

Cruising in KL: Lokalisierung und Quantifizierung von Parksuchverkehr mittels Floating Car Data

Julia Mayer, Hossam Zaki

(Julia Mayer, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) GmbH, Trippstadter Straße 122, 67663 Kaiserslautern, DE, julia.mayer@dfki.de)

(Hossam Zaki, RPTU Kaiserslautern-Landau, Fachbereich Informatik, Gottlieb-Daimler-Straße 48, 67663 Kaiserslautern, DE, hzaki@rptu.de)

1 ABSTRACT

Cruising oder auch Parksuchverkehr bezeichnet den Verkehr, der entsteht, wenn Autofahrende einen verfügbaren Parkplatz im öffentlichen oder bewirtschafteten Straßenraum suchen, der ihren Erwartungen entspricht und dabei nicht (vollständig) über die Orte freier Parkstände informiert sind. Hierbei können Gebühren oder die Nähe zum Zielort eine Rolle spielen (vgl. Hagen et al.). Es bezieht sich demnach auf jene Abschnitte der Strecke, die durch ein Kraftfahrzeug zurückgelegt werden und über die unmittelbare Wegverbindung hinausgehen. Dieser Verkehr bedingt, abhängig von der Antriebsart, Emissionen von Schadstoffen und Lärm sowie unabhängig von der Antriebsart, eine zusätzliche Beanspruchung des Straßennetzes. Es gibt Schätzungen, dass Cruising in bereits untersuchten amerikanischen Städten bei 5-6% aller Fahrten vorkommt und weniger als 1% des Verkehrsaufkommens ausmacht (vgl. Weinberger et al.). Andere Quellen gehen jedoch häufig pauschal von bis zu 30% des Gesamtverkehrs aus (vgl. Barter).

In Kaiserslautern sollen diese Werte unter Nutzung von Floating Car Data (FCD) validiert konkretisiert werden: in welchen kleinräumigen Gebieten tritt anteilig wie viel Parksuchverkehr auf? Wo suchen Autofahrende vermehrt nach freien Parkständen und wo legen sie dafür die größten zusätzlichen Strecken zurück?

Die für diese Untersuchung verfügbaren Floating Car Daten wurden im Herbst 2022 durch Smartphone-Apps erhoben, die sich mit dem Kraftfahrzeug verbinden und in kurzen zeitlichen Intervallen von maximal 15 Sekunden folgende Merkmale erfassen: Position, Zeitpunkt, Fahrtrichtung und Geschwindigkeit. Ihre Durchdringung des gesamten Verkehrs beträgt gemäß den Angaben des Datenbereitstellers etwa 5-10%. Mittels eines Algorithmus werden Fahrten, die mit Cruising enden, identifiziert und anschließend quantifiziert unter besonderer Berücksichtigung der Unsicherheiten, die bei der Erfassung und Verarbeitung der Daten entstehen, wie bspw. unbeabsichtigt erfasste Fußwege.

Diese Arbeit widmet sich zunächst der Bewertung der Qualität der verfügbaren Daten und ihrer Eignung für Analysen des Parksuchverkehrs. Es werden Möglichkeiten aufgezeigt, auf Unsicherheiten hingewiesen und wesentliche Hinweise für die Vorgehensweise bei der (Vor-)verarbeitung gegeben.

Die Ergebnisse dieser und zukünftig aufbauender Auswertungen können Personen, die für Parkraumbewirtschaftung und Verkehrssteuerung verantwortliche sind, dabei unterstützen nachhaltige und fundierte Entscheidungen zu treffen. Darüber hinaus kann die Menge an Parksuchverkehr ein Indikator für die Lebensqualität in kleinräumigen Gebieten sein, da sie unmittelbar die Lärmbelastung, Luft- und Aufenthaltsqualität beeinflusst (vgl. Agora).

Keywords: mobility, cruising, Parksuchverkehr, floating car data, Kfz

2 MOTIVATION

Die Lebensqualität von Menschen an ihren jeweiligen Wohnstandorten wird von einer Vielzahl an Faktoren beeinflusst. Diese reichen von der Wohnsituation selbst, einschließlich Wohnungsgröße und Bezahlbarkeit, über soziale Verbundenheit bis hin zu verschiedenen Umweltfaktoren. Zu letzteren gehören insbesondere auch die Luftqualität und Lärmbelastung, die durch das lokale Verkehrsauskommen maßgeblich beeinflusst werden. Jenes wirkt sich darüber hinaus auch auf das Sicherheitsempfinden der Bewohner:innen aus und beeinflusst somit auf mehrere Ebenen deren empfundene Lebensqualität (vgl. Bundesregierung).

Genäß einer umfassenden Datenanalyse des Spiegel verzeichneten deutsche Metropolen und Autobahnen seit 2019 einen Rückgang des Verkehrsaufkommens um fünf bis 14 Prozent (vgl. Dambeck). Verkehrsplanerinnen und Verkehrsplaner setzen gezielte Maßnahmen wie Geschwindigkeitsreduktion und Stärkung von ÖPNV, Rad- und Fußverkehr ein, um vor allem den motorisierten Individualverkehr zu reduzieren, im Bestreben, die Klimaschutzziele im Verkehrssektor zu erreichen (vgl. Umweltbundesamt).

Abwendbarer Verkehr ist die Suche nach einem geeigneten Parkplatz, da dies zusätzliche Strecken und somit auch vermeidbare Emissionen, Lärm und eine Belastung der Infrastruktur verursacht. Dieser als Parksuchverkehr oder Cruising¹ bekannte Verkehr entsteht, wenn Autofahrende einen passenden Parkstand im öffentlichen oder bewirtschafteten Straßenraum suchen, ohne (vollständige) Informationen über verfügbare Parkmöglichkeiten zu besitzen. Hierbei können Gebühren oder die Nähe zum Zielort, aber auch höchst individuelle Ressourcen eine Rolle spielen (vgl. Hagen et al.).

Die Autodichte, gemessen als Anzahl privater Autos pro Einwohner, ist in den letzten Jahren kontinuierlich angestiegen (vgl. Zeit Online), was voraussichtlich auch den Bedarf an Parkflächen erhöht. Die Auslastung vorhandener Parkplätze steigt, und es entsteht ein sogenannter Parkdruck. Die häufige Parkplatzsuche kann die Lebensqualität der Anwohnerinnen und Anwohner also gleichermaßen negativ beeinflussen wie das Cruising anderer Verkehrsteilnehmer in ihrem Wohngebiet.

Die Herausforderung der Quantifizierung des Parksuchverkehrs beschäftigt Stadtplanerinnen und Stadtplaner seit den 1970er-Jahren. Die herkömmliche Methode der Verkehrszählungen an Knotenpunkten hat jedoch ihre Mängel, da sie auf die Zuverlässigkeit der Zählenden angewiesen ist und nur punktuelle Daten erfasst. Alternativ können Umfragen in der Bevölkerung genutzt werden, bieten jedoch kein umfassendes und neutrales Bild.

Neue Techniken wie fest installierte Sensorsysteme zur Verkehrserfassung bieten Kommunen neue Möglichkeiten detaillierte Echtzeitinformationen über die Verkehrsauslastung an festen Orten zu gewinnen. Bewegungsdaten von Kraftfahrzeugen (Kfz) geben einen tieferen Einblick in den Verkehrsfluss und das Fahrverhalten, da sie sowohl eine Auswertung einzelner Fahrten als auch aggregierte Auswertungen für bestimmte Gebiete und Zeiträume ermöglichen.

Im Folgenden wird beschrieben wie Floating Car Data (FCD) in und um die Stadt Kaiserslautern genutzt wurden, um Orte zu identifizieren, an denen Fahrten enden, die durch einen Algorithmus als Parksuchverkehr kategorisiert wurden. Diese Informationen können Verkehrsplanerinnen und Verkehrsplanern Aufschluss über das Fahrverhalten, einzelner, den Parkdruck in verschiedenen kleinräumigen Gebieten Kaiserslauterns und Anregungen für mögliche weiteren relevanten Untersuchungen liefern.

3 PROJEKTKONTEXT

Die Untersuchung, die im Rahmen einer Bachelorarbeit durchgeführt wurde, ist aus dem durch die Carl-Zeiss-Stiftung geförderten Verbundprojekt „Ageing Smart – Räume intelligent gestalten“ entstanden. Im Fokus des Gesamtprojektes stehen die Babyboomer, also die geburtenstarken Jahrgänge von 1955 bis 1969, durch deren Eintritt in das Rentenalter Kommunen vor Herausforderungen gestellt werden. So sind diese oftmals damit konfrontiert, neben altersgerechten Wohnstandorten auch passende Versorgungs- und Freizeitstrukturen zu schaffen. Das Gesamtprojekt hat sich als Ziel gesetzt, ein datengestütztes Entscheidungsunterstützungssystem (Decision Support System) zu entwickeln, das Mitarbeitenden der öffentlichen Verwaltungen in ebendiesen Planungsprozessen unterstützt. Insgesamt zehn Teilprojekte aus den Fachbereichen Raum- und Umweltplanung, Informatik und Mathematik der RPTU am Standort Kaiserslautern bearbeiten interdisziplinär diese Fragestellung. Ebenso involviert ist das Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering (IESE) sowie das Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) GmbH.

Um präzise Kenntnisse über die Verkehrsauslastung an unterschiedlichen Wochentagen und zu verschiedenen Tageszeiträumen in den kleinräumigen Gebieten der sieben Modellkommunen zu gewinnen, hat das Konsortium Bewegungsdaten erworben, die sukzessive ausgewertet werden.

Kaiserslautern ist eine dieser ausgewählten Modellkommunen, die seit 2020 im Rahmen des Projekts "Modellprojekte Smart Cities" (MPSC) durch das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) gefördert wird. In enger Kooperation mit dem SmartCity Living Lab (SCLL) des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI) wird unter anderem das Projekt "Smart

¹ Die Wörter Cruising und Cruisen haben sowohl im deutschen als auch im englischen neueren umgangssprachlichen Sprachgebrauch andere Bedeutungen als in diesem wissenschaftlichen Kontext.

City Infrastructure" realisiert, bei dem Sensoren zur Verkehrsmessung sowie zur Erfassung der Lärmbelastung und Luftqualität installiert wurden.

Von der Stadt Kaiserslautern wurden im Rahmen des MÖbilitätsplans Klima+ 2030, der 2018 vom Stadtrat verabschiedet wurde, verschiedene Maßnahmen zur Reduzierung des motorisierten Verkehrs im Stadtgebiet beschlossen und teilweise bereits umgesetzt. Diese umfassen eine Prakraubewirtschaftung, Carsharing-Angebote, Park und Ride Parkplätze und die Schaffung von Fahrradstraßen (vgl. Huber-Erler et al.).

4 DATENGRUNDLAGE UND -VORVERARBEITUNG

Die Ergebnisse dieser Arbeit beruhen fast ausschließlich auf den im Rahmen des Forschungsprojekts erworbenen Floating Car Data. Lediglich im Explorationsprozess wurden anekdotisch Bilder aus Straßenbefahrungen der Stadt Kaiserslautern hinzugezogen, um feststellen zu können, wie die Parksituation am Ende eines Pfades real aussieht (vgl. Abb.1). Alle Kartendarstellungen und Auswertungen wurden mit Openstreetmap (OSM) Daten vollzogen.

4.1 Floating Car Data (FCD)

Bei den verwendeten Floating Car Data handelt es sich um von [ui!] - the urban institute erworbenen Daten, die von Smartphone-Apps erfasst werden, welche sich mit dem benutzten Kfz verbinden. Es bleibt unklar, um welche Art von App es sich handelt. Die angegebene Durchdringung liegt bei 5-10%. Das heißt, es sind 5-10% des Gesamtverkehrs erfasst worden.

Bei der Nutzung der App werden einzelne Datenpunkte im Abstand von maximal 15 Sekundengespeichert, die eine ID enthalten, um eine Zusammensetzung der Datenpunkte zu zusammenhängenden Pfaden zu ermöglichen. Desweiteren wird die Geschwindigkeit zum jeweiligen Zeitpunkt und die Position, angegeben in Längen- und Breitengrad. Weiterhin werden ein Zeitstempel und die Fahrtrichtung gespeichert.

Attribut	Beispiel	Bemerkungen
ID	1161716616	Zufällig vergeben
Geschwindigkeit in km/h	15	
Zeitstempel	2022-11-05T01:00:19.000Z	Genauigkeit: Millisekunden
Längengrad	7.76199	WSG 84
Breitengrad	49.4409	WSG 84
Fahrtrichtung in Grad	125	Ausgehend vom geographischen Norden

Tabelle 1: Attribute der genutzten FCD mit einem beliebigen Beispiel.

Betrachtet wurden zunächst die FCD von einem einzigen Tag: Samstag, dem 5.11.2022 in einem rechteckigen Gebiet um die Stadt Kaiserslautern mit einer Größe von ca. 839 km². Für diesen Bereich und diesen Zeitraum liegen 1,413,102 Datenpunkte vor, die zunächst zu Pfaden zusammengesetzt werden müssen.

Da die Smartphone-App oft nach Beenden der Fahrt weiterläuft, werden auch Fußwege erfasst, die im Anschluss an die Fahrt getätigt werden. Diese müssen in einem Vorbearbeitungsprozess unter TÄtigkeit von bestimmten Annahmen „abgeschnitten“ werden (siehe Abschnitt 4.2).

Das Attribut der Fahrtrichtung wird in diesem Ansatz nicht genutzt, kann aber potenziell zusätzliche Informationen liefern und einer Verfeinerung des Algorithmus dienen.

4.1.1 Anmerkungen zur Datenqualität

Die Angaben des Datenbereitstellers zur Durchdringung lassen sich ohne Weiteres nicht überprüfen. Desweiteren ist es wahrscheinlich, dass durch die Art der Erfassung eine Verzerrung zustande kommt, da bestimmte Altersgruppen eher seltener Smartphone-Apps nutzen. Da es unklar ist, um welche Art von App es sich handelt, ist auch unklar, ob eine Verzerrung bzgl. Einkommensstruktur vorliegt, da bspw. nur neuere Kfz über die Möglichkeit eine Kopplung mit dem Smartphone bieten. Darüber hinaus ist offen, ob und welche Auswirkungen solche Verzerrungen auf eine Auswertung haben können. Vermutlich haben Menschen aus höheren Einkommensgruppen öfter einen privaten Stellplatz und leisten sich eher kostenpflichtige Parkplätze im Zentrum. Weiterhin kann man keine Aussage darüber treffen, ob bestimmte Gewerbe wie Taxi-Unternehmen oder Lieferdienste übermäßig stark vertreten sind.

Da sich die IDs in unbekanntem zeitlichen Abständen und unter unbekanntem Voraussetzungen ändert, lassen sich mit diesen Daten generell keine Aussagen über ein langfristiges oder wiederholtes Parksuchverhalten eines einzelnen Kfz machen.

Beim Vorverarbeiten der Daten gab es einige Auffälligkeiten, die bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen (siehe Abschnitt 4.2.2.).

4.1.2 Anmerkungen zum Datenschutz

Die Bewegungsdaten liegen in anonymisierter Form vor und enthalten keine personenbezogenen Informationen. Sie werden trotzdem als schützenswert eingestuft, da man aus ihnen unter bestimmten Umständen unter Zuhilfenahme zusätzlicher Informationen herauslesen könnte, wohin eine Person an einem bestimmten Tag gefahren ist. Dies kann nur geschehen, falls man weiß, dass eine Person einen privaten Parkplatz besitzt, wo sich dieser befindet, die Fahrt tatsächlich dort startete oder endete und sie zu den 5-10% gehört, deren GPS-Daten erfasst werden.

Fahrten, die auf öffentlichem Grund beginnen und enden, lassen keine Rückschlüsse auf einzelne Personen zu. Da in diesem Anwendungsfall lediglich die letzten Datenpunkte eines Trips genutzt werden und es zunächst keine Rolle spielt, wo die Fahrt startet, kann man diesen Fall vernachlässigen.

Man kann davon ausgehen, dass Parksuchverkehr entweder auf einem Parkplatz im öffentlichbewirtschafteten Prakstand endet oder, falls die Person nicht fündig wird, in einem privatbewirtschafteten Parkraum.

Trotzdem werden alle Pfade, die in dieser Arbeit visualisiert und veröffentlicht werden, darauf geprüft, ob sie auf einem privaten Grundstück enden bzw. Auswertungen in aggregierter Form dargestellt, bei der keinerlei Rückschlüsse auf einzelne Fahrten mehr möglich sind.

4.2 Preprocessing der FCD

Um die Daten sinnvoll nutzen zu können, waren zunächst folgende Schritte notwendig:

(1) Minimierung der Datenmenge

Um eine besser zu verarbeitende Datenmenge zu erhalten, wurde zunächst alle Punkte in einem Radius von 100m, um die Bundesautobahnen A63 und A6 entfernt. Da ein großer Anteil der gesamten Datenpunkte auf diesen Bereich fallen, er jedoch für Parksuchverkehr irrelevant ist, wurde dieser Schritt ergriffen, um eine schnellere und einfachere Handhabung zu erreichen.

(2) Abschneiden von Fußwegen

In diesem Anwendungsfall ist es unbedingt notwendig, Fußwege abzuschneiden, die nach Beendigung oder zwischen zwei Fahrten ungewollterweise aufgezeichnet werden, wenn die Smartphone-App weiterläuft und weiter Bewegungsdaten erfasst. Um Fußwege nicht fälschlicherweise als Parksuchverkehr zu identifizieren, wurden sukzessive 5 Minuten-Fenster betrachtet. Wenn die drei Punkte am Beginn dieser Fenster alle eine Geschwindigkeit kleiner als 7km/h haben und das gesamte Fenster eine Durchschnittsgeschwindigkeit kleiner als 7 km/h, wurden die Datenpunkte im Fenster entfernt.

(3) Erstellung von Trips

Einzelne Datenpunkte können durch Nutzung ihrer ID und ihres Zeitstempels in zusammenhängende Pfade zusammengesetzt werden. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass zwei verschiedene Fahrten vorliegen, wenn mehr als 5 Minuten zwischen den zwei zeitlich nächsten Datenpunkten liegen bzw. mehr als 5 Minuten die Geschwindigkeit 0 ist.

Auf diese Weise kommt man bei diesem Datensatz auf insgesamt 9.808 Pfade, die auch Trips genannt werden.

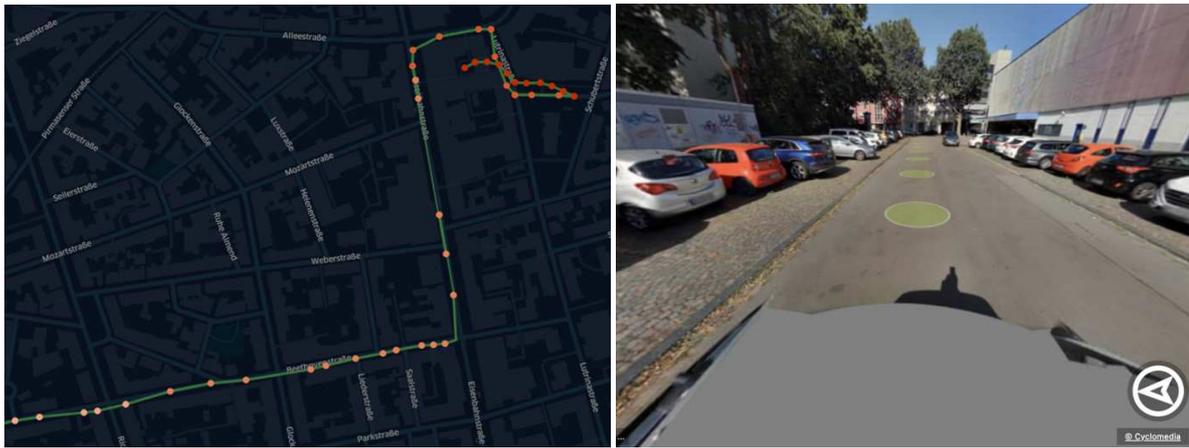


Abb. 1: Ein Trip mit aufgezeichnetem Fußweg am Ende (links), visualisiert mit kepler.gl. Das Kfz wurde im Bereich auf dem rechten Bild (Screenshot Streetsmart) geparkt und dann zu Fuß die letzte Strecke (rote Punkte) zurückgelegt.

4.2.1 Keine Nutzung von Map-Matching-Algorithmen

Durch unpräzise Erfassung der GPS-Koordinaten kann es vorkommen, dass Datenpunkte neben der Straße liegen und durch das Zusammensetzen der Trips Ecken „abgeschnitten“ werden (siehe Abb. 2). Diese Fehler in den Rohdaten kann man durch so genannte Map-Matching-Algorithmen korrigieren. Diese bergen jedoch die Gefahr von Verzerrungen oder Ungenauigkeiten an anderer Stelle. Es wurde hier also bewusst auf eine Anwendung von Map-Matching verzichtet.

Wenn man nämlich davon ausgeht, dass folgende Annahmen zutreffen, wird die Detektion von Parksuchverkehr nicht beeinflusst:

- Der zu detektierende Parksuchverkehr findet im Stadtraum statt.
- Die dort zugelassene Höchstgeschwindigkeit von max. 50 km/h wird nicht überschritten.
- Datenpunkte haben einen maximalen zeitlichen Abstand von 15 Sekunden.

Folglich kann ein Kfz zwischen zwei Datenpunkten maximal 208m zurücklegen. Bei einer rechtwinkligen Kreuzung würde man nach Pythagoras im schlechtesten Fall 61m zu wenig berücksichtigen. Dies entspricht einem möglichen Fehler von weniger als 42% und hat somit keine Auswirkung auf die Berechnungen des Algorithmus (vgl. Abschnitt 5). Insbesondere ist zu beachten, dass es sich hier um eine maximale Fehlerabschätzung handelt. In der Realität, fahren Kfz mit geringeren Geschwindigkeiten um Ecken und viele Strecken bestehen auch aus geraden Abschnitten, bei denen der Fehler im Allgemeinen viel geringer ausfällt.

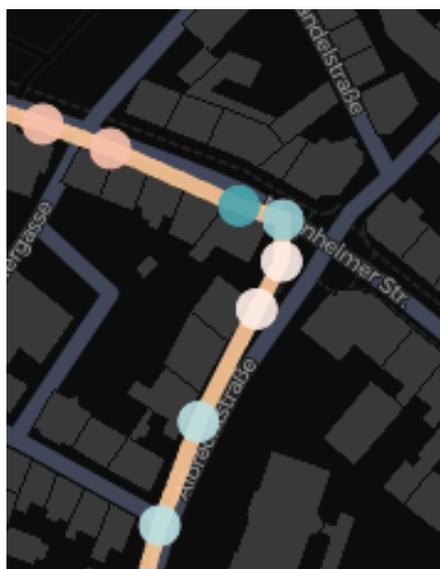


Abb. 2: Die Fehler, die durch unpräzise GPS-Koordinaten oder die direkte Verbindung zweier zeitlich aufeinanderfolgender Datenpunkte ohne Berücksichtigung der Straßenführung entstehen, können in diesem Anwendungsfall vernachlässigt werden.

5 VERWENDETE TECHNOLOGIEN

Die Daten wurden ausschließlich in frei verfügbarer Software verarbeitet:

- Die Datenvorverarbeitung wurde in Python unter Nutzung der Bibliotheken geopy und geopandas ausgeführt.
- Für Visualisierungen wurde kepler.gl genutzt. Dies ist eine leistungsstarke Webanwendung für die visuelle Analyse von (großen) Geodaten. Es eignet sich auch für sensitive oder proprietäre Daten, da diese und deren Auswertungen ausschließlich auf dem eigenen Browser/Rechner bleiben und nicht an deren Server gesendet werden.
- Zur Berechnung der Distanzen zwischen den einzelnen Datenpunkten eines Pfades und der kürzesten Distanzen wurde das Python-Paket OSMnx genutzt, das auf den OpenStreetMap Daten operiert.

6 METHODIK

Zur algorithmischen Identifikation von Parksuchverkehr sind Indikatoren nötig, um ihn vom regulären Verkehr eindeutig unterscheiden zu können. Wir orientieren uns hierbei an den Ansätzen von Weinberger et al., die sich am Vergleich der zurückgelegten Streckenlänge mit der kürzest möglichen Strecke in einem 400m-Radius um den Zielpunkt der Fahrt orientieren.

6.1 Definition von Parksuchverkehr

In der wissenschaftlichen Literatur existiert keine einheitliche Definition der Begriffe Parksuchverkehr oder Cruising, die eine algorithmische Unterscheidung vom anderen Verkehr zulässt. Es ist offen, ob der Parksuchverkehr erst beim Erreichen des Zielortes oder bereits früher (in einem so genannten Akzeptanzgebiet) beginnt. Jenes Gebiet sei von vielen Faktoren wie etwa Tageszeit und Ortskenntnis abhängig und zudem sehr individuell. Andere Autorinnen und Autoren nähern sich über das Fahrverhalten an und betrachten Geschwindigkeit und wiederholte Abbiegevorgänge (vgl. Wegener).

Offensichtlich ist jedoch die Tatsache, dass bei Parksuchverkehr eine größere Strecke zurückgelegt wird als in dem Fall, wenn der optimale Parkplatz direkt verfügbar ist. Diese vermeintlich simple Tatsache kann als technische Grundlage einer algorithmischen Identifikation ausreichen.

Es werden nun folgende verfügbare Informationen eines gewählten Pfades oder eigens definierte Größen genutzt, um Parksuchverkehr zu identifizieren:

x	letzter Punkt eines Pfades (Ort des gewählten Parkplatzes)
r	Größe des Radius um x in Metern
y	(zeitlich) erster Punkt des Pfades innerhalb eines Kreises um x mit Radius r
dist_min_{x,y}	kürzeste Strecke zwischen den Punkten x und y, berechnet mit OSMnx
dist_real_{x,y}	Länge des entlang des Pfades von x nach y
excess_ratio	= $\text{dist_real}_{x,y} / \text{dist_min}_{x,y}$ Überschussverhältnis
k_{min}	Unterer Schwellenwert
k_{max}	Oberer Schwellenwert

Definiere demnach für eine algorithmische Suche: Für feste k , $r > 1$ und einen gegebenen Pfad liegt dann **Parksuchverkehr** vor, wenn $k_{\min} < \text{excess_ratio} < k_{\max}$.

Weinberger et al. betrachten einen Radius von $r = 400\text{m}$ um den Endpunkt der Fahrt und berechnen die kürzeste Strecke zwischen dem Zielpunkt und dem (zeitlich) ersten Punkt des Pfades innerhalb dieses Radius. Diese wird dann mit der tatsächlich gefahrenen Strecke zwischen diesen beiden Punkten verglichen.

Falls die tatsächlich gefahrene Strecke mehr als $k_{\min} = 1,5$ -fach länger als die kürzest mögliche Verkehrsstrecke ist, wird davon ausgegangen, dass es sich um Parksuchverkehr handelt.

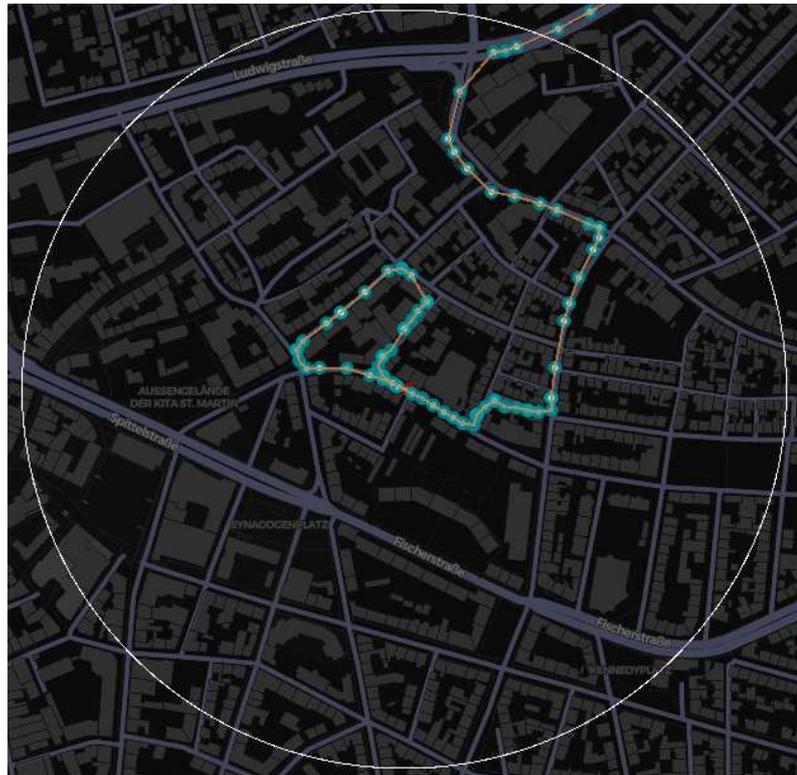


Abb. 3: Ein Beispiel von detektiertem Parksuchverkehr innerhalb eines 400m-Radius um den Parkplatz (rot). Die kürzeste Strecke beträgt hier 542m, die tatsächlich gefahrene mehr als 1047m.

6.2 Anmerkungen zu Excess Ratio und Ausreißer

Da die Fehlerabschätzung für die Ungenauigkeiten der GPS-Messungen und das fehlende Map-Matching einen Wert $f = 1,41$ ergeben, sollte $k_{\min} > f$ gewählt werden. In der Betrachtung der Excess-Ratios fiel auf, dass manche Fahrten extrem hohe Überschussverhältnisse aufweisen.

Bei Fahrten mit $\text{excess_ratio} > 5 = k_{\max}$ wurde davon ausgegangen, dass ein Fehler oder Ausreißer vorliegt und es wurden jene Pfade ausgeklammert (147 Pfade von 361). Es fiel bei einer genaueren Betrachtung auf, dass solche hohen Überschussverhältnisse dann auftreten, wenn der Pfad wiederholt in den Umkreis mit gegebenem Radius ein und austritt. Dies kann insbesondere bei Taxifahrten oder Lieferdiensten der Fall sein, da die Fahrerinnen und Fahrer oft wieder an ihren Ausgangsort zurückkehren (vgl. Abb. 4).

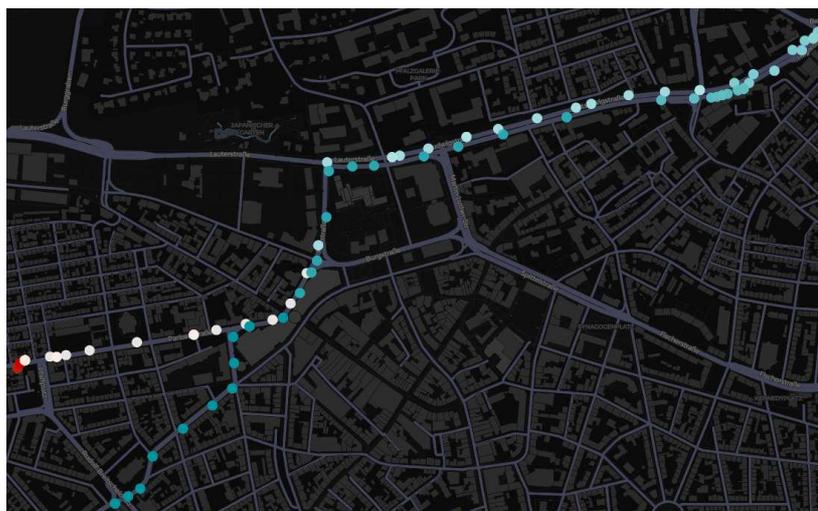


Abb. 4: Ein Pfad mit hohem Überschussquotienten, da sie in der Nähe des Startpunktes (blau) endet (rot). Es wird angenommen, dass hier kein Parksuchverkehr vorliegt.

6.3 True Negatives und False Positives

Es kann bei diesem Ansatz dazu kommen, dass Fahrten, die keinen Parksuchverkehr enthalten fälschlicherweise als solcher identifiziert werden (so genannte True Negatives). Das passiert immer dann, wenn Menschen in der Nähe des Zielorts einen Umweg fahren und nicht den direkten Weg einschlagen. Hierfür sind plausible Gründe denkbar, wie etwa Baustellen oder neue Verkehrsführungen, insbesondere Einbahnstraßen.

Umgekehrt kann es vorkommen, dass Fahrten mit Parksuchverkehr nicht erkannt werden, da sie vom Algorithmus nicht also solche kategorisiert werden (so genannte False Positives). Dies kann vorkommen, wenn nach der Parkplatzsuche ein Parkplatz direkt angesteuert wird, der weiter als 200m entfernt liegt, etwa in einem dem Fahrer bekannten Parkhaus. Darüber hinaus, werden kleine Parksuchwege, die weniger als das 1,5-fache der direkten Strecke in Anspruch nehmen nicht erkannt. Wenn der gefundene Parkplatz also nicht der optimale war, jedoch in unmittelbarer Nähe, kann dies der Algorithmus nicht erkennen.

7 ERGEBNISSE

Von den 9808 untersuchten Pfaden wurden 214 als Fahrten identifiziert, die mit Parksuchverkehr endeten und einen Überschussquotienten von kleiner fünf aufwiesen. Dies entspricht einer Quote von 2% im gesamten Untersuchungsraum. Die zusätzlich gefahrene Strecke allein durch Parksuchverkehr innerhalb dieses Datensatzes lag bei 245 km.

Wenn man davon ausgeht, dass es eine gleichmäßige Durchdringung von 5-10% gibt und man diesen Wert entsprechend skaliert, kommt man auf bis zu 4900 zusätzlich gefahrene Kilometer an diesem einen Samstag.

Es lässt sich feststellen, dass Parksuchverkehr sowohl im Zentrum als auch in den Ortsteilen und umliegenden Gemeinden vorkommt (vgl. Abb. 4).

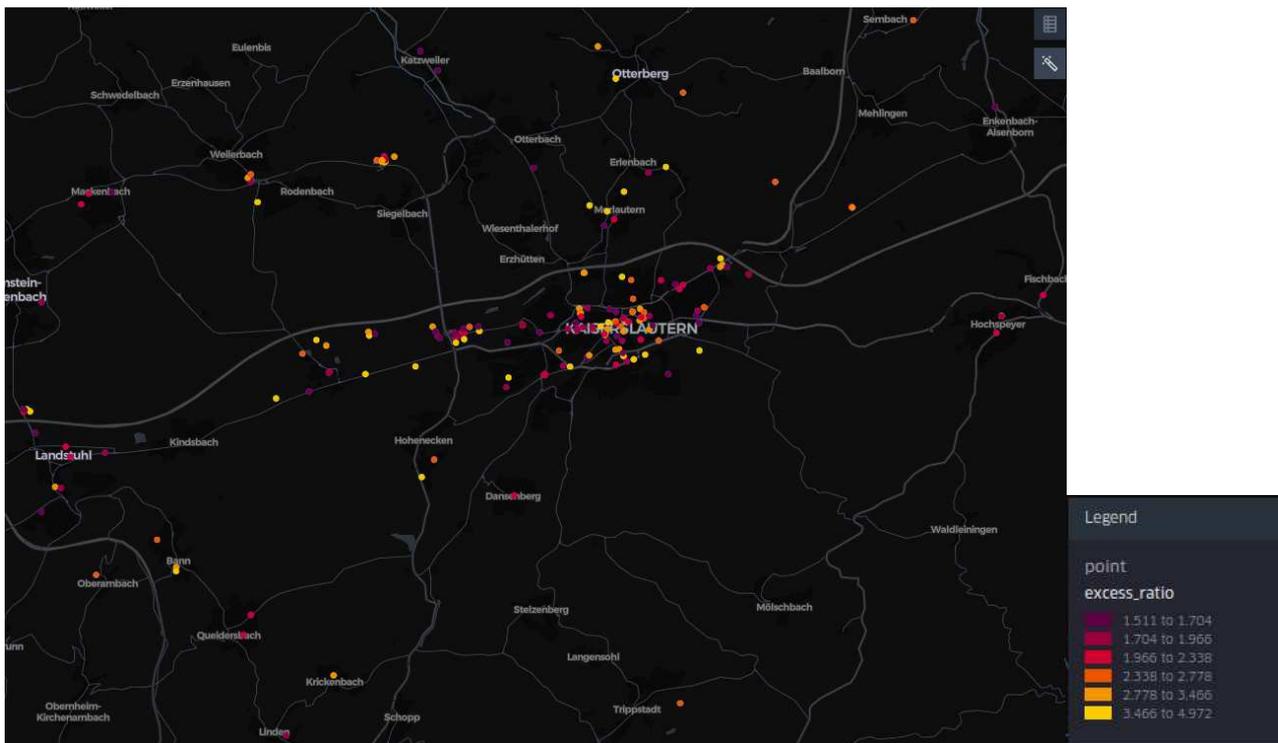


Abb. 5: Zielorte von Fahrten, die mit Parksuchverkehr endeten, im gesamten Untersuchungsraum.

Betrachtet man die Fahrten, die mit Parksuchverkehr endeten im Stadtgebiet von Kaiserslautern lassen sich bei der geringen Anzahl an Datenpunkten zunächst keine Auffälligkeiten erkennen (vgl. Abb. 6).

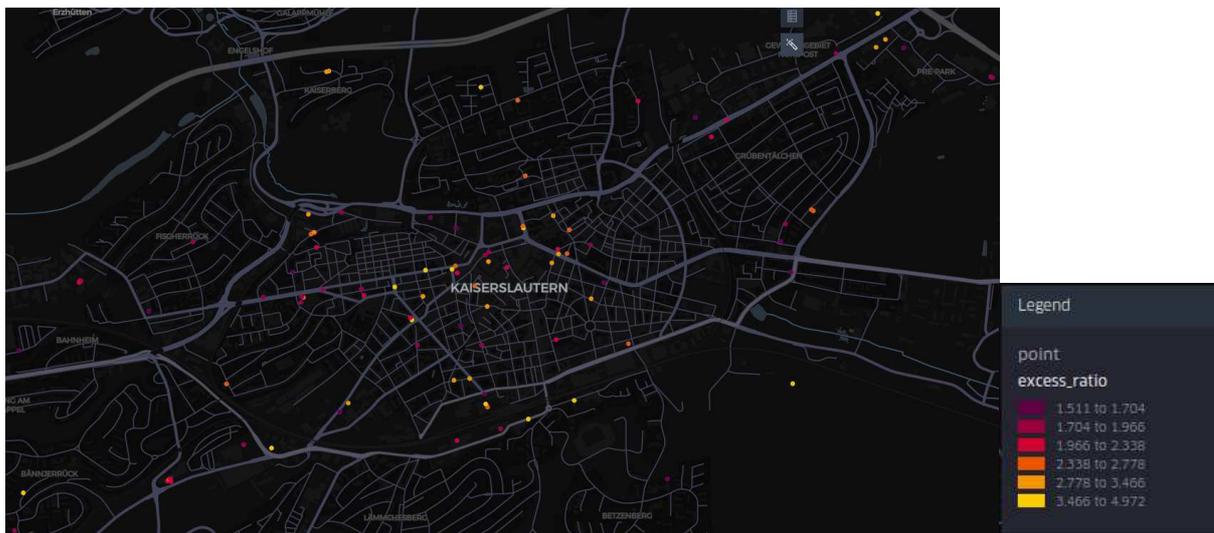


Abb. 6: Zielorte von Fahrten, die mit Parksuchverkehr im Stadtgebiet von Kaiserslautern endeten.

7.1 Kritik und Learnings

In den Prozess der Datenvorverarbeitung wurde erhebliche Zeit und Aufwand investiert, wodurch wertvolle Erkenntnisse über die Daten und ihre Qualität gewonnen wurden. Trotz dieser Bemühungen bestehen jedoch weiterhin Möglichkeiten zur Modifizierung und potenziellen Verbesserung. Beispielsweise könnte der Schritt zur Entfernung der Fußwege nach der Pfaderstellung erfolgen. Es bleibt jedoch unklar, ob ein ausgefeilterer Algorithmus in dieser Phase bessere Ergebnisse erzielen würde.

Für zukünftige Auswertungen wird empfohlen, Gebiete ohne Autobahnen zu wählen, sofern möglich, da die Datenminimierung in diesen Bereichen besonders aufwändig ist. Aufgrund der geringen Durchdringung der Daten ist es zudem ratsam, größere Zeiträume in Betracht zu ziehen.

Weiterhin sollten alternative Darstellungsarten der Ergebnisse gemeinsam mit Verkehrsplanerinnen und Verkehrsplanern erprobt werden, um eine umfassendere Analyse zu ermöglichen. Generell ist zu betonen, dass bei jeder Auswertung kritisch überprüft werden muss, ob die vorhandenen Daten tatsächlich für die angestrebten Zwecke nutzbar sind.

Eine auffällige Häufung von Fahrten lässt sich im Bereich des Industriegebiets nördlich von Siegelbach feststellen. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass in diesem Gebiet ein Amazon-Zentrum ansässig ist und die detektierten Fahrten trotz eines Überschussquotienten kleiner als fünf Auslieferungen ohne erkennbaren Parksuchverkehr aufwiesen.

Die Auswertung nach Tageszeiten wurde aufgrund der begrenzten Datenmenge vorerst ausgelassen. Eine derartige Analyse wäre sinnvoller, wenn mehrere Tage betrachtet werden könnten, um zuverlässigere Schlüsse über zeitliche Muster ziehen zu können.

8 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Floating Car Data (FCD) stellen für Verkehrsplanerinnen und Verkehrsplaner ein wertvolles Werkzeug dar, um detaillierte Einblicke in den Parksuchverkehr ihrer Kommune zu gewinnen. Bei der Nutzung von FCD sind jedoch einige wichtige Aspekte zu berücksichtigen. Eine sorgfältige Auswahl des Untersuchungsgebiets und des Untersuchungszeitraums ist ebenso entscheidend wie das Verständnis der Datenbeschaffung und -qualität, um die Ergebnisse korrekt einordnen und bewerten zu können.

Die Untersuchung eines einzelnen Tages, wie im Fall von Kaiserslautern am untersuchten Samstag im November 2022, lieferte weniger Erkenntnisse als erwartet, da keine Hotspots oder Auffälligkeiten identifiziert wurden. Dennoch kann diese Auswertung als Grundlage für vergleichende und aggregierte Betrachtungen dienen, die perspektivisch zu einem tieferen Verständnis führen können.

Durch die Analyse der zusätzlich zurückgelegten Strecken und die Anwendung geeigneter Modelle ist es möglich, die entstehenden zusätzlichen Emissionen zu ermitteln. Eine interessante Fragestellung ist zudem, welche Art von Verkehr mit Parksuchverkehr endet - kommt der Verkehr von außerhalb oder handelt es sich

um Binnenverkehr mit Fahrten, die auch in Kaiserslautern starten. Diese Auswertung ist mit den vorliegenden Daten möglich.

Ein Abgleich mit Verkehrszählungen oder Sensorerfassungen ist dringend ratsam, um die angegebene Durchdringung und mögliche Skalierung fundiert zu prüfen. Möglicherweise können Verkehrsforschende auch die Pfade nachvollziehen, die mit Parksuchverkehr enden, um Einblicke in das Verhalten der Autofahrenden zu gewinnen.

Überraschend war die Erkenntnis, dass der Algorithmus höchstwahrscheinlich Informationen über Taxifahrten und Fahrten von Lieferunternehmen liefern kann.

Für weitere Untersuchungen ist eine Anpassung der gewählten Konstanten Radius $r = 400\text{m}$ bzw. der Eingrenzung des Überschussquotienten $1,5 < \text{excess_ratio} < 5$ ist denkbar, vor allem wenn man im Vorfeld ein Map-Matching durchführt. Die Berücksichtigung weiterer verfügbarer Attribute wie etwa die Fahrtrichtung könnte eine Verfeinerung des Algorithmus liefern.

Abschließend lässt sich zusammenfassen, dass Floating Car Data eine wertvolle Datenbasis bilden, um Einblicke in den Verkehr und das Fahrverhalten von Autofahrenden zu gewinnen, vorausgesetzt, man berücksichtigt einige Aspekte, zieht keine voreiligen Schlüsse und ist sich der Besonderheiten der Daten bewusst.

9 REFERENZEN

- AGORA VERKEHRSWENDE: Parkraummanagement lohnt sich! Leitfaden für Kommunikation und Verwaltungspraxis, 2019. https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Projekte/2017/Parkraummanagement/Parkraummanagemet-lohnt-sich_Agora-Verkehrswendeweb.pdf (abgerufen am 08.02.2024)
- BARTER PAUL: Is 30% of Traffic Actually Searching for Parking? ReinventingParking. 2013. <https://www.reinventingparking.org/2013/10/is-30-of-traffic-actually-searching-for.html> (abgerufen am 14.12.2023)
- BUNDESREGIERUNG: Bericht der Bundesregierung zur Lebensqualität in Deutschland, 2016. <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/731542/c48fc67756db5c4457a973bdd4332d6e/gut-leben-in-deutschland-abschlussbericht-download-bpa-data.pdf> (abgerufen am 10.02.2024)
- HAGEN TOBIAS, SAKI SIAVASH, SCHEEL-KOPEINIG SABINE: start2park – Determining, Explaining and Predicting Cruising for Parking. Frankfurt, 2021.
- HUBER-ERLER RALF, FEUERBACH STEPHANIE; HOFHERR SEBASTIAN, WEISZ SABRINA: Mobilitätsplan Klima+ 2030 – Klimaschutz Teilkonzept Mobilität, 2018. https://www.kaiserslautern.de/mb/themen/verkehr/mobilitaetsplan2030/endbericht/2018-08-16_kl_mobilitaetsplan-klima+2030_bericht.pdf (abgerufen am 15.02.2024)
- DAMBECK, HOLGER: Spiegel-Datenanalyse zum Verkehr - Der private Pkw verliert drastisch an Bedeutung, 2023. <https://www.spiegel.de/auto/berlin-hamburg-muenchen-und-andere-pkw-verkehr-in-deutschen-metropolen-nimmt-deutlich-ab-a-c4dd7b21-a3ba-4db3-bdac-db23c49c752f> (abgerufen am 11.02.2024)
- KL.DIGITAL GMBH: Smart City Infrastructure, <https://www.herzlich-digital.de/projekte/smart-city-infrastructure/> (abgerufen am 13.02.2024)
- UMWELTBUNDESAMT: Klimaschutz im Verkehr, 2024. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr#rolle> (abgerufen am 12.02.2024)
- WEGENER MARCO: Überprüfung von Befragungsergebnissen für die Städte Ulm und Wuppertal. 1999. <http://www.marco-wegener.de/arbeiten/schiene0.html> (abgerufen am 14.02.2024)
- WEINBERGER RACHEL R, MILLARD-BALL ADAM, HAMPSHIRE ROBERT C.: Parking search caused congestion: Where's all the fuss? Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 120, 2020.
- ZEIT ONLINE: Immer mehr Autos – selbst in den Städten, 2022. <https://www.zeit.de/mobilitaet/2022-11/autodichte-deutschland-entwicklung-verkehrswende> (abgerufen am 10.02.2024)