

Quartier Valet Parking in Wohngebieten: Simulationsmodelle zur Untersuchung der Auswirkungen autonom parkender Fahrzeuge auf den Verkehr

Kathrin Karola Viergutz, Florian Brinkmann, Benedikt Scheier (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik)

Inhalt

Inhalt	I
1 Einführung	2
2 Parken automatisierter Fahrzeuge (Stand der Forschung).....	2
3 Methodik und Zielsystem.....	3
4 Simulation	4
5 Zusammenfassung und Ausblick.....	9
6 Literatur.....	9

1 Einführung

Der ruhende Verkehr nimmt vielerorts große Flächen in Anspruch. Gerade in Wohngebieten werden hohe Anteile des öffentlichen Raums als Parkflächen genutzt. In einem menschengerechten Wohngebiet mit hoher Aufenthaltsqualität könnte dieser Parkraum anderweitig genutzt werden, beispielsweise für Aufenthaltsbereiche und Naturerlebnis, für Spielstraßen und -plätze oder für erweiterte gastronomische Außenbereiche. Zudem reichen die bereits vorhandenen großen Parkflächen in vielen Wohngebieten trotzdem nicht aus, um den Bedarf an Pkw-Stellplätzen zu decken. Der dadurch entstehende Parkdruck erzeugt Parksuchverkehr, der wiederum zu Zeitverlusten und erhöhten Emissionen führt.

Autonom fahrende und vernetzte Fahrzeuge könnten hier durch die Funktion des Quartier Valet Parkings neue Möglichkeiten des Parkraumanagements und der Nutzung der Flächen des öffentlichen Raumes bieten, indem autonome Fahrzeuge sich nach Durchführung einer Fahrt selbstständig in dafür vorgesehenen Bereichen außerhalb des Quartiers abstellen, so dass im Straßenraum keine Fahrzeuge mehr parken.

In diesem Konferenzbeitrag wird das Vorgehen einer Studie beschrieben, die das Ziel hat, die Auswirkungen dieses Konzepts zu untersuchen. Mithilfe des Verkehrssimulationstools Simulation of Urban Mobility (SUMO) werden ein mikroskopisches Verkehrsmodell aufgebaut und Simulationen durchgeführt, bei der autonome Fahrzeuge nach Durchführung einer Fahrt den Fahrgast am Ziel absetzen und anschließend selbstständig zu einem Fahrzeugdepot steuern, um dort zu parken.

Die notwendige Kapazität des Depots (Anzahl Stellplätze) sowie die Auswirkungen auf Flächenrückgewinnung und Parksuchverkehr und den Verkehrsfluss der Zufahrtsstraßen zum Depot sind Fragen, die durch die Simulation beantwortet werden sollen. Die sich zusätzlich aus der Simulation ergebenden Parameter wie beispielsweise Fahrzeugkilometer, Fahrzeit und Emissionen (Klimagase, Luftschadstoffe und Schall) sowie Flächenverbrauch des ruhenden Verkehrs unterstützen bei Aussagen zur Eignung des beschriebenen Konzepts.

2 Parken automatisierter Fahrzeuge (Stand der Forschung)

Das beschriebene Konzept basiert auf vollautomatisierten bzw. autonom fahrenden Fahrzeugen im realen Verkehrsumfeld. Die technische Voraussetzung dafür sind die Automatisierungsgrade SAE 4 und 5 (vgl. VDA 2015).

Grundsätzlich möglich ist diese Anwendung ab einem Automatisierungsgrad der Stufe SAE 4 (Vollautomatisierung mit Einschränkungen z.B. bzgl. Geschwindigkeit, ein Sicherheitsfahrer ist erforderlich). In dieser Stufe kann der Fahrer dem System vollumfängliche Fahraufgaben übertragen. So kann hier bereits ein automatisiertes Parken erfolgen. Dies beschränkt sich jedoch auf das Fahren in einem festgelegten Areal. Dazu stellt der Fahrer das Fahrzeug in einem definierten Bereich ab und gibt dem Fahrzeug den Befehl, zu parken. Um später das Fahrzeug aus der Parkstellung wieder zu reaktivieren, wird ein Befehl an das Fahrzeug gesendet, sodass dieses automatisch zurückkehrt und den Fahrer abholt (Müller 2017).

Das Valet Parking autonomer Fahrzeuge greift auf bestehende Technologien in Fahrzeugen zurück, die mit der bestehenden Infrastruktur kommunizieren. Durch die Kommunikation mit der Infrastruktur erhält das Fahrzeug die notwendigen Informationen über seine Umgebung und kann auf dieser Basis Fahrmanöver durchführen. 2019 wurde erstmals das Valet Parking autonomer Fahrzeuge im Regelbetrieb in einem Parkhaus in Stuttgart umgesetzt, wo Fahrzeuge des Automatisierungsgrads der Stufe 4 selbstständig den Parkvorgang vornehmen (Bosch 2021).

Im vorliegenden Artikel wird von einem erweiterten Valet Parking ausgegangen, bei dem die selbstständige Fahrt bereits auf dem Weg vom Zielort der Fahrgäste im Quartier (z.B. Haustür) bis zum Fahrzeugdepot erfolgt.

Zur Ausübung dieser Aktivitäten ist ein Automatisierungsgrad von SAE Level 5 notwendig, bei dem sich das Fahrzeug fahrerlos im realen Verkehrsumfeld bewegt. Im vorliegenden Artikel findet für diese erweiterte Funktionalität des Valet Parkings der Begriff des Quartier Valet Parkings Verwendung.

Zum Stand der Forschung in Bezug auf automatisierte Fahrzeuge mit der verkehrlichen Simulationssoftware SUMO ist festzuhalten, dass das Fahrzeugfolgeverhalten, welches sich bei automatisiertem Fahren vom Fahrzeugfolgeverhalten menschgesteuerter Fahrzeuge unterscheiden kann, nachgebildet werden kann, indem verschiedene Parameter des Fahrzeugfolgemodells, die z.B. Abstände, Reaktionsvermögen oder Geschwindigkeitseinhaltung beschreiben, angepasst werden. Hierdurch kann das Verhalten automatisierter Fahrzeuge angenähert werden, allerdings gibt es hierfür keine vorgegebenen standardisierten Parameter. In der hier vorliegenden Untersuchung wurde auf die Unterscheidung im Fahrzeugfolgeverhalten verzichtet, da die hierdurch zu erwartenden Einflüsse für die untersuchten Fragestellungen als vernachlässigbar eingeschätzt werden.

3 Methodik und Zielsystem

Von einer vollautomatischen Durchführung von Parkvorgängen in Wohnquartieren werden verschiedene positive sowie möglicherweise negative Effekte im Vergleich zu Parkraummanagement mit herkömmlichen PKW ausgehen. Dieser Beitrag betrachtet die vollautomatische Durchführung von Parkvorgängen als Entscheidungsobjekt und eine Bewertung würde aus Sicht der Gesellschaft bzw. aus Sicht eines „wohlmeinenden Diktators“ vorgenommen werden (Entscheidungssubjekt, siehe Abb. 1).

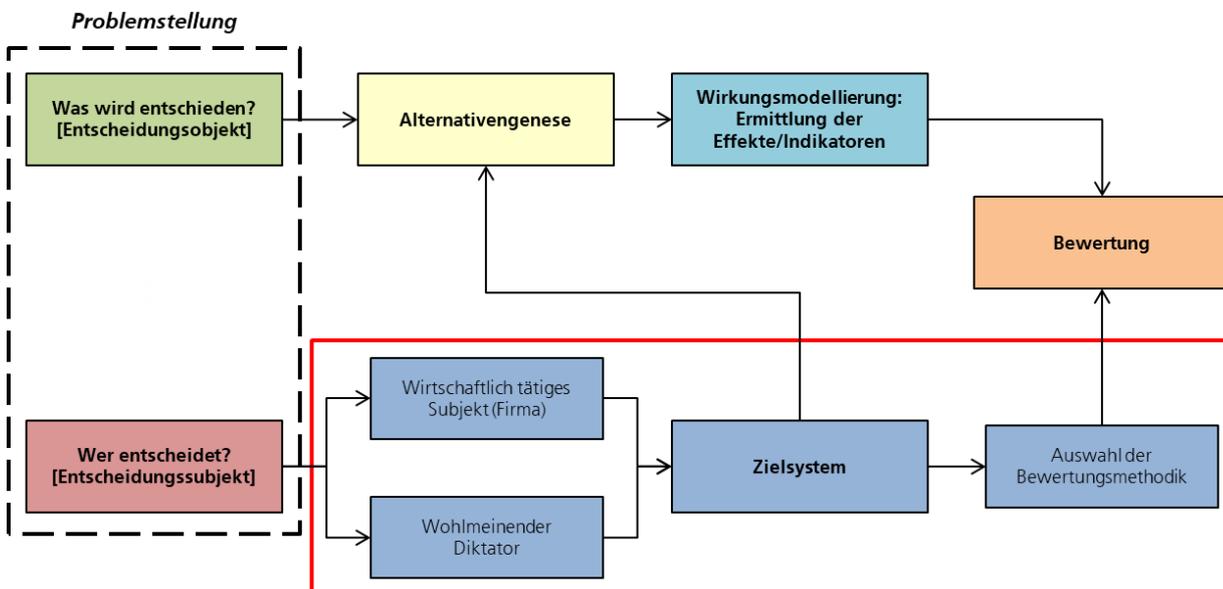


Abb. 1: Übersicht des Entscheidungsbaums zur Wahl von Bewertungsverfahren mit Hervorhebung des Aspekts des „Zielsystems“ (Liedtke et al. 2020)

Es werden sowohl die Wirkungen des herkömmlichen Parkraummanagements (Basisszenario) als auch der vollautomatischen Parkvorgänge (Zukunftsszenario) modelliert. Die Modellierung wird mit dem mikroskopischen Tool SUMO (Alvarez Lopez et al. 2019) vorgenommen. Anhand von Verkehrssimulationen beider Szenarien werden die Effekte anhand definierter Indikatoren ermittelt. Abbildung 2 zeigt die Zielsetzung der Bewertung anhand eines Zielsystems mit der Darstellung strategischer Ziele bis hin zu den Feinzielen.

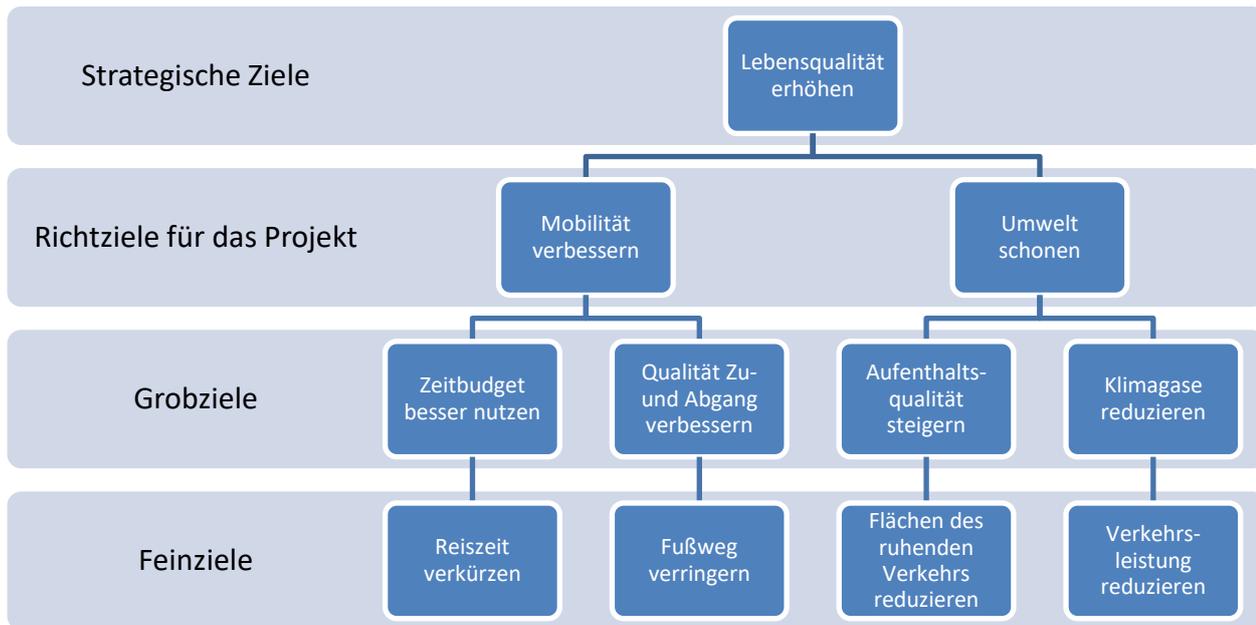


Abb. 2: Zielsystem zur Bewertung vollautomatischer Parkvorgänge im Vergleich zum Basisszenario

Den Feinzielen werden folgende Indikatoren zugeordnet, die mit dem Verkehrsmodell und den Verkehrssimulationen für beide Szenarien vergleichend ermittelt werden:

- Reisezeit in [min],
- Fußweg in Weglänge in [m] und Zeit in [min],
- Flächen für den ruhenden Verkehr im öffentlichen Straßenraum und auf Privatflächen in [m²],
- die von PKW erbrachte Verkehrsleistung in [km] für den betrachteten Zeitraum.

Mit den ermittelten Indikatoren wird eine vergleichende Wirkungsanalyse des Basis- und des Zukunftsszenarios vorgenommen. Perspektivisch kann eine Bewertung mittels einer Nutzen-Kosten-Analyse vorgenommen werden, wenn Lebenszykluskosten für die Errichtung und den Betrieb von Parkmöglichkeiten des vollautomatischen Parkens berechnet und die ermittelten Indikatoren der Feinziele monetarisiert werden.

4 Simulation

SUMO (Simulation of Urban Mobility) ist eine Open-Source-Software zur mikroskopischen Verkehrssimulation (Alvarez Lopez et al. 2018), die über Funktionalitäten zur Simulation verschiedener Verkehrsmittel und Mobilitätskonzepte verfügt und ständig weiterentwickelt wird. Mithilfe dieses Simulationstools wird ein mikroskopisches Verkehrsmodell aufgebaut, mit dem die beschriebenen Wirkungen eines zentralen Depots für autonome Fahrzeuge untersucht werden.

4.1 Beschreibung des Untersuchungsraums und der Szenarien

Als Untersuchungsraum wird ein Ausschnitt des Östlichen Ringgebiets Braunschweig ausgewählt. Das Östliche Ringgebiet ist ein Wohngebiet im Stadtbereich der niedersächsischen Stadt Braunschweig. Im ausgewählten Bereich leben rund 18.000 Personen in größtenteils gründerzeitlichen Mehrfamilienhäusern. Die Fläche des betrachteten Bereichs beträgt rund 1,6 km².

Szenario 1: Straßenseitiges Parken sowie Parken auf Privatgrundstücken

Das Szenario 1 entspricht dem heutigen Stand von Parkvorgängen in einem typischen Wohngebiet. Hierbei wird von konventionellen Fahrzeugen ausgegangen, die weder automatisiert fahren, noch über die Valet Parking Technologie verfügen, sondern von einem menschlichen Fahrer gesteuert werden. Dabei besteht einerseits die Möglichkeit, öffentliche Parkplätze zu nutzen, die Wohnstraßen in Längs- und Queraufstellung begleiten. Andererseits existieren in unmittelbarer Nähe zu Wohngebäuden Stellplätze auf Privatgrundstücken, beispielsweise in Hinterhöfen, die von den Bewohnern gepachtet werden können und dann für diese reserviert sind.

Das Östliche Ringgebiet zeichnet sich durch einen hohen Parkdruck aus und ist daher für die vorliegende Untersuchung von großem Interesse: Für die rund 11.000 Pkw der Bewohner stehen rund 6.000 öffentlich nutzbare Parkplätze im Straßenraum zur Verfügung. Weitere 5.000 private Parkgelegenheiten bestehen auf Privatgrundstücken. Durch seine Charakteristik eines Wohngebietes mit wenig Durchgangsverkehr und einem hohen Aufkommen an Bewohnerparken besteht insbesondere in (Feier-)Abend- und Nachtstunden eine hohe Nachfrage nach Pkw-Stellplätzen, sodass ein hoher Anteil Parksuchverkehr entsteht.

Bei der Nutzung öffentlicher Stellplätze am Straßenrand kann der Fall eintreten, dass keine Abstellmöglichkeit in unmittelbarer Nähe des Ziels (Wohnort) gefunden wird. Bei der darauffolgenden Parkplatzsuche in der Umgebung entsteht Parksuchverkehr. Da hier von einem nicht-automatisiert fahrenden Fahrzeug ausgegangen wird, begleitet die Person das Fahrzeug während des gesamten Parksuchverkehrs. Wird eine Abstellmöglichkeit gefunden, so entsteht für die Person ein Weg zurück zum eigentlichen Ziel, der i.d.R zu Fuß zurückgelegt werden muss (Abbildung 3). Eine hohe Wahrscheinlichkeit für das Eintreten dieses Falles mit Parksuchverkehr kann in der Simulation mithilfe einer als gering angenommenen Stellplatzverfügbarkeit oder Vorbelegung eines Teils der vorhandenen Plätze provoziert werden. Besonders interessant ist dabei der Vergleich mit dem nachfolgend beschriebenen Szenario, bei dem das Fahrzeug selbstständig, ohne Beisein der Person, auf eine Abstellmöglichkeit zu steuert. Damit die einzelnen Elemente der Gesamtfahrt ausgewertet werden können, empfiehlt sich die Nutzung eines Tools, das die spezifische Betrachtung dieser einzelnen Elemente erlaubt.



Abb. 3: Schematische Darstellung der Elemente einer Fahrt mit einem nicht-automatisierten Fahrzeug von der Arbeitsstelle nach Hause mit anschließender Parkplatzsuche am Wohnort. Quelle: Eigene Darstellung.

Szenario 2: Quartier Valet Parking in einem Fahrzeugdepot

Im Szenario 2 wird ein mögliches Zukunftsszenario beschrieben. Im hier beschriebenen Simulationsszenario werden die straßenseitigen Pkw-Abstellflächen sowie die privaten Parkplätze im Untersuchungsraum durch ein zentrales gemeinschaftlich genutztes Depot ersetzt, das sich innerhalb des Untersuchungsraumes befindet. Der hier

gewählte Standort des Depots ist in Abbildung 4 zu sehen. Zu beachten ist, dass es sich hierbei um ein reines Gedankenmodell zum Zwecke der simulativen Untersuchung handelt und die Flächenbedingungen des gewählten Standortes des Depots in der Realität aktuell nicht für diesen Zweck zur Verfügung steht.

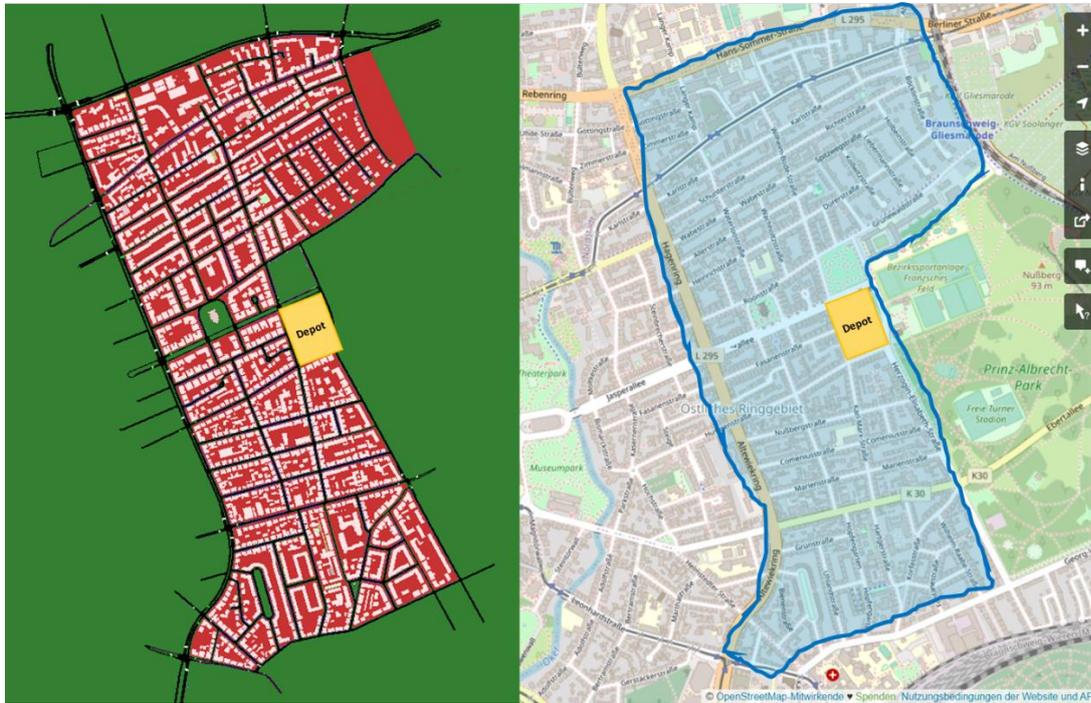


Abb. 4: Untersuchungsraum im Simulationstool SUMO (links) sowie in Open Street Maps (rechts). Eingezeichnet ist jeweils der (virtuelle) Standort des in der Simulation angenommenen Depots.

Die Durchsetzungsrate autonom fahrender Fahrzeuge beträgt 100 Prozent. Dabei wird von dem eingangs beschriebenen Konzept des Quartier Valet Parkings ausgegangen. Personen werden von automatisiert fahrenden Privatfahrzeugen bis zum gewünschten Ziel im Untersuchungsraum (zum Beispiel zur Haustür) gefahren. Nach erledigter Fahrt und nach dem Aussteigen der Personen steuert das Fahrzeug selbstständig das nächstgelegene Depot mit freier Kapazität an. Andersherum kann das Fahrzeug zur Aufnahme einer Fahrt im Untersuchungsraum mit digitaler Unterstützung aus dem Depot herbeigerufen werden.

Für das Fahrzeug entstehen dabei zwei Fahrten: Die Fahrt zum Ziel der Person, in Beisein der Person, sowie die selbstständige Fahrt ins Fahrzeugdepot (Abbildung 5).



Abb. 5: Schematische Darstellung der Elemente einer Fahrt mit einem hochautomatisierten Fahrzeug von der Arbeitsstelle nach Hause mit Quartier Valet Parking. Quelle: Eigene Darstellung.

4.2 Modellierung der Szenarien im Simulationstool

Die in diesem Paper beschriebene Simulation wird aktuell mithilfe des mikroskopischen Simulationstools SUMO modelliert. Unabhängig von der Funktionsweise des jeweils genutzten Tools sind grundlegende Prinzipien des Szenarios im Vorfeld zu klären.

Ein wichtiger Bestandteil einer Verkehrssimulation ist die Nachfrage. Diese kann beispielweise als Anzahl von Fahrten und Fahrzeugen mit spezifischen zeitlichen und räumlichen Start- und Zielpunkten vorliegen. Zudem ist auch der Durchgangsverkehr von Interesse, da dieser Auswirkungen auf den Verkehrsfluss hat. Andersherum können sich Parkmanöver am Straßenrand auf Fahrten des Durchgangsverkehrs auswirken.

Bei der Simulation von Parkraumszenarien sind insbesondere Szenarien mit hohem Parkdruck interessant. Um diesen Parkdruck in der Simulation abzubilden, kann beispielsweise eine Fahrzeuganzahl gewählt werden, die die Parkkapazität übersteigt. Der besonders interessante Simulationszeitraum ist die abendliche Rush Hour, zu der der Berufsverkehr besonders hoch ist und viele Fahrzeuge innerhalb eines kurzen Zeitraums abgestellt werden sollen. Zusätzlich lässt sich der Parkdruck durch längerfristig parkende Fahrzeuge, die über einen längeren Zeitraum Stellplätze blockieren, erhöhen. Es gibt Simulationen, in denen nicht bereits ab Beginn die vollständige abzubildende Nachfrage enthalten ist, sondern sich über eine gewisse Zeit aufbaut. Zu beachten ist dabei, dass die Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Parkplätze während der Simulation bereits einen gewissen Grad erreicht haben sollte, um ein realistisches Szenario nachzubilden.

Ein wichtiger Aspekt, der bei der Modellierung zu definieren ist, betrifft die Abgrenzung der Simulation. Soll der Fokus der Simulation auf der Auslastung der im Untersuchungsraum befindlichen Parkplätze liegen, so sind die Fahrten der Fahrzeuge nur ab dem Eintritt in den Untersuchungsraum von Bedeutung. Bei der Simulation von Parkszenarien sind hauptsächlich diejenigen Bestandteile der Fahrt interessant, bei denen das Fahrtziel bereits erreicht wurde und nun lediglich noch eine Abstellmöglichkeit gesucht werden muss.

In den hier beispielhaft beschriebenen Szenarien wurden externe Aufenthaltsbereiche für die Fahrzeuge modelliert, auf die die Fahrzeuge zusteuern um dort eine gewisse Zeit zu verbleiben. Diese Aufenthaltsbereiche erfüllen damit die Funktion von Arbeitsstellen, Einkaufszentren oder anderen Orten, an denen sich die Bewohner des Untersuchungsraumes aufhalten. Diese Fahrstrecken sind zur Abbildung der Nachfrage in der Simulation erforderlich, stellen jedoch im Sinne der auszuwertenden Szenarien keine relevanten Teilstrecken dar.

Modellierung des Szenarios 1

Wie zuvor beschrieben, ist in diesem Szenario die Unterscheidung von öffentlichen und privaten Stellplätzen möglich. Dafür ist zusätzlich die Definition zweier Fahrzeugtypen notwendig. Zum einen sind dies Fahrzeuge, die auf einem beliebigen öffentlichen Stellplatz parken. Zum anderen sind dies diejenigen Fahrzeuge, für ein bestimmter privater Stellplatz reserviert ist. Zu empfehlen ist dabei die Etablierung eindeutiger optischer Unterscheidungsmerkmale in der Simulation, sodass das Geschehen während der Simulationsläufe nachvollziehbar ist. Abbildung 6 zeigt die Modellierung von Stellplätzen am Straßenrand in SUMO.

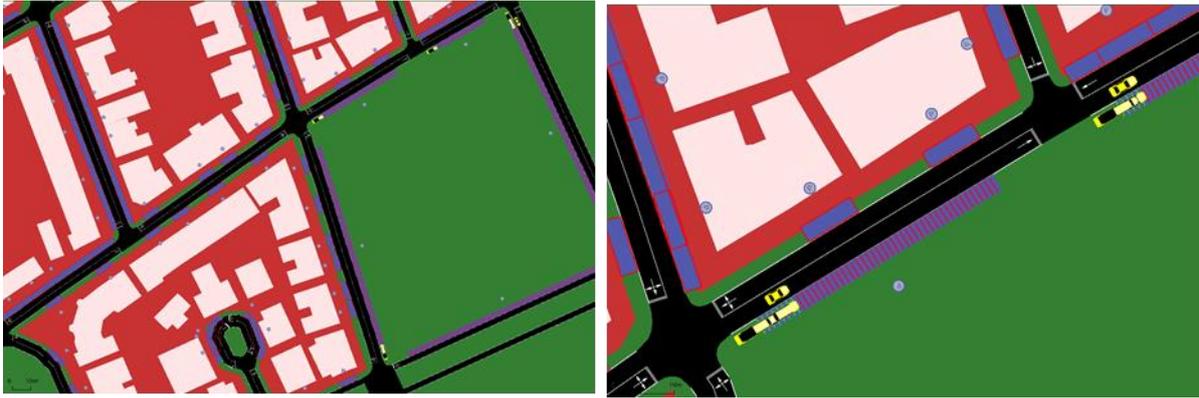


Abb. 6: Stellplätze am Straßenrand in SUMO.

Denkbar sind dabei zudem Szenarien, bei denen private Stellplätze nicht nur für eines, sondern für mehrere bestimmte Fahrzeuge zur Verfügung stehen. So können beispielsweise Familien, die zwei Fahrzeuge aber nur einen privaten Stellplatz besitzen, abgebildet werden. In einem weiteren Szenario könnte zudem die Überlassung eines privaten Stellplatzes innerhalb eines bestimmten Zeitraumes an eine andere Person bzw. ein anderes Fahrzeug simuliert werden. Damit könnten die Wirkungen von Stellplatzvermittlungsplattformen untersucht werden, über die Privatpersonen ihre Stellplätze während ihrer eigenen Abwesenheit (beispielsweise Urlaub oder Arbeit) weitervermieten.

Fahrzeuge, die auf öffentlichen Stellplätzen parken, folgen dabei einer bestimmten Prioritätenreihenfolge. Diese wird zuvor für jeden Zielort oder für eine Zielkante definiert, sinnvollerweise beginnend mit derjenigen Kante, die dem Zielort am nächsten liegt. Nach dem ersten Erreichen des Zielortes der Person wird der Untersuchungsraum entsprechend der Prioritätenliste nach einem verfügbaren Stellplatz abgesucht. Zu beachten ist dabei, dass das Fahrzeug, das am Straßenrand abgestellt werden soll, keine Information über freie Stellplätze hat, um einem menschlichen Fahrer ohne eine derartige Unterstützung zu entsprechen. Somit muss das Fahrzeug tatsächlich physisch an den Kanten vorbeifahren, um zu ermitteln, ob hier eine Abstellmöglichkeit besteht.

Dabei ist zu klären, wie mit Fahrzeugen umgegangen wird, die trotz ausdauernden Parksuchverkehrs keine Abstellmöglichkeit ausfindig machen können. Eine Möglichkeit besteht darin, die Prioritätenliste erneut abzufahren oder abzuwandeln. Eine andere Möglichkeit besteht darin, den Untersuchungsraum zu verlassen, um in einem angrenzenden Quartier eine Abstellmöglichkeit zu suchen. In der Simulation kann die zuletzt erwähnte Möglichkeit durch eine Fahrt in die zuvor definierten externen Aufenthaltsbereiche umgesetzt werden, das heißt die Fahrzeuge verlassen den Untersuchungsraum.

Stellplätze am Straßenrand können entweder als einzelne Stellplätze oder vereinfachend als entlang der jeweiligen Kante verlaufende Parkbereiche mit einer entsprechenden Kapazität modelliert werden. Bei letzterer Variante ist zu beachten, an welcher Stelle sich die Einfahrt in den Parkbereich befindet. Bei längeren Kanten kann sich dies auf die Fahrzeit und den Fahrweg sowie auf den fußläufigen Rückweg nach Hause auswirken.

Modellierung des Szenarios 2

Ein wesentlicher Aspekt der Modellierung eines Szenarios, bei dem Fahrzeuge in einem Fahrzeugdepot parken, ist die Wahl des Standortes des Depots. Dieser Standort hat direkte Auswirkungen auf die gefahrene Strecke, den Zeitaufwand sowie die Emissionen. Interessant könnte daher die Durchführung mehrerer Simulationen mit unterschiedlichen Depotstandorten oder mehrerer Depots sein, um diese Wirkungen zu untersuchen. Zudem können

unterschiedliche Kapazitäten des Fahrzeugdepots interessante Ergebnisse liefern – von einer ausreichenden Kapazität bis zu einer Verknappung der Stellplätze.

In diesem Szenario sind insbesondere die Zuwege zum Depot interessant. Während der Hauptverkehrszeit ist zu erwarten, dass sich auf den Zufahrtswegen zum Depot ein besonders hohes Verkehrsaufkommen einstellt. Daher könnte die Einrichtung mehrerer Einfahrten ins Depot sowie die Unterscheidung von Einfahrten und Ausfahrten interessant sein.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Autonomes Fahren kann Ansätze zu innovativen Nutzungsszenarien bieten wie z.B. der Möglichkeit, Fahrzeuge automatisiert auf dafür vorgesehenen Flächen parken zu lassen und so die Quartiersgestaltung frei von ruhendem Verkehr zu gestalten. Die Untersuchung soll zeigen, ob ein solches Konzept einen Beitrag zur Verbesserung der verkehrlichen Situation und Aufenthaltsqualität in Wohnquartieren leisten können.

Dabei ist zu beachten, dass damit jedoch lediglich den Symptomen wie einem erhöhten Flächenverbrauch durch ruhenden Verkehr und einem hohen Verkehrsaufkommen durch Parksuchverkehr entgegengewirkt wird, nicht jedoch die Ursache bekämpft wird. Die Ursache dieser Symptome liegt in dem hohen Aufkommen des motorisierten Individualverkehrs. Wenn sich die Anzahl der in privatem Besitz befindlichen Fahrzeuge nicht verändert, entstehen in erster Linie Verlagerungseffekte. Insofern müsste ein solches Konzept mit innovativen Mobilitätsansätzen kombiniert werden, die bei Sicherstellung der Mobilität weniger Fahrzeuge benötigen. Ein zielführender Lösungsansatz könnte daher in der Implementierung von Systemen der Shared Mobility liegen. Denkbar sind beispielsweise On-demand-Systeme und Carsharing (Detecon 2016).

Im Rahmen des Projektes A.R.T.-Forum soll daher neben dem in diesem Beitrag beschriebenen Parking Szenario weitere Szenarien simuliert und diskutiert werden, in denen die Fahrzeuge sich nicht im Besitz einzelner Personen befinden. Vorgesehen ist unter anderem die Simulation eines flächendeckenden free-floating Carsharingsystems sowie eines Ridepoolingsystems, bei dem im Sinne einer Mobility on demand mehrere zeitlich und räumlich korrespondierende Fahrtwünsche zu gemeinsamen Routen gebündelt werden. Letzteres System hätte nicht nur den Vorteil, dass eine geringe benötigte Anzahl an Fahrzeugen zu erwarten wäre, sondern zusätzlich möglicherweise weniger Fahrzeugkilometer, da Fahrten gebündelt werden würden.

Dieser Forschungsbeitrag ist im Rahmen von A.R.T.-Forum (Automated Road Transport) entstanden. A.R.T.-Forum ist ein Interreg-Projekt, das vom Nordseeprogramm des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung der Europäischen Union gefördert wird. Im Projekt A.R.T.-Forum wird ein Diskussionsforum für lokale/regionale Behörden geschaffen, in dem die Risiken und Chancen des automatisierten Straßenverkehrs diskutiert werden. Die Ergebnisse sollen dazu dienen, die Entwicklung des automatisierten Verkehrs zu unterstützen.

6 Literatur

Alvarez Lopez, Pablo und Behrisch, Michael und Bieker-Walz, Laura und Erdmann, Jakob und Flötteröd, Yun-Pang und Hilbrich, Robert und Lücken, Leonhard und Rummel, Johannes und Wagner, Peter und Wießner, Evamarie (2018) Microscopic Traffic Simulation using SUMO. In: 2019 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference (ITSC), Seiten 2575-2582. IEEE. The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, 4.-7. Nov. 2018, Maui, USA. Abrufbar unter: <https://elib.dlr.de/127994/>

Bosch (2021): Automated valet parking. Abrufbar unter: <https://www.bosch-mobility-solutions.com/de/loesungen/parken/automated-valet-parking/>

- Detecon (2016): Autonomes Fahren: Wenn das Lenkrad zur Sonderausstattung wird. Eine empirische Untersuchung der Akzeptanz autonom fahrender Fahrzeuge. Abrufbar unter: https://www.detecon.com/drupal/sites/default/files/2019-06/Studie_Autonomes_Fahren_V1_032016_2.pdf
- Esser, Klaus; Kurthe, Judith (2018): Autonomes Fahren. Aktueller Stand, Potentiale und Auswirkungsanalyse. Studie für den Deutschen Industrie- und Handelskammertag e.V.
- Liedtke, Gernot und Lütjens, Klaus und Piendl, Raphael und Bahamonde Birke, Francisco Jose und Grimme, Wolfgang und Hedemann, Lars und Maertens, Sven und O Sullivan, Marlene und Scheelhaase, Janina und Scheier, Benedikt und Viergutz, Kathrin Karola und Schöpfer, Adél und Winkler, Christian und Frieske, Benjamin und Österle, Ines (2020) Leitfaden zur Entscheidungsfindung und Bewertung von Maßnahmen und Technologien im Verkehr. Projektarbeit. Projektbericht. Abrufbar unter: <https://elib.dlr.de/140664/>
- Müller, Miriam (2017): Connected Parking. Abrufbar unter: <https://online-library.wiley.com/doi/full/10.1002/bate.201700031>
- VDA (2015): Verband der Automobilindustrie e. V., Automatisierung – Von Fahrerassistenzsystemen zum automatisierten Fahren, September 2015, S. 10ff; Kollosche, I, Schwedes, O., Mobilität im Wandel, Transformationen und Entwicklungen im Personenverkehr, Friedrich-Ebert-Stiftung – Wirtschafts- und Sozialpolitik, WISO Diskurs Heft 14/2016, S. 22.