

Analyse und Simulation von Free-Floating Sharing Konzepten

Masterarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades „Master of Science (M. Sc.)“ im Studiengang
Wirtschaftsingenieur der Fakultät für Elektrotechnik und Informatik, Fakultät für
Maschinenbau und der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Leibniz Universität
Hannover

vorgelegt von

Name: Ahrens



Vorname: Christian



Prüfer: Prof. Dr. M. H. Breitner

Hannover, den 1. Oktober 2020

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
Abkürzungsverzeichnis	xi
Symbolverzeichnis	xi
1 Einleitung	1
2 Motivation und (Mobilitäts-)Trends	4
2.1 Urbanisierung, Individualisierung und Digitalisierung	4
2.2 Nachhaltigkeit und Elektrifizierung	6
3 Mikromobilität in der Literatur	8
3.1 E-Scooter als neue Form der Mikromobilität	8
3.2 Forschungsmethodiken und -erkenntnisse	11
3.3 Datenbasierte Analysen	20
3.4 Agentenbasierte Simulationsframeworks	23
4 Analyse von Free-Floating Sharing Konzepten	26
4.1 Einführung in die explorative Analyse	26
4.2 Datenbeschaffung und -aufbereitung	30
4.3 Beschreibung der Geschäftsgebiete	39
4.4 Vergleich allgemeiner Kennzahlen	42
4.5 Zeitliche Analyse	45
4.5.1 Flottengrößen	45
4.5.2 Nutzungshäufigkeit	46
4.5.3 Fahrt dauern und -distanzen	49
4.5.4 Verfügbarkeit und Auslastung	52
4.6 Räumliche Analyse	54
4.6.1 Verteilung der verfügbaren Fahrzeuge im Stadtgebiet	54
4.6.2 Start- und Zielorte	55
4.6.3 Berücksichtigung soziodemografischer Bevölkerungsdaten	57
4.6.4 Detaillierte Netzwerk Betrachtung	57
4.6.5 First-/Last-Mile-Nutzung	61
4.7 Test- und Rundfahrten	66
4.8 Wettereinfluss	68
4.9 Lademanagement	71

4.10 Einschränkungen und Ausblick	79
5 Simulation von Free-Floating Sharing Konzepten	82
5.1 Multi-Agent Transport Simulation: MATSim	82
5.2 Generierung der gebietsspezifischen Inputs	86
5.3 Erweiterung um Free-Floating Sharing	87
5.4 Beispiel einer Untersuchungsdurchführung	89
5.5 Einschränkungen und Ausblick	93
6 Zusammenfassung und Fazit	95
Literatur	97
A FFS-Anbieter Tier, Nextbike und Emmy im Vergleich	109
B Quelltext: Bestimmung der angenommenen Leihdauer bei Bewegungen innerhalb eines zweiminütigen Abrufintervalls	111
C Quelltext: Ausführen der Skripte im Rahmen der Analyse	112
D Quelltext: Datenspeicherung	115
E Quelltext: Datenvorbereitung	130
F Quelltext: Datenkonsolidierung	142
G Zusätzliche Abbildungen der explorativen Analyse	155
H Quelltext: MATSim-Programmdateien	199
I Quelltext: Ausschnitt der MATSim-Konfigurationsdatei	209
J Quelltext: MATSim-Pythonskripte zur Generierung der FFS-Inputdateien	212
K Quelltext: MATSim-Pythonskript zur Verarbeitung der Events-Datei	219
L MATSim-Visualisierung	220
M Kommunikation mit Arame Niang	222
N Kommunikation mit Tier	224

1 Einleitung

Das Mikromobilitätsangebot in den Städten Europas, Amerikas und Asiens wächst. Während Bike- und E-Bikesharing-Angebote bereits in vergangenen Jahren immer beliebter wurden, sind elektrische Tretroller – die sogenannten E-Scooter – quasi über Nacht in den Straßen aufgetaucht. Innerhalb von zwei Jahren nach dem Start des ersten Dienstes durch den US-amerikanischen Mobilitätsanbieter Bird im September 2017 in Santa Monica (Kalifornien, USA) hatten E-Scooter-Sharing-Dienste bereits 626 Städte in 53 Ländern erreicht.¹ E-Scooter und andere neue Formen der Mikromobilität (MM) haben nicht nur das Potential, Touren durch die Stadt in einer unkonventionellen Geschwindigkeit zu ermöglichen, sondern auch herkömmliche Verkehrsmittel zu entlasten, Reisezeiten zu verkürzen und Anbindungen zu verbessern.² Seit ihrer Einführung werden E-Scooter in Form sogenannter Free-Floating Sharing Systeme (FFSS) angeboten.³

Free-Floating Sharing (FFS) kann als eine besonders flexible Variante des sogenannten One-Way-Sharings angesehen werden. Das bedeutet, Kunden können ein Fahrzeug innerhalb eines festgelegten Geschäftsgebiets, unabhängig von Stationen, flexibel entleihen und zurückgeben.⁴ Die wesentliche Einschränkung konventioneller Sharing-Systeme entfällt somit. Eine Reservierung im Voraus ist nicht mehr notwendig und das Fahrzeug muss nicht am selben Ort des Leihbeginns zurückgegeben werden. Dies ermöglicht auch spontane Touren sowie die Verwendung bei längeren Unternehmungen, da das Verkehrsmittel für die Dauer der Arbeits- oder Freizeitaktivität zurückgegeben und im Anschluss erneut ausgeliehen werden kann. Damit wird der Service für verschiedene Kundengruppen relevant.⁵ Da die Stationen beim FFS entfallen, kann einem deutlich größeren Teil der Stadt Zugang zu dem Angebot gewährt werden, als es typischerweise bei stationsbasierten Systemen der Fall ist.⁶ Als die Deutsche Bahn 2001 das Bike-FFSS mit dem Namen „Call a Bike“ herausbrachte, war das noch mit für die Zeit üblichen Einschränkungen verbunden. Ausleihen und Rückgaben waren nur an öffentlichen Telefonstationen möglich und der Kunde musste getreu des Namens tatsächlich „anrufen“, wenn er ein Fahrrad ausleihen wollte. Erst nachdem er die Nummer des gewünschten Fahrrads gewählt hatte, bekam er durch eine Computerstimme einen Code zum Entsperren des elektronischen Schlosses mitgeteilt. Heute sind die FFS-Fahrzeuge mit GPS-Einrichtungen versehen, die die Nutzung der FFSS sehr bequem machen. Das nächste

¹Vgl. EY (2020), S. 6. Zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Arbeit waren infolge der Corona-Pandemie deutlich weniger Dienste aktiv. Vgl. New Urban Mobility Alliance (2020).

²Vgl. Smith (2020), S. 2.

³Vgl. Tuncer und Brown (2020), S. 2.

⁴Aus Gründen der Lesbarkeit wird im Text die männliche Form verwendet, nichtsdestoweniger beziehen sich die Angaben auf Angehörige beider Geschlechter.

⁵Vgl. Ciari et al. (2014), S. 37.

⁶Vgl. Mooney et al. (2019), S. 94.

freie Fahrzeug kann einfach per Smartphone-App gefunden und ausgeliehen werden.⁷ Der Flexibilitätsvorteil geht allerdings auch mit Nachteilen einher. So gibt es keine Verfügbarkeitsgarantie und der praktische Nutzen hängt von der Wahrscheinlichkeit, ein Fahrzeug in der Nähe zu finden, und vorhandenen Alternativen ab.⁸ Die starke Verbreitung von Smartphones und die Möglichkeit, GPS-basierte Services über ausgereifte Apps anzubieten, hat effiziente FFSS ermöglicht – aber auch die räumlich-zeitliche Datenanalyse deutlich vereinfacht.⁹

Es kann die Forschungsfrage gestellt werden, welche Möglichkeiten es – insbesondere auf der Basis frei verfügbarer Informationen – gibt, derartige FFSS zu analysieren, und welche Erkenntnisse gewonnen werden können. Im Rahmen dieser Arbeit möchte ich daher unter anderem – insbesondere am Beispiel von E-Scootern, aber auch im Vergleich mit anderen FFS-Konzepten – Vorgehen zur Analyse der neuen Mobilitätsformen vorstellen.¹⁰ Dazu analysiere ich beispielhaft Daten der Anbieter Tier (E-Scooter), Nextbike (Fahrräder) und Emmy (E-Mopeds). Denn ein Aspekt dieser neuen Dienste ist besonders interessant: In einem Markt, in dem Nutzungsdaten wie individuelle Ortsveränderungen sonst nur durch aufwändige Verkehrserhebungen zu beschaffen sind, stellen die verfügbaren Kennzahlen eine wirkliche Besonderheit dar. Die untersuchten Anbieter haben in ihren Buchungssystemen Softwareschnittstellen für den Datenaustausch vorgesehen, über die Informationen wie die Positionen oder die Akkustände der verfügbaren Fahrzeuge abgefragt werden können. Im Rahmen dieser Arbeit wurden entsprechende Abfragen über einen längeren Zeitraum hinweg regelmäßig im Abstand von wenigen Minuten durchgeführt, wodurch sich ein räumlich-zeitliches Bild der Angebote ergibt.¹¹ Im Anschluss an die explorative Analyse stelle ich eine agentenbasierte Simulation als Beispiel eines alternativen Analyseansatzes vor.

Der Inhalt der Arbeit gliedert sich wie folgt: Zunächst stelle ich dar, vor welchem Hintergrund neue Mobilitätskonzepte an Bedeutung gewinnen. Daraus ergibt sich, dass auch die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit ihnen wichtig ist. Im Anschluss werden in der Literatur diskutierte Vor- und Nachteile der E-Scooter dargestellt, da ihre Einführung den Anstoß zur Erstellung dieser Arbeit gegeben hat. Im selben Kapitel stelle ich zunächst knapp Methoden und Ergebnisse ausgewählter Autoren vor, um die Verortung des Themas im wissenschaftlichen Kontext zu verdeutlichen sowie Hintergrundwissen für den weiteren Verlauf der Arbeit aufzubauen. Unter anderem gehe ich auf Auto-

⁷Vgl. Reiss und Bogenberger (2015), S. 584.

⁸Vgl. Ciari et al. (2014), S. 37.

⁹Vgl. Guidon et al. (2019), S. 25 und Reiss und Bogenberger (2015), S. 584.

¹⁰Unter FFS-Konzepten werden im Rahmen dieser Arbeit vor allem FFSS verstanden, die sich primär durch das angebotene Verkehrsmittel unterscheiden.

¹¹Vgl. Tack et al. (2019).

ren ein, die bereits MM- bzw. FFS-Konzepte datenbasiert analysiert oder agentenbasierte Simulationen durchgeführt haben. Im Hauptteil dieser Arbeit stelle ich am Beispiel der selbst erhobenen Anbieterdaten ein mögliches Verfahren vor, um diese unter Anwendung verschiedener Werkzeuge und unter Zuhilfenahme weiterer Informationen zu analysieren und zu interpretieren. Darauffolgend präsentiere ich ein agentenbasiertes Simulationsframework, das die Abbildung von (Car-)FFSS in der Interaktion mit anderen Verkehrsmitteln ermöglicht. Die Arbeit schließt mit einer Zusammenfassung und einem Fazit.

6 Zusammenfassung und Fazit

Zum Schluss sei die Arbeit an dieser Stelle kurz zusammengefasst und ein Fazit gezogen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden zunächst verschiedene Aspekte im Umfeld von FFS und MM beleuchtet und ein Überblick über angrenzende Forschungsgebiete gegeben. Daran anschließend wurde ein strukturiertes Vorgehen vorgestellt, um in Form einer explorativen Analyse Erkenntnisse aus frei verfügbaren Daten zu erlangen. Es wurde anhand der Anbieter Tier (E-Scooter) und Nextbike (Fahrräder) in Hannover sowie Tier (E-Scooter) und Emmy (E-Mopeds) in Hamburg ersichtlich, dass auf der Basis dieser Daten zwar in einem gewissen Rahmen Wissen gewonnen werden kann, es aber auch Grenzen gibt. So sind beispielsweise Bewegungen durch den Betreiber nicht eindeutig von Nutzerfahrten zu unterscheiden. Zudem ist nicht ersichtlich, ob ein Fahrzeug sehr lange ausgeliehen war oder möglicherweise eine Wartung oder Reparatur durchgeführt wurde. So müssen die bestimmten Kennzahlen wie z. B. die durchschnittliche Leih- bzw. Fahrtdauer mit Vorsicht genossen werden.

Eine Erkenntnis der explorativen Analyse ist, dass das Wetter in Form der Feuchtigkeit einen wesentlichen Einfluss auf die Nutzung der (geteilten) Mikromobilität zu haben scheint. Mit Blick auf das Lademanagement der Anbieter elektrisch angetriebener Fahrzeuge sind Unterschiede vor allem in Bezug auf die Ladezeitpunkte zu erkennen, jedoch scheinen sowohl Tier (E-Scooter) als auch Emmy (E-Mopeds) Fahrzeuge, die einen Restakkustand von etwa 20 % erreichen, im Regelfall für weitere Leihen zu sperren. Zudem werden mindestens teilweise austauschbare Akkumulatoren eingesetzt, sodass diese vor Ort gewechselt werden können und ein aufwändiges Einsammeln der vollständigen Fahrzeuge für den Ladevorgang nicht notwendig ist.²³⁶ Beweise oder Hinweise auf eine ausgeprägte First- oder Last-Mile-Nutzung konnten nicht gefunden werden, was unter anderem darauf zurückzuführen sein kann, dass die Geschäftsgebiete in bereits durch den ÖPNV sehr gut erschlossenen Bereichen liegen. Eine wesentliche Einschränkung, die nicht das Analyseverfahren an sich, sondern die Umstände im konkreten Fall betrifft, ist, dass der Untersuchungszeitraum durch die Corona-Pandemie geprägt war, wodurch viele Arbeitswege und andere regelmäßige Bewegungen entfielen sowie die Anziehungskräfte von Großveranstaltungen nicht gegeben waren. Es liegt die Vermutung nahe, dass zu anderen Zeiten klarere Muster erkennbar gewesen wären.

Im Anschluss an die explorative Analyse wurde das frei nutzbare, agentenbasierte Simulationsframework MATSim vorgestellt und beispielhaft die Auswirkung der Verdoppelung einer (Car-)FFS-Flotte untersucht. Auf der Implementierung können folgende

²³⁶Für einen Austausch zur Einordnung der Ergebnisse stand Tier leider nicht zur Verfügung. Vgl. Anhang N.

Arbeiten aufbauen.

Abschließend kann mit Blick auf die eingangs formulierte Forschungsfrage das Fazit gezogen werden, dass die Verwendung von Programmiersprachen wie Python und ein strukturiertes Vorgehen individuelle Analysen von FFSS auf der Basis frei verfügbarer Daten ermöglichen. Es kann grundlegendes Wissen über Flottengrößen oder die Verteilung der verfügbaren Fahrzeuge im Zeitverlauf generiert werden; detaillierte, fundierte Erkenntnisse über Kunden oder Relokationsaufwände, die wiederum Schlüsse auf die Wirtschaftlichkeit eines anbietenden Unternehmens ermöglichen könnten, sind hingegen nicht möglich. Für weitere Untersuchungen wird empfohlen, ein ähnliches strukturiertes Vorgehen an anbiereigenen Datensätzen anzuwenden. Die Datensätze sollten Kundenfahrten eindeutig identifizieren können und idealerweise weitere (z. B. soziodemografische) Informationen über die Nutzer enthalten. Hinsichtlich des Simulationsframeworks sollten Anpassungen vorgenommen werden, die die Abbildung geteilter MM ermöglichen.

Eine allgemeine Erkenntnis der Auseinandersetzung mit dem Thema ist, dass die Verbindung von Free-Floating Sharing und Mikromobilität ein sehr dynamisches Feld ist, in dem noch viel getestet und ausprobiert wird und das auf jeden Fall weiter – auch wissenschaftlich – beobachtet werden sollte.²³⁷

²³⁷Beispiele für aktuelle Tests bei Tier: Akkutausch durch den Kunden, integrierte Klapphelme und selbstdesinfizierende Griffe. Vgl. Floemer (2020a) und Floemer (2020b).