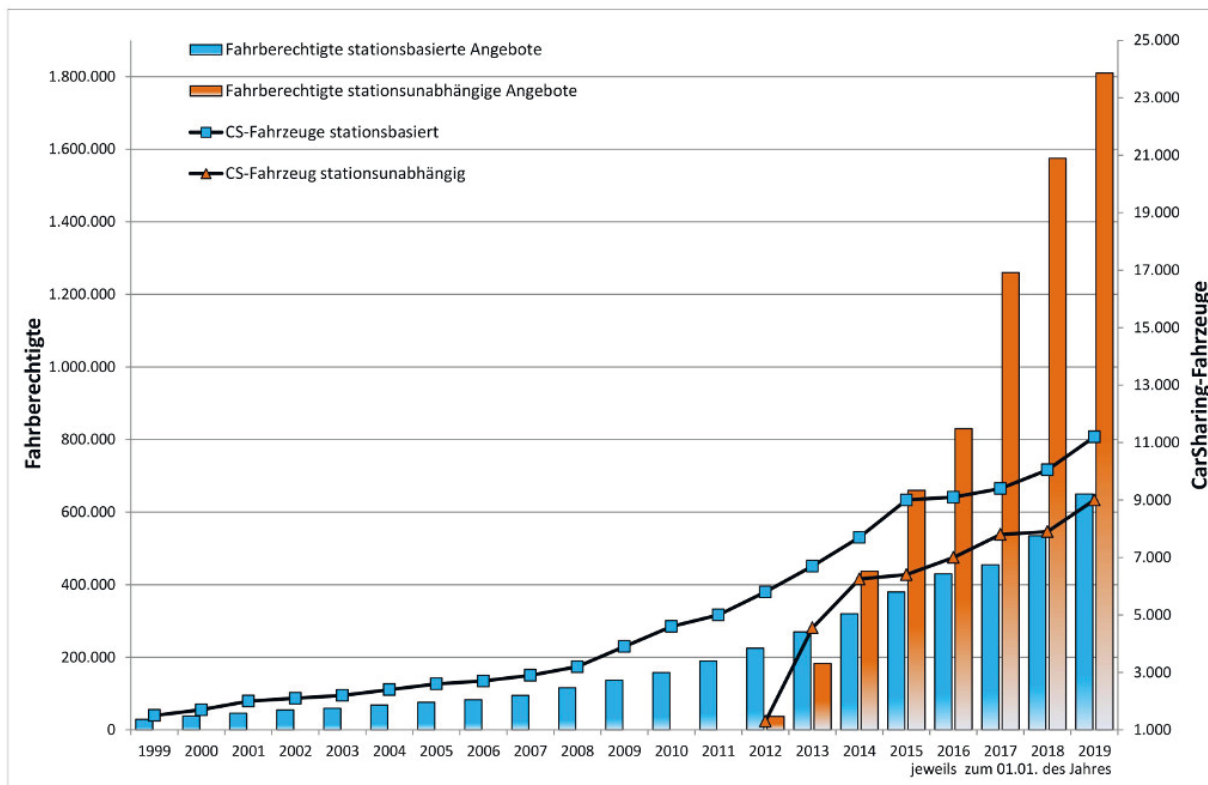
Einen Schritt weiter als die bisherigen Systeme geht ein erst kürzlich vom deutschen Autovermieter Sixt gestartetes Carsharing-System. Während alle bisher existierenden An-

bieter jeweils nur lokal innerhalb eines Stadtgebietes operieren (egal ob mit Stationen oder einem begrenzten Geschäftsgebiet) und maximal den Wechsel zwischen zwei fest definierten, nahegelegenen Geschäftsgebieten wie Köln und Düsseldorf zulassen, gibt es hier auch die Möglichkeit, überregionale Fahrten durchzuführen. Fahrzeuge können wie beim free-floating Carsharing in einem Geschäftsgebiet angemietet werden und gegen einen Aufpreis auch in jedem anderen Geschäftsgebiet oder an einer beliebigen Sixt-Station zurückgegeben werden. Derzeit bietet die Firma Sixt ihr Carsharing-Produkt in 3 großflächigen Geschäftsgebieten (Berlin, Hamburg und München) sowie in 8 weiteren Städten mit ausgewählten Standorten an. Möglich wird dies durch die, im Vergleich zu anderen Anbietern, deutschlandweit sehr viel größere Flotte. Dadurch kann überall ausreichend Verfügbarkeit gewährleistet werden, selbst, wenn viele überregionale Fahrten durchgeführt werden sollten.

Alle bisher beschriebenen Systeme sind betreiberbasiert. Der Betreiber ist Eigentümer der Fahrzeuge, legt das Tarifsystem fest und kann die gesamten Erträge aus den Fahrzeugmieten für sich verbuchen. Im Gegenzug ist er auch verantwortlich für Pflege und Wartung der Fahrzeuge, übernimmt Parkgebühren und Tankkosten und stellt einen Versicherungsschutz zur Verfügung. Als Gegenentwurf dazu hat sich insbesondere in den USA das peer-2-peer Carsharing weit verbreitet. Bei diesem System können Privatpersonen (oder auch Firmen) ihre eigenen Fahrzeuge zur Miete bereitstellen. Dazu stellt der Betreiber des Systems eine Internetplattform zur Verfügung, auf der man sein Fahrzeug anbieten kann, auf der aber auch potentielle Mieter nach Fahrzeugen suchen können. Jeder Vermieter kann dabei die Tarife für die Nutzung seines Fahrzeugs selbst festlegen. Der Ertrag aus einer Miete wird dann zwischen dem Vermieter und dem Betreiber der Plattform aufgeteilt, wobei der Vermieter den deutlich größeren Anteil erhält. Im Gegenzug übernimmt der Betreiber üblicherweise auch nur die Kosten für den Versicherungsschutz der Fahrzeuge. Bei dem Anbieter Turo z.B. ist der Vermieter für Pflege und Wartung zuständig (sofern nicht ein Mieter nachweisbare Verschmutzung hinterlassen hat) und der Mieter übernimmt Parkgebühren und Tankkosten. Dennoch kann sich ein solches System für alle auszahlen. Der Betreiber der Plattform kommt insbesondere mit deutlich niedrigeren Personalkosten aus, als Vermieter kann man mit seinem Fahrzeug Geld verdienen zu Zeiten, in denen es sonst ungenutzt wäre, und als Mieter hat man im Vergleich zu betreiberbasierten Carsharing-Systemen meist eine deutlich vielseitigere (und kostengünstigere) Auswahl an Fahrzeugen.

Nutzer von Carsharing-Systemen

Mittlerweile ist es in Deutschland in fast jeder mittleren bis größeren Stadt möglich, ein Carsharing-Fahrzeug zu finden. Für diese flächendeckende Ausbreitung sind insbeson-

Abbildung 1: Entwicklung der Mitgliederzahlen und Fahrzeuganzahlen im Carsharing in Deutschland. Quelle: Bundesverband Carsharing e.V.

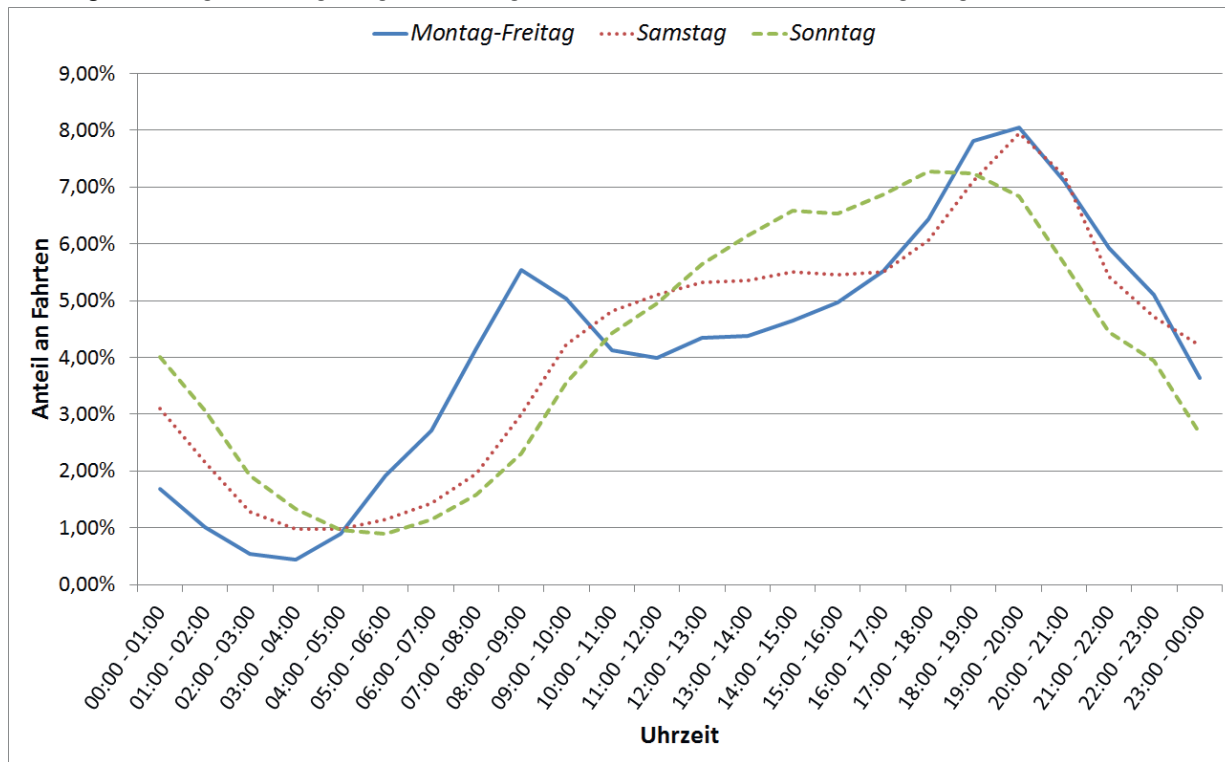
dere stationsbasierte Angebote verantwortlich, während free-floating Carsharing bisher nur in einigen Großstädten angeboten wird. Die Einführung dieser Angebote führte allerdings zu einem regelrechten Carsharing-Boom, wie auch aktuelle Zahlen des Bundesverbands Carsharing e.V. in Abbildung 1 zeigen.

Umfassende Studien unter Carsharing-Nutzern wie das Projekt WiMobil ("WiMobil", 2016) oder die aktuelle Mobilitätsstudie MiD 2018 (infas et al., 2018) zeigen dabei, dass diese Entwicklung überwiegend von einem eher kleinen Teil der Bevölkerung vorangetrieben wird. Die wichtigsten Merkmale, mit denen sich der Großteil der Carsharing-Mitglieder beschreiben lässt, lauten männlich, jung, höher gebildet und besserverdienend als der Durchschnitt. Die aktuelle MiD zeigt, dass ca. 62% der Carsharing-Mitglieder männlich sind und ca. 80% aller Mitglieder zwischen 18 und 49 Jahren alt sind, wobei der größte Anteil mit 32% in der Gruppe der 30 bis 39-jährigen zu finden ist. Das höhere Bildungsniveau zeigt sich insbesondere im Anteil der Fachhochschul- bzw. Universitätsabschlüsse. Während nur 22% der Nicht-Mitglieder einen solchen Abschluss haben, ist dieser Anteil bei den Mitgliedern mit 66% dreimal so groß. Beim durchschnittlichen Haushaltseinkommen zeigt sich ein ähnliches Bild. Während nur 10% der Carsharing-Mitglieder in Haushalten mit einem Nettoeinkommen von unter 2.000€ leben und dafür ca. 28% in Haushalten mit einem Einkommen von mehr als 5.000€ liegen diese Anteile bei Nicht-Mitgliedern bei 20% bzw. 17%.

Diese Merkmale sind dabei nicht nur typisch für deutsche Carsharing-Anbieter, sondern werden auch international in entsprechenden Studien bestätigt (Martin & Shaheen, 2011; Transportation Research Board and National Academies of Sciences, Engineering, 2016). Man muss allerdings auch festhalten, dass unterschiedliche Arten von Carsharing leicht unterschiedliche Zielgruppen ansprechen. In der Studie WiMobil zeigte sich, dass das Durchschnittsalter der Mitglieder beim stationsbasierten Anbieter Flinkster deutlich höher liegt als das der Mitglieder beim free-floating Carsharing von DriveNow. Außerdem geben diese Studien (wie z.B. auch Abbildung 1) jeweils ein Abbild der gesamten Mitgliedschaft. Hier werden also auch Personen berücksichtigt, die sich zwar bei einem Anbieter angemeldet haben, möglicherweise aber noch nie ein Carsharing-Fahrzeug genutzt haben. Insbesondere aus der Sicht eines Betreibers wäre es allerdings von deutlich größerem Interesse, zu wissen, wer Carsharing tatsächlich aktiv nutzt, um daraus abzuleiten, in welchen Städten und Regionen noch Potential vorhanden sein könnte.

Zeitliche Nutzungsanalyse

Für den Carsharing-Anbieter ist es nicht nur interessant, wer Carsharing nutzt, sondern auch wie es genutzt wird. Diese Frage lässt sich am besten beantworten, indem man bereits vorliegende Nutzungsdaten auf wiederkehrende Mus-

Abbildung 2: Verteilung der Buchungshäufigkeiten nach Tageszeit. Quelle: Schmöllner, Weigl, Müller & Bogenberger, 2015

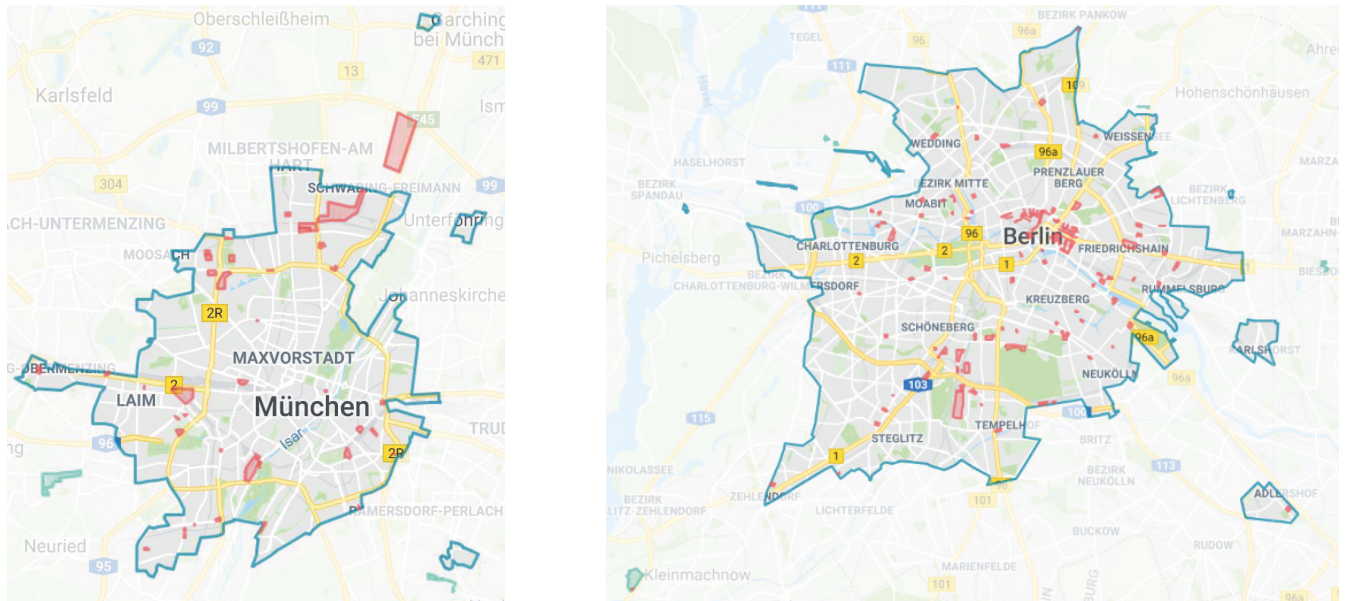
ter analysiert. Derartige Muster zeigen sich insbesondere in der tageszeitlichen Entwicklung der Buchungshäufigkeiten. Eine solche Tagesganglinie ist in Abbildung 2 zu sehen und zeigt die unterschiedlichen Verläufe der Buchungshäufigkeiten an verschiedenen Tagen bei DriveNow.

An den Tagen von Montag bis Freitag sind die Unterschiede eher gering, weshalb diese in einer Kurve zusammengefasst wurden. An diesen Tagen ist sowohl eine deutliche Morgen- als auch Abendspitze zu erkennen. An Wochenenden hingegen ist keine deutliche Morgenspitze erkennbar. Vielmehr verteilen sich die Buchungen gleichmäßig über den Tag, wobei sich zumindest samstags noch eine Abendspitze zeigt. Erkennbar ist auch, dass an Wochenenden ein deutlich höherer Anteil der Fahrten in der Nacht durchgeführt wird. All diese Eigenschaften lassen sich beispielsweise durch die Fahrtzwecke, die in WiMobil herausgefunden wurden, erklären. Dort zeigte sich, dass im free-floating Carsharing sehr viele Fahrten für Freizeitaktivitäten, insbesondere solche, die bevorzugt abends an Wochenenden stattfinden, durchgeführt werden. Aber auch Fahrten nach Hause, zum Einkaufen und mit Arbeitsbezug (zur Arbeit bzw. Dienstreise) waren sehr häufige Nennungen.

Räumlich-zeitliche Nutzungsanalyse

Die übergreifende Analyse der Nutzung von free-floating Carsharing-Systemen ist durch Tagesganglinien und Buchungshäufigkeiten gekennzeichnet, welche eine mak-

roskopische Analyse des Gesamtsystems ermöglichen. Aus Sicht des Betreibers ist indes eine genauere Analyse, insbesondere im mikroskopischen Bereich, unerlässlich, um die operativen Kennzahlen eines Systems sauber erfassen zu können. Hierzu sind vor allem die geographische Verortung der Nachfrage und die Systemperformance bezüglich dieser Nachfrage von besonderem Interesse. Ausgehend von einem klassischen Geschäftsgebiet, wie in Abbildung 3 dargestellt, ergeben sich hier einige Herausforderungen. Die in der Praxis entworfenen Geschäftsgebiete sind im Allgemeinen ein Resultat verschiedener Überlegungen; eine wichtige Rolle spielen unter anderem die Bevölkerungsdichte, die Anzahl potentieller Nutzer und die Möglichkeit, Fahrzeuge legal abzustellen. Ein Geschäftsgebiet soll für potentielle Nutzer möglichst attraktiv und für den Betreiber möglichst profitabel sein. Wie in Abbildung 3 zu sehen, schließen die Geschäftsgebiete in München und Berlin neben den Stadtzentren auch größere Teile der Stadtgebiete sowie einige Satelliten ein. Die blau umrandeten Bereiche zählen zu dem Kerngeschäftsgebiet, in dem der Nutzer seine Fahrt ohne zusätzliche Kosten beenden kann. Im Vergleich dazu gibt es verschiedene hellblau umrandete Satelliten, bei denen der Betreiber eine Gebühr für das Abstellen erhebt. Gründe für diese Gebühr sind entweder zusätzliche Parkkosten für den Betreiber (Bsp. Flughäfen) oder lange Standzeiten in nachfrageschwachen Gebieten, bei denen die Fahrzeuge häufig durch den Betreiber ins zentrale Geschäftsgebiet zurückgeführt werden müssen. Weiterhin sind innerhalb des Geschäftsgebiets Zonen definiert, in welchen der Service

Abbildung 3: Geschäftsgebiete DriveNow in München (links) und Berlin (rechts). Quelle: www.drive-now.com

explizit nicht angeboten wird, und Fahrzeuge daher nicht abgestellt und wieder angemietet werden können. Gründe dafür können temporäre Halteverbote aufgrund von Veranstaltungen, oder generelle Parkverbote in zum Beispiel Anwohnerparkgebieten oder auf größeren privaten Parkflächen sein.

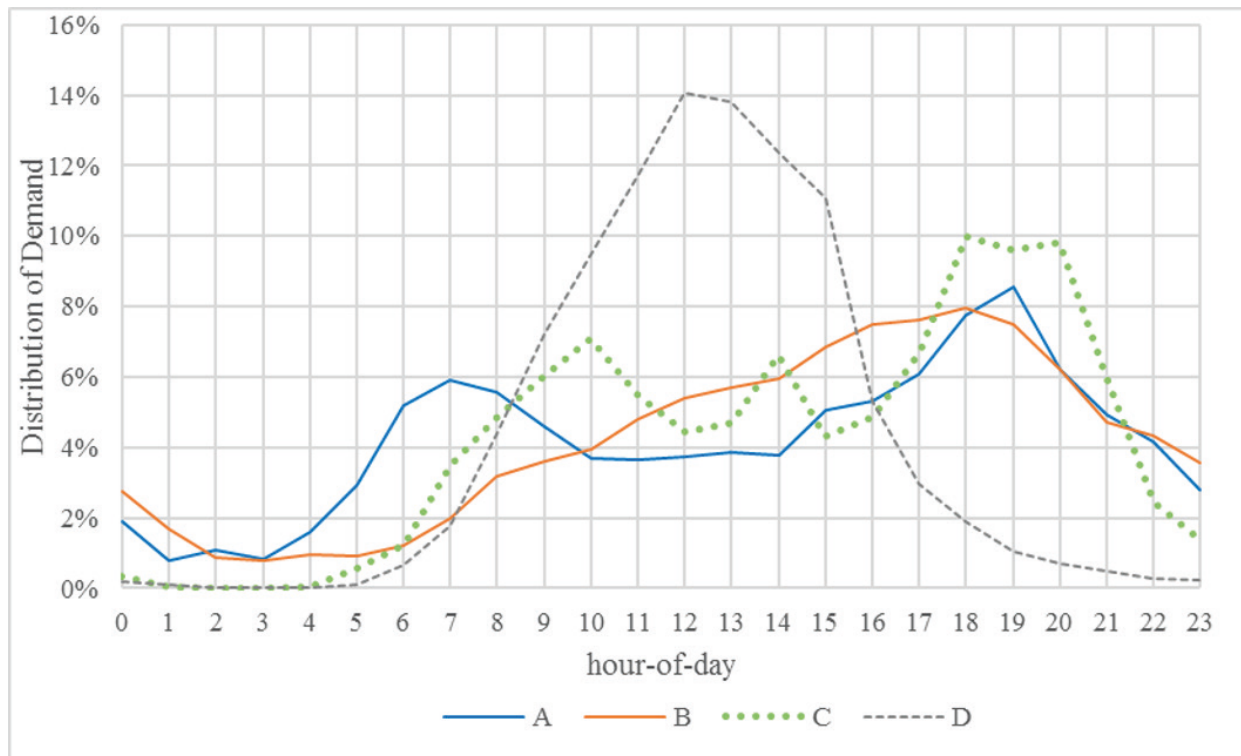
Um in einem derartigen Geschäftsgebiet mikroskopische Analysen durchführen zu können, ist eine Partitionierung in kleinere Bereiche notwendig. In der aktuellen Forschung haben sich hierzu im Wesentlichen zwei verschiedene Vorgehensweisen etabliert. Einerseits die punktuelle Betrachtung, bei der Kreise oder Polygone um Punkte von Interesse, wie bspw. Mobilitätsstationen, definiert werden, andererseits die Partitionierung des gesamten Geschäftsgebietes in gleichmäßige, flächendeckende Zellen wie Quadrate oder Hexagone. Für die Resultate einer flächendeckenden Partitionierung ist zu empfehlen, diese im Nachgang zu überarbeiten, um bspw. Areale, die nur Seen, Flüsse, oder Privatgelände umfassen, für spätere Analysen außen vor zu halten.

Die Partitionierung in Teilflächen ermöglicht es, verschiedene Zonen miteinander zu vergleichen, indem innerhalb der einzelnen Teilgebiete verschiedene Kenngrößen ermittelt werden (Hardt & Bogenberger, 2018). Als relevante Kenngröße bietet sich die Nachfrage an, um die Wahl des Geschäftsgebietes besser betriebswirtschaftlich messen zu können. Hierbei sind kumulierte Werte zwischen Arealen vergleichbar, wie auch die generellen Nachfragemuster („demand patterns“). Während die kumulierten Werte der Nachfrage einen Rückschluss über die generelle Nutzungsbereitschaft und -akzeptanz erlauben, zeigen die Nachfragemuster tägliche Nutzungsschemata und das Zusammenspiel im Kontext der täglichen Bewegungsmuster. Wie in Abbildung 4 zu sehen, können die Nachfragemuster der unter-

suchten Areale verschiedenen Schwankungen unterliegen. Die Identifikation derartiger Differenzen erlaubt es einerseits, die Fahrzeugflotte nach nachfragespezifischen Eigenschaften zu steuern, andererseits aber auch die preisliche Steuerung des Angebots. Durch den Vergleich der Areale im Bereich der Nachfrage lassen sich Bereiche mit gleichen Charakteristika im Geschäftsgebiet identifizieren. Wie in Abbildung 4 bereits erkennbar, wurden verschiedene Areale (Hardt & Bogenberger, 2018) zu Clustern mit gleichartiger Nachfragekurve zusammengefasst. Wesentliches Ergebnis war hier, dass insbesondere die innerstädtischen Bereiche ähnliche Nachfragemuster haben, welche auch denen in einigen Satellitenbereichen ähneln, und in Abbildung 4 als Cluster B dargestellt sind. Bereiche am Stadtrand haben hingegen andere Nachfragekurven, hier als Cluster A dargestellt. Diese Ergebnisse decken sich mit anderen Studien (Boldrini, Bruno, & Conti, 2016). Weiterhin ist anzumerken, dass einige Areale im Bereich der Nachfrage eigene Nachfragemuster bilden, welche sich von denen der anderen Cluster abheben. Durch Analyse dieser Strukturen lassen sich so ortsspezifische Muster innerhalb eines Sharing-Systems besser erkennen und dem Betreiber ist es möglich, die Flottenverteilung mittels Reallokationen entsprechend zu steuern.

Verfügbarkeit und tatsächliche Nachfrage

Neben der Analyse der Nachfrage muss für ein vollständiges Bild des Systems auch die Möglichkeit der Kunden betrachtet werden, überhaupt ein Fahrzeug anmieten zu können. Hierbei ist die klare Abgrenzung von Verfügbarkeit und Fahrzeugangebot wichtig. Während sich die Verfügbarkeit (Availability) innerhalb eines Areals und eines bestimmten Zeitraumes über den Anteil der Zeit definiert, in dem min-

Abbildung 4: Nachfragemuster verschiedener Arealcluster, Quelle: Hardt & Bogenberger, 2018

destens ein Fahrzeug zur Anmietung bereitsteht, wird unter dem (Fahrzeug-)Angebot (Supply) die Anzahl an Fahrzeuge verstanden, welche innerhalb des Areals und des bestimmten Zeitraums durchschnittlich zur Verfügung standen. Die Verfügbarkeit ist damit ein qualitativer Begriff, welcher die zeitliche Verfügbarkeit darstellt, während das (Fahrzeug-)Angebot als quantitativer Begriff die Mengen der verfügbaren Fahrzeuge repräsentiert. Die Interpretation dieser Kennzahlen durch Kunden und Betreiber unterscheidet sich hier erheblich: Während Kunden eine möglichst hohe Verfügbarkeit an ihrem aktuellen Standort und die Auswahl zwischen verschiedenen Fahrzeugen, also ein hohes Angebot, wünschen, ist ein Betreiber eines solchen Systems eher daran interessiert, dass möglichst viele Fahrzeuge gleichzeitig in Nutzung sind, bzw. das Angebot an möglichst vielen nachfragerlevanten Orten verfügbar ist. Im Gegensatz zum Kunden sieht der Betreiber das gleichzeitige Angebot mehrerer Fahrzeuge innerhalb eines Areals daher als wenig erstrebenswert an, so dass in diesem Zusammenhang auch vom Verfügbarkeitsdilemma gesprochen werden kann.

Bei der Bestimmung eines optimalen Fahrzeugangebots je Areal ergibt sich für den Betreiber das Problem, dass die Nachfrage nach seinem Carsharing-Angebot nicht alleine aus den Nutzungsdaten gemessen werden kann. Die tatsächliche Nachfrage besteht nicht nur aus ausgeführten Buchungen, sondern auch aus Buchungswünschen, welche aufgrund fehlender Verfügbarkeit von Fahrzeugen oder der aktiven Ablehnung der zur Verfügung gestellten Fahrzeug/Preis-Kombinationen nicht realisiert wurden. Aus diesem

Grund wurden zusätzlich zu den Nutzungsdaten auch Daten aus den eingesetzten Smartphone-Apps untersucht (Niels & Bogenberger, 2017). Allerdings geben auch diese Daten keinen vollständigen Aufschluss über die tatsächliche Nachfrage: inwieweit ein Kunde Apps nutzt, um direkt eine Fahrzeugmiete zu starten, oder nur eine generelle Information zur Verfügbarkeit sucht, bleibt weitgehend unklar. Als alternativen Ansatz schlagen Hardt und Bogenberger zur Bestimmung der Nachfrage den Einsatz von Unconstraining-Methoden vor, die Nutzungsdaten und Verfügbarkeit gleichzeitig analysieren und zum Beispiel in der Hotel- und Flugbranche angewendet werden (Hardt & Bogenberger, 2019).

Reallokation

Die bereits erwähnte fehlende Fahrzeugverfügbarkeit ist nicht zwangsläufig Folge einer hohen Fahrzeugauslastung. Vielmehr kann sie auch Folge eines Problems sein, von dem fast alle Carsharing-Systeme mit Einwegfahrten betroffen sind und durch räumlich-zeitliche Analysen identifiziert werden können. Insbesondere in den Spitzenstunden sind einige Bewegungsmuster erkennbar, die einen großen Teil der Flotte betreffen, z.B. morgens von Wohngebieten ins Stadtzentrum bzw. in Gebiete mit vielen Arbeitsplätzen und Geschäften (Schmöllner et al., 2015). Dies führt dazu, dass wiederholt eine große Anzahl an Fahrzeugen an Orten steht, an denen sie zum jeweiligen Zeitpunkt nicht benötigt wird. Im Gegensatz dazu kann teilweise Nachfrage nicht erfüllt wer-

den, da in den entsprechenden Gebieten keine Fahrzeuge (mehr) vorhanden sind. Es liegt somit eine unausgewogene Fahrzeugverteilung vor. Da der Betreiber aber möglichst viele Fahrtwünsche erfüllen will, liegt es in seinem Interesse, durch Reallokationen wieder eine für ihn möglichst vorteilhafte Fahrzeugverteilung herzustellen. Dabei unterscheidet man zwischen betreiberbasierten und nutzerbasierten Reallokationen.

Betreiberbasierte Reallokation

Diese Reallokationen werden von Mitarbeitern oder Dienstleistern ausgeführt. Die Schwierigkeit hierbei liegt in der Entscheidung, welche Fahrzeuge umgeparkt werden sollen und wo sie am wahrscheinlichsten benötigt werden. Diese Entscheidung alleine reicht aber noch nicht aus, um eine möglichst optimale Reallokationsstrategie zu entwickeln. Man muss dazu z.B. auch die Anzahl verfügbarer Mitarbeiter oder die Kosten einer einzelnen Reallokation beachten. Um all diese Aspekte in einem Modell zu berücksichtigen, hat es sich bewährt, all diese Restriktionen in einem Optimierungsproblem abzubilden (Jorge, Correia, & Barnhart, 2014; Weikl & Bogenberger, 2016). Darin können alle Beschränkungen als Nebenbedingungen eingebunden und die Zielsetzung (z.B. Gewinnmaximierung oder minimale Anzahl unerfüllter Fahrtwünsche) in einer entsprechenden Zielfunktion abgebildet werden. Weikl und Bogenberger untersuchten mithilfe von Feldtests die Auswirkungen gezielter Reallokationen auf Umsatz und Standzeiten und konnten Reduktionen der mittleren Standzeiten in der Gesamtflotte von bis zu 18% sowie eine Umsatzsteigerung zwischen 4,7% und 5,8% beobachten. Für diese Ergebnisse wurden zwischen 32 und 36 Fahrzeuge von 6 bis 8 Fahrern in 5-7 Stunden transferiert. Alle Umsetzungen wurden jeweils in Nächten von Sonntag auf Montag durchgeführt (Weikl & Bogenberger, 2016). Im Realbetrieb sind solche Fahrten kostenintensiv und hohe Nachtzuschläge sowie Parkplatzmangel an den Zielorten führen dazu, dass Reallokationen eher am Tag durchgeführt werden, obwohl dies zur Folge hat, dass die Fahrzeuge während dieser Zeit nicht für Kunden zur Verfügung stehen.

Nutzerbasierte Reallokationen

Bei dieser Art der Reallokation werden verschiedene Ansätze verwendet, um Nutzer zu belohnen, wenn sie Fahrzeuge bewegen, die in nachfrageschwachen Gebieten stehen. Dabei können zwei Arten von Anreizen unterschieden werden: das Angebot von reduzierten Preisen auf der einen Seite und die Gutschrift von Boni für zukünftige Fahrten auf der anderen Seite. Beide Angebote werden vom Betreiber für einzelne Fahrzeuge meist nach längerer Standzeit eingestellt und sind in der App für den Kunden sichtbar. Die reduzierten Preise werden ohne eine besondere Einschränkung

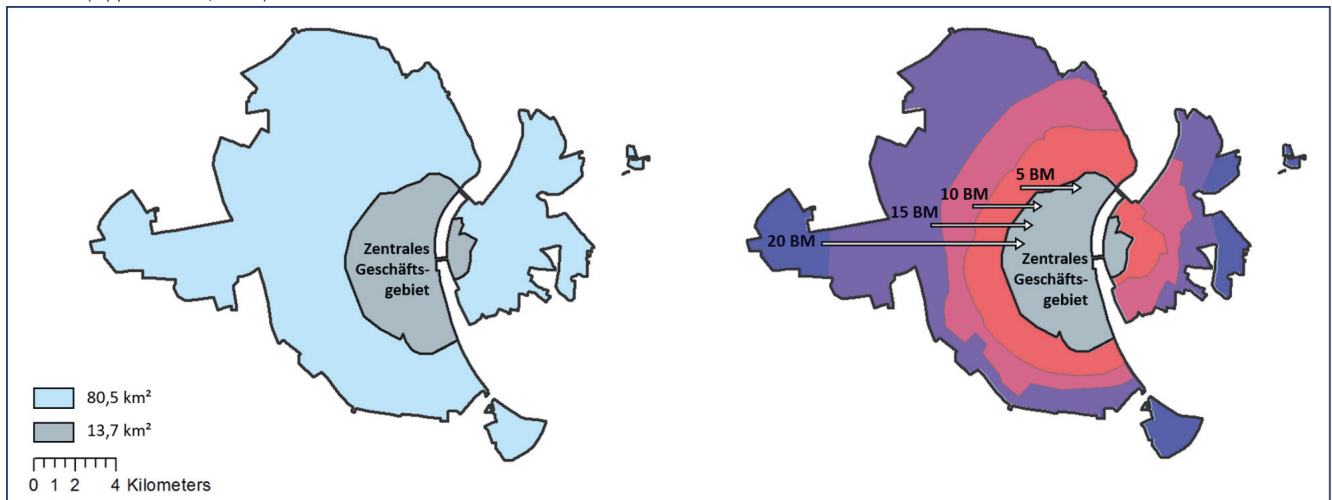
des Rückgabegebiets gewährt, während die Boni nur dann gutgeschrieben werden, wenn der Nutzer seine Fahrt innerhalb eines vorher definierten Bereichs des Geschäftsgebiets beendet. Ziel der Angebote ist es, die kostenintensiven betreiberbasierten Reallokationen zumindest teilweise zu ersetzen und die Verteilung der Fahrzeuge innerhalb des Geschäftsgebietes zu verbessern.

In den beiden Studien von Lippoldt et al. untersuchten die Autoren das Potenzial nutzerbasierter Reallokationen am Beispiel eines free-floating Carsharing-Systems in den Städten Mailand und Köln (Lippoldt, Niels, & Bogenberger, 2018, 2019). In beiden Städten identifizierte der Betreiber nachfragestarke Zonen im Zentrum und nachfrageschwächere Zonen im Randbereich des Geschäftsgebiets. Aus diesem Grund sind die Geschäftsgebiete wie in Abbildung 5 links dargestellt jeweils zweistufig definiert und der Betreiber setzt die oben genannten preislichen Anreize ein, um im zentralen Geschäftsgebiet eine höhere Verfügbarkeit zu erreichen und langen Standzeiten der Fahrzeuge in den Randbereichen entgegenzuwirken. Die Autoren analysierten unter anderem, wie gut die Angebote von den Kunden angenommen wurden und ob die Fahrzeugverteilung durch die vergünstigten Fahrten verbessert werden konnte.

Preisliche Anreize werden aufgrund der aktuellen Angebots- und Nachfragesituation für einzelne Fahrzeuge manuell vergeben. In beiden Städten entspricht der vergünstigte Minutenpreis, je nach eingestelltem Rabatt, einer Preisreduktion von ca. 30-40%. In Mailand werden je nach eingestelltem Angebot 15 oder 20 Bonusminuten gutgeschrieben, wenn das entsprechende Fahrzeug im zentralen Geschäftsgebiet zurückgegeben wird, in Köln sind die Bonusminuten in Abhängigkeit der Distanzen gestaffelt (siehe Abbildung 5 rechts). Die Analyse der Fahrzeugstandzeiten und der sogenannten Take Rate, also dem Prozentsatz an Angeboten, die tatsächlich zu einer Buchung führten, deutet darauf hin, dass die Bonusminuten von den Kunden in Mailand besser angenommen werden als die reduzierten Minutenpreise (Lippoldt et al., 2018). Allerdings lassen sich genaue Präferenzen und die Auswirkungen auf die Standzeiten der Fahrzeuge nur schwer quantifizieren. Während ein Fahrzeug im Außenbereich des Geschäftsgebiets in Mailand zwischen zwei Fahrten im Durchschnitt 520 Minuten steht, sind es zwischen dem Einstellen eines Angebots und der Buchung einer rabattierten Fahrt im Mittel nur ca. 300 Minuten. Dabei muss jedoch beachtet werden, dass die Fahrzeuge durchschnittlich bereits ca. 640 Minuten in einem nachfrageschwachen Bereich stehen, bevor sie mit einem Angebot versehen werden. Der Erfolg eines Angebots hängt zudem von zahlreichen weiteren Faktoren ab, wie zum Beispiel der genauen Position des Fahrzeugs und der Uhrzeit der Angebotseinstellung.

Insgesamt wurden Fahrzeuge in Mailand bei 89% der Buchungen mit Bonusminuten im zentralen Geschäftsgebiet zurückgegeben, bei Fahrten mit reduziertem Minutenpreis (und ohne Einschränkung des Rückgabegebiets) waren es im-

Abbildung 5: Übersicht des Geschäftsgebiets in Köln. Links: zweistufiges Modell, rechts: Staffelung der angebotenen Bonusminuten, Eigene Darstellung auf Basis von (Lippoldt et al., 2019).



merhin 81%. Da bei Fahrten mit Bonusminutenangebot das Rückgabegebiet durch den Betreiber definiert ist, hängt die Verbesserung der Fahrzeugverteilung in diesem Fall maßgeblich davon ab, wie gut dieses Gebiet gewählt wurde. Gerade bei diesem Angebot ist ein deutlicher Mitnahmeeffekt sichtbar: Kunden nutzen das Angebot, mieten ein entsprechend rabattiertes Fahrzeug und stellen es direkt hinter der Grenze des zentralen Geschäftsgebiets ab. Dieser Effekt zeigt sich auch bei den Fahrdauern: mehr als 35% der Fahrten mit Bonusminutenangebot in Mailand sind kürzer als 10 Minuten. Während die durchschnittliche Fahrdauer bei Fahrten mit reduziertem Minutenpreis ca. 32 Minuten betrug, waren es bei Fahrten mit Bonusminutenangebot nur ca. 19 Minuten. Bei einer durchschnittlichen Fahrdauer von ca. 26 Minuten entsprechen 20 Bonusminuten einer Preisreduktion von ca. 75% Prozent bei der nächsten Fahrt. Während sich bezüglich der nutzerbasierten Reallokation in Köln grundsätzlich ähnliche Ergebnisse zeigten wie in Mailand, wird dem hier beschriebenen Mitnahmeeffekt in Köln durch die Staffelung der Bonusminuten entgegengewirkt (Lippoldt et al., 2019).

Wenn das Geschäftsgebiet und die Angebote sinnvoll gestaltet sind, können preisliche Anreize demnach unterstützend eingesetzt werden, um die Fahrzeugverteilung und -auslastung zu verbessern. Sie können betreiberbasierte Reallokationen allerdings nicht vollständig ersetzen: Wenn ein Fahrzeug sehr zeitnah bewegt oder in einen genau definierten Bereich gefahren werden soll, sind nutzerbasierte Reallokationen weniger geeignet. Zudem werden betreiberbasierte Reallokationen häufig mit zusätzlichen Dienstleistungen, wie zum Beispiel der Fahrzeugreinigung, dem Tanken oder dem Laden verbunden.

Ausblick

In Zukunft kann durch die Verwendung autonomer Fahrzeuge der Carsharing-Betrieb deutlich effizienter gestaltet

werden. Großräumige Reallokationen zwischen verschiedenen Arealen und sonstige Servicefahrten können deutlich günstiger durchgeführt werden, weil kein Personal involviert ist. Dadurch fallen sowohl die Zeitkosten des Personals weg, als auch die Transportkosten, die beim Befördern des Personals zu den jeweiligen Fahrzeugen entstehen. Zusätzlich verändert sich das Einzugsgebiet, das durch ein Fahrzeug abgedeckt werden kann, da die Fahrzeuge zum Kunden fahren können. Während bei Carsharing der maximal akzeptable Fußweg von Kunden das Einzugsgebiet eines Fahrzeugs auf ca. 300-500 m begrenzt (Seign, Rene; Bogenberger, 2012), ist zu erwarten, dass bei einem autonomen Mobilitätsdienst die maximale Wartezeit den wichtigsten limitierenden Faktor darstellt. Eine Studie, die sich auf Uber beruft, gibt 6 Minuten als maximale Wartezeit an (Spieser et al., 2016). Bei einer angenommenen Geschwindigkeit von 30 km/h erhöht sich damit das Einzugsgebiet eines Fahrzeuges auf 3 km.

Mit Hilfe von Simulationen kann dieser Effizienzgewinn gemessen werden. In einer Studie, in der die Nachfrage für einen autonomen Mobilitätsdienst auf Buchungsdaten eines Carsharing-Betreibers in München basiert, wird gezeigt, dass ein autonomes Fahrzeug in etwa drei bis vier Carsharing-Fahrzeuge ersetzen kann (Dandl and Bogenberger, 2018b). Wegen der geringeren Fahrzeuganzahl und dadurch niedrigeren Fixkosten kann davon ausgegangen werden, dass der Mobilitätsdienst wesentlich günstiger als heutiges Carsharing angeboten werden kann, allerdings zusätzliche Fahrleistung durch Leerfahrten generiert werden könnten.

Inwiefern Mobilitätsdienste mit autonomen Fahrzeugen aus Nutzersicht eher als „autonomes Carsharing-System“ (Nutzer wählt explizit Fahrzeug aus) oder „autonomes Taxi-System“ (Betreiber weist Nutzer ein Fahrzeug zu) angeboten werden, bleibt abzuwarten, allerdings gibt es Hinweise, dass es bei sehr großen Flotten Sinn ergibt, wenn der Betreiber und nicht der Kunde die Fahrzeugauswahl vornimmt (Dandl and Bogenberger, 2018a).

Literatur

Boldrini, C., Bruno, R., & Conti, M. (2016). Characterising Demand and Usage Patterns in a large station-based Car Sharing System. 2016 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS) (Vol. 2016-Sept). IEEE. <https://doi.org/10.1109/INFCOMW.2016.7562141>

Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz. (2017). Gesetz zur Bevorrechtigung des Carsharing (Carsharinggesetz – CsgG). Retrieved from <https://www.gesetze-im-internet.de/csgg/BJNR223000017.html>

Dandl, F., & Bogenberger, K. (2018a). Booking Processes in Autonomous Carsharing and Taxi Systems. In 7th Transport Research Arena, Vienna. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1451436>

Dandl, F., & Bogenberger, K. (2018b). Comparing Future Autonomous Electric Taxis with an Existing Free-Floating Carsharing System. Accepted to IEEE ITS Transactions, 1-11. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2857208>

Hardt, C., & Bogenberger, K. (2018). Empirical Analysis of Demand Patterns and Availability in Free-Floating Carsharing Systems. In 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 1186-1193). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ITSC.2018.8569700>

Hardt, C., & Bogenberger, K. (2019). Unconstraining Car-sharing Demand (in Review).

infas, DLR, IVT und infas 360 (2018): Mobilität in Deutschland (im Auftrag des BMVI). Available at: http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf (Accessed: 8 Mai 2019).

Jorge, D., Correia, G. H. A., & Barnhart, C. (2014). Comparing optimal relocation operations with simulated relocation policies in one-way carsharing systems. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 15(4), 1667-1675. <https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2304358>

Lippoldt, K., Niels, T., & Bogenberger, K. (2018). Effectiveness of different incentive models in free-floating carsharing systems: A case study in Milan. In 2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC) (pp. 1179-1185). <https://doi.org/10.1109/ITSC.2018.8569242>

Lippoldt, K., Niels, T., & Bogenberger, K. (2019). Analyzing the Potential of User-Based Relocations on a Free-Floating Carsharing System in Cologne. Transportation Research Procedia, 37, 147-154. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.177>

Martin, E. W., & Shaheen, S. A. (2011). Greenhouse gas emission impacts of carsharing in North America. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 12(4), 1074-1086. <https://doi.org/10.1109/TITS.2011.2158539>

Niels, T., & Bogenberger, K. (2017). Booking Behavior of Free-floating Car Sharing Users – Empirical Analysis of Mobile Phone App and Booking Data with Focus on BEVs. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2650), 123-132. <https://doi.org/10.3141/2650-15>

Seign, R., Bogenberger, K. (2012). Prescriptions for the successful diffusion of carsharing with electric vehicles. In Conference on Future Automotive Technology Focus Electromobility (pp. 18-19).

Schmöller, S., Weikl, S., Müller, J., & Bogenberger, K. (2015). Empirical analysis of free-floating carsharing usage: The Munich and Berlin case. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 56, 34-51. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2015.03.008>

Spieser, K., Samaranayake, S., Gruel, W., & Frazzoli, E. (2016). Shared-Vehicle Mobility-on-Demand Systems: Fleet Operator's Guide to Rebalancing Empty Vehicles. In 95th Annual Meeting of the Transportation Research Board.

Transportation Research Board and National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2016). Car-Sharing: Where and How It Succeeds. (Vol. 108). Transportation Research Board. <https://doi.org/10.17226/13559>

Weikl, S., & Bogenberger, K. (2016). Integrated Relocation Model for Free-Floating Carsharing Systems. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2563(1), 19-27. <https://doi.org/10.3141/2536-03>

WiMobil. (2016). Retrieved from <https://www.erneuerbar-mobil.de/projekte/wimobil>