

Herausforderungen und Chancen einer Parkraum-analyse auf Basis offener Daten

Parking Space Analysis Using Open Data: Challenges and Opportunities

Lea Vogel, Dominik Visca¹, Pascal Neis¹

¹Hochschule Mainz – University of Applied Sciences · pascal.neis@hs-mainz.de

Zusammenfassung: Parkraum rückt in der heutigen Zeit immer mehr in den Fokus, denn durch eine stetig wachsende Urbanisierung und steigende Kfz-Zulassungen verändert sich auch die Nachfrage an Parkmöglichkeiten. Das Management dieses Parkraums erfordert eine Analyse des Parkraumangebots und der -nachfrage. Offene Daten bieten ein bisher nur wenig genutztes Potenzial, diese Analysen auch in der Breite durchzuführen. In diesem Beitrag wird eine Methode vorgestellt, die aus der Kombination verschiedener offener Daten das Parkraumangebot und die -nachfrage bestimmt. Anschließend wird diese Methode prototypisch auf die Altstadt der Stadt Mainz angewendet. Qualität und Vollständigkeit der verwendeten offenen Daten stellen dabei eine Herausforderung dar, denen durch die Kombination mit weiteren Datenquellen und den aktuellen Entwicklungen im Bereich Open Data entgegengewirkt werden kann.

Schlüsselwörter: Parkraumanalyse, offene Daten, Parkraumangebot, Parkraumnachfrage

Abstract: *Parking space is increasingly in focus these days, as steadily growing urbanization and rising vehicle registrations are also changing the demand for parking options. Managing this parking space requires an analysis of parking supply and demand. Open data offer a yet underutilized potential to perform these analyses on a broader scale. This paper presents a method to determine parking supply and demand from a combination of different open data sources. Subsequently, this method is applied prototypically to the old town of the city of Mainz. The quality and completeness of the data used present a challenge, which can be mitigated by combining it with other data sources and the ongoing developments in open data.*

Keywords: *Parking space analysis, open data, parking supply, parking demand*

1 Motivation

Mobilität bedeutet für den Menschen nicht nur die Überwindung von Raum und Zeit, sondern identifiziert sich gleichermaßen auch mit Freiheit und Flexibilität. Der Verkehr setzt die Mobilität um und besitzt heutzutage einen großen Stellenwert. Verdichtete Wohngebiete und eine wachsende Anzahl von Fahrzeugen pro Haushalt führen schnell dazu, dass es deutlich mehr Fahrzeuge als Parkplätze gibt (vgl. Wanner Fandrych, 2023). Die steigende Parkplatzsuche stellt eine große Herausforderung für Mensch und Umwelt dar. Speziell im Zuge der Verkehrswende und dem dadurch begründeten Umstieg der Gesellschaft auf umweltfreundliche Mobilität rückt der Parkraum zunehmend in den Fokus von Politik und Planung. Vielerorts in Kommunen gibt es kein systematisches Wissen, wo Parkplätze bzw. Parkraum verfügbar sind und wie viele Fahrzeuge im jeweiligen Gebiet untergebracht werden können. Häufig sind aufwendige Parkraumanalysen notwendig, um dies beurteilen zu können, die jedoch oft mit viel Zeit- und Personalaufwand sowie hohen Kosten verbunden sind. Besonders im Kontext der Smart Cities stellen digital angebundene Parkflächen einen wichtigen

Baustein dar und auch für zukünftige umweltfreundliche Mobilitätsformen (z. B. Carsharing oder Elektroautos) ist die Verfügbarkeit von Parkraum entscheidend (Giuffrè et al., 2012). Daten über den Parkraum können darüber hinaus auch in den Bereichen der Parkraumbewirtschaftung und Mobilitätsanwendung eingesetzt werden. Generell gilt es als Ziel, die Last des automobilen Verkehrs zu reduzieren und gleichzeitig Chancen für die Gestaltung zugunsten eines hochwertigen Stadtraumes zu nutzen (Schmidt et al., 2013). Parkraumanalysen und das daraus abgeleitete Parkraummanagement kann daher einen wesentlichen Beitrag leisten, die innerstädtische Mobilität hinsichtlich Verkehrswende und nachhaltiger Stadtentwicklung zu verändern (Kirschner & Lanzendorf, 2020).

In diesem Beitrag werden verschiedene Verfahren zur Parkraumanalyse betrachtet. Der Fokus bei den verschiedenen Vorgehensweisen liegt auf der Verwendung offener Daten, die teilweise durch nichtöffentliche Daten ergänzt wurden. Darauf aufbauend wird eine eigens entwickelte Methode vorgestellt, welche die beiden Teilgebiete der Parkraumanalyse, Parkangebot und Parknachfrage, abdeckt. Dadurch ergeben sich im Rahmen dieses Beitrages die folgenden zwei Forschungsfragen: 1.) Welche offen verfügbaren Daten und Methoden können zur Parkraumanalyse miteinander kombiniert werden? 2.) Wo liegen Chancen und Herausforderungen bei der Verwendung ausschließlich offener Daten zur Umsetzung einer Parkraumanalyse? Durch eine prototypische Parkraumanalyse der Mainzer Altstadt werden abschließend die zuletzt genannten Punkte adressiert.

2 Stand der Technik

Im Zuge einer Parkraumanalyse ist anfangs zwischen den Begrifflichkeiten Parkraumangebot und -nachfrage zu unterscheiden. Das Parkraumangebot beschreibt die Gesamtheit aller verfügbaren Parkstände und Stellplätze. Im Gegensatz dazu stellt die Parkraumnachfrage die aktuelle Nachfrage nach Parkraum dar. Parkraummanagement dient dazu, das Parkraumangebot und die damit verbundene Nachfrage zu steuern. Bei einem Parkstand handelt es sich um eine öffentlich zugängliche Fläche, auf der Straßenfahrzeuge geparkt werden können. Im Gegensatz dazu bezeichnet ein Stellplatz eine solche Fläche auf privatem Grund. Eine Parkierungsanlage dient in diesem Zusammenhang als Oberbegriff für Parkhäuser und Tiefgaragen.

Zu den bekanntesten Methoden zur Erfassung der Parkraumnachfrage gehört die Verwendung von Sensoren, die auf unterschiedlicher Basis wie Infrarot, Ultraschall oder Druck die Parkraumbelegung, oder konkret die geparkten Fahrzeuge, erfassen. Bei dieser Vorgehensweise kann zwischen Einzelplatzdetektion, Flächendetektion, Sensoren in Fahrzeugen und Smartphones, Verkehrsfluss- oder Durchfahrtsanalysen unterschieden werden. Von Vorteil sind die Möglichkeiten des Echtzeitzugriffs und dass solche Belegungsdaten häufig auch über Internetschnittstellen öffentlich zur Verfügung stehen. Die Nachteile solcher verwendeten Sensoren sind dagegen die Witterungsanfälligkeit, Anschaffung, Wartung und Datenverarbeitung, die mitunter sehr kostspielig sind (Liebe & Hillebrand, 2020; Bienzeisler et al., 2019). GPS-Informationen aus Fahrzeugen können wichtige Erkenntnisse für die Parkraumnachfrage mit vergleichsweise wenig Zeit- und Personalaufwand liefern (Hagen et al., 2020). Als großer Nachteil ist hingegen, abgesehen von der Verwendung und Analyse von personenbezogenen Daten, der ggf. erforderliche Datenkauf bei privaten Anbietern zu nennen.

Für die Erfassung des Parkraumangebotes wird häufig die bildgestützte Analyse mit digitalen Orthophotos herangezogen. Die vorhandenen Parkplätze werden anhand des Bildmaterials in einem Geoinformationssystem kartiert und ein KI-Algorithmus erkennt die Anzahl und Position parkender Fahrzeuge. Eine luftbildgestützte Analyse in Verbindung mit Machine Learning ist bei großen Untersuchungsgebieten sinnvoll. Diese Methode eignet sich besonders gut zum Verifizieren vorhandener Daten (Bäumler, 2018). Die Verwendung von Luftbilddaten ermöglicht die Einsicht in nicht öffentlich zugängliche Bereiche, wie z. B. Innenhöfe. Problematisch sind allerdings die räumliche Auflösung sowie Schattenwurf oder verdeckende Elemente, wie z. B. Bewuchs oder Carports, die eine Erfassung von Parkplätzen und Fahrzeugen erschwert. Durch die Verwendung von Bildmaterial aus Straßenbefahrungen wie Google Street View können einige Schwächen von Orthophotos wie den Schattenwurf oder Verdeckung durch Carports ausgeglichen werden (vgl. Guo, 2013). Das beispielweise von Google oder Apple angebotene, flächendeckend angebotene Bildmaterial unterliegt allerdings lizenzrechtlichen Einschränkungen und ist damit nicht als „offen“ im Sinne von Open Data zu bewerten.

Kleinteiligere und in der Regel nicht öffentlich verfügbare Daten im Kontext der Parkraumanalyse sind vor allem die Erhebung von Fahrdaten per Fragebögen (vgl. Lux & Schäfer, 2015) sowie die visuelle Erhebung der tatsächlichen Parksituation durch Ortsbegehungen oder durch Kamera- und Videoaufnahmen. Diese Methoden liefern häufig sehr genaue Daten, mit denen sich auch qualitative Aussagen treffen lassen. Die Erhebungen sind allerdings personal- und zeitaufwendig (vgl. Moeinaddini et al., 2013; Hagen et al., 2020).

Die Analyse von Parkhausdaten, Handyparken, Daten aus Parkscheinautomaten sowie Ordnungswidrigkeiten kann auch ergänzende Hinweise auf das Parkraumangebot und die -nachfrage bieten (Liebe & Hillebrand, 2020; Schäfer et al., 2019). Die Verfügbarkeit dieser Daten ist aber auch hier kritisch zu betrachten. Die grundlegenden Hemmnisse bei der Bereitstellung von offenen Daten auf kommunaler Ebene und die daraus resultierenden Schwierigkeiten wurden auch in Bender et al. (2020) diskutiert. Dort wird deutlich, dass explizit Daten im Bereich der Mobilität und des Verkehrs ein hohes Potenzial für die Entwicklung innovativer Dienste aufweisen. Neben offenen Daten aus Verwaltungen existieren aber auch Projekte wie OpenStreetMap (OSM), in welchem Geoinformationen gemeinsam zusammengetragen werden und der Öffentlichkeit frei zur Verfügung stehen (Neis & Zielstra, 2014). Diese Daten konnten bereits in einer Parkraumanalyse im Rahmen einer Mobilitäts- und Verkehrswende-Initiative der Berliner OSM-Community verwendet werden (vgl. Seidel, 2021).

Gerade die Kombination unterschiedlicher Methoden und Verschmelzung verschiedener Daten können eine verbesserte Aussage zum Angebot und zur Nachfrage des Parkraums ermöglichen. Im Bereich der Lastkraftwagen zeigte Bäumler (2018) anhand telematischer Parkraummanagementsysteme und mittels Sensorik und Bilderkennungstechnologien wie die absolute Parkplatzanzahl erhöht werden kann. Bezüglich der Detektion von Parkräumen für Personenkraftwagen mittels Machine Learning haben Badii et al. (2018) Messgrößen und Techniken zur Vorhersage der Anzahl verfügbarer Parkplätze in städtischen Parkhäusern untersucht. In der veröffentlichten Publikation wurden mit historischen Daten der Parkhausauslastung, Wetterbedingungen und von Verkehrsflussdaten gearbeitet. Dabei konnte ein Ansatz für die Implementierung von zuverlässigen und schnellen Vorhersagen über verfügbare Parkplätze entwickelt werden. Einen ähnlichen Ansatz verfolgten auch López Díaz et al. (2022) sowie Schuster und Volz (2019).

3 Methode

Die in diesem Beitrag vorgestellte Vorgehensweise kombiniert verschiedene Methoden und Daten unterschiedlicher Herkunft. Dies soll Aufschluss über das Parkraumangebot und die Parkraumnachfrage geben, um schlussendlich eine Aussage über den Parkraum vor Ort treffen zu können. Abbildung 1 zeigt das Ablaufschema der entwickelten Methode. Zu Beginn der Parkraumanalyse müssen die zugrunde liegenden Daten recherchiert und zusammengetragen werden. Dabei werden ausschließlich offene oder frei verfügbare Geodaten und Informationen verwendet. Dazu zählen unter anderem zur Bestimmung des Parkraumangebotes Daten aus dem OSM-Projekt, Orthophotos, die DTK5 und die Liegenschaftskarte. Daneben liefern Parkhaus- und Zensusdaten wichtige Informationen für die Parkraumnachfrage. Im Anschluss kann durch die Gegenüberstellung des möglichen Bedarfs, des Pkw-Bestandes sowie der Standorte der Parkräume eine Parkraumbilanz ermittelt werden.

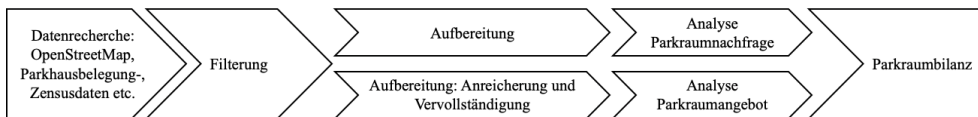


Abb. 1: Schematische Darstellung der Vorgehensweise der Parkraumanalyse

Eine wichtige Grundlage für die Ermittlung des Parkraumangebotes stellen die Daten über die derzeit verfügbaren Stellplätze und Parkstände dar. Dafür können aus dem OSM-Projekt die relevanten Straßensegmente, Parkplätze sowie Verkehrsobjekte gewonnen werden. Im weiteren Verlauf kann auf dessen Grundlage die Anzahl und Lage der Parkplätze im und abseits des Straßenbereichs abgeleitet werden. Über die jeweiligen Geoportale der Länder können zum Vervollständigen und Verifizieren der Daten Luftbilder, digitale topografische Karten sowie Liegenschaftskarten verwendet werden.

Bei dem Parkraumangebot wird zwischen Straßenparken und Parken abseits der Straße unterschieden. Beides ist in den Daten des OSM-Projekts entweder an Straßensegmenten oder -flächen mit zusätzlichen Details zum Parken zu finden. Dazu gehört die Art des Parkens (längs, schräg, quer, Park- oder Halteverbote), die Position des Parkens (auf der Fahrbahn, am linken und oder rechten Fahrbahnrand, in einer Parkbucht, auf dem Gehweg, halb auf dem Gehweg, auf dem Seitenstreifen) und mögliche Bedingungen und Einschränkungen (zeitlich begrenzt, für Nutzergruppen reserviert, gebührenpflichtig). Zur genauen Generierung der Parkplätze aus den OSM-Daten im Straßenbereich orientieren wir uns an Seidel (2021). Damit die Parklücken im Parkstand generiert werden können, müssen Informationen zur Parkrichtung hinterlegt sein. Dies ist zwingend erforderlich, da die Parkrichtung einen großen Einfluss auf die Abstände zwischen den generierten Parklücken hat. Als Aufstellwinkel wurde für alle Parkplätze in Schrägaufstellung ein konstanter Winkel von 60 Gon angenommen. Prinzipiell kann dieser Winkel bei der Schrägaufstellung in der Realität zwischen 50 und 90 Gon variieren. Um die Anzahl an Parkplätzen im Straßenbereich zu ermitteln, kann eine gezielte Nachbearbeitung notwendig werden. Objekte, die das Parken im Parkstreifenbereich verhindern, wurden in einem separaten Arbeitsschritt mit Sicherheitsabständen von den Parkbereichen abgezogen. Dazu gehören Fahrradabstellanlagen, Verkehrsschilder, Straßenbäume und Laternen. Außerdem sind andere Verkehrsobjekte zu beachten, auf denen oder

um die – gemäß Verordnung – mit bestimmten Abständen eingeschränkt oder nicht geparkt werden darf. Darunter fallen ÖPNV-Haltestellen, Grundstückseinfahrten, Kanaldeckel, Ampeln, Fußgängerüberwege und Fußgängerzonen, welche ebenfalls in den Daten des OSM-Projekts zur Verfügung stehen. Neben der quantitativen Analyse der Daten wird eine qualitative Analyse durchgeführt. Damit werden fehlende Kapazitäten des Parkstandes und Angaben der vorhandenen Behindertenparkplätze vervollständigt. Nach § 45 Abs. 1b Nr. 2 StVO und DIN 18040-3 sind insgesamt drei Prozent der gesamten Parkstände, pro zusammenhängenden Parkraum aber mindestens ein Parkstand für Menschen mit Behinderung über einen Seitenausstieg zu reservieren. Der Anteil der erforderlichen Plätze hängt jedoch sehr stark von der Art der Anlage ab. In Wohngebieten richtet sich die Anzahl von Behindertenparkplätzen im öffentlichen Raum nach der Anzahl der Behindertenwohnungen. Durch den Export der Elektroladesäulen aus OSM und der hinterlegten Kapazität kann eine Aussage über die Anzahl der Elektrofahrzeug-Parkplätze geschlossen werden. Gleiches gilt für reine Motorrad- und Busparkplätze sowie Carsharing-Standorte. Die Anzahl der voraussichtlich bewirtschafteten Parkplätze werden von den Standorten der Parkscheinautomaten, Parkhäuser und Tiefgaragen sowie Parkscheinzonen abgeleitet. Die erforderlichen Daten können entweder über eigene Portale der Kommune abgerufen werden oder aus einer Kombination räumlicher Analyse mit OSM-Daten entstehen. Durch die Verwendung der Parkscheinautomaten soll auf die Beschränkung der Parkplätze im und abseits des Straßenraums geschlossen werden. Die bei der Parkraumnachfrage eingesetzten Parkhausdaten enthalten Belegungsdaten von Parkhäusern und können damit Hinweise für den Bedarf an Parkplätzen geben. Dabei werden aus den Belegungsdaten der Parkhäuser sogenannte Ganglinien erstellt, um die zeitliche Verteilung der genutzten Stellplätze der Parkhäuser bzw. der Parkhausauslastung über die Tagesstunden und Wochentage zu bestimmen. Mittels der Zensusdaten und der darin enthaltenen Informationen über die Anzahl der Haushalte kann der Pkw-Bestand für ein Gebiet approximiert werden, sollten keine genaueren Angaben durch die Kommune zur Verfügung stehen, beispielsweise erhoben durch eine Mobilitätsbefragung.

4 Prototypische Parkraumanalyse

Um mögliche Herausforderungen und Chancen der vorgestellten Methode aufzudecken, wurde eine prototypische Parkraumanalyse für die Altstadt der Stadt Mainz durchgeführt. Als Landeshauptstadt mit einer Gesamteinwohnerzahl von ca. 220.000 und einer Fläche von ca. 98 km² nimmt Mainz und insbesondere die Altstadt eine besondere zentral-örtliche Funktion ein, was sie zu einem relevanten Untersuchungsgebiet macht. Die verschiedenen Analysen zur Ermittlung des Parkraumangebotes und der -nachfrage erfolgten unter Zuhilfenahme von QGIS. Die automatisierte Ableitung der Parkplätze im öffentlichen Raum für das Untersuchungsgebiet aus den OSM-Daten orientierte sich an Seidel (2021). Das manuelle Vervollständigen erfolgte durch die für Mainz zur Verfügung stehenden Luftbildaufnahmen der Landesbefliegung von 2020. Die Aufnahmen besitzen eine ausreichende räumliche Auflösung von 40 cm/Pixel, um in den meisten Fällen die folgenden Attribute ableiten zu können: straßenseitiges Parken, Ausrichtung der geparkten Fahrzeuge und vereinzelt auch die Parkposition. Bedingungen und Einschränkungen beim Parken können dabei nur schwer erkannt, höchstens erahnt werden. Generell ist auch darauf zu achten, dass an Bundesstraßen und an Wegen, die nicht für den motorisierten Verkehr bestimmt sind, keine Parkinformationen erhoben werden. Insgesamt ergeben sich daraus für den Stadtteil der Altstadt in Mainz 15,5 km Straßennetz mit Parkinformationen. Dies entspricht einem Anteil von 42 % des Gesamtstra-

ßennetzes der Altstadt, an dem Fahrzeuge parken können. Auf Basis dessen werden die Straßen-Basisattribute ermittelt. Dazu zählen die Breiten der Straßen und der Parkstreifen. Außerdem werden aus den hinterlegten Attributen Parkausrichtung und -position sowie die Bordsteinschnittpunkte im Kreuzungsbereich berechnet. Im Ergebnis können so 4.026 Parkstände auf Basis der verwendeten und vervollständigten Daten generiert werden (siehe Abb. 2). Bei 129 Straßenzügen kann parallel, bei 9 orthogonal und bei 19 diagonal geparkt werden. Die Parkrichtung bestimmt die Abstände der Fahrzeuge zueinander, wobei sich im Inneren der Altstadt keine Parkplätze im Straßenbereich befinden.

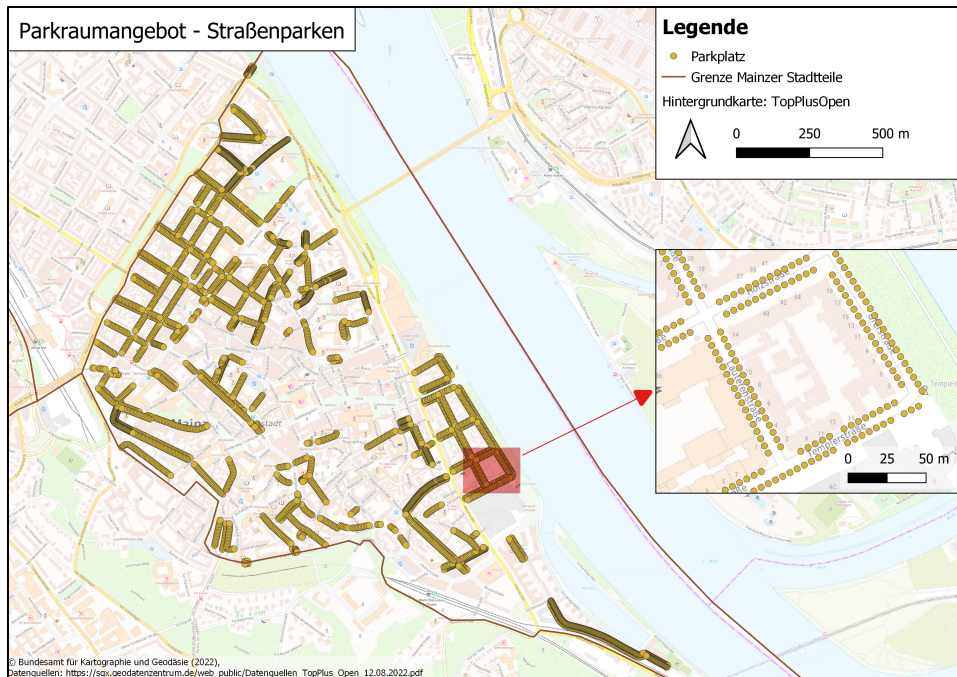


Abb. 2: Ergebnis Straßenparken im Untersuchungsgebiet der Altstadt in Mainz

Beim Parken abseits der Straße konnten 7.951 Stellplätze lokalisiert werden. Dazu zählen sowohl private Stellplätze als auch Stellplätze in Parkhäusern, Tiefgaragen, Garagen, die für die öffentliche Nutzung vorgesehen sind. Außerdem sind auch Behindertenparkplätze, Busparkplätze, Motorradparkplätze und Parkplätze für Carsharing sowie Elektrofahrzeuge vorzufinden. Dem gegenüber steht die Parkraumnachfrage. In einer ersten Analyse wurde über die Belegungsdaten von sechs Parkhäusern im ausgewählten Stadtteil für einen Zeitraum von vier Monaten die durchschnittliche prozentuale Auslastung berechnet. Im Untersuchungszeitraum erreichten die Ganglinien bei vier von sechs Parkhäusern nur sehr vereinzelt und in der Spitze eine annähernd 100%ige Auslastung je zur Mittagszeit zwischen 11 und 14 Uhr von Montag bis Samstag. Im Schnitt waren die sechs Parkhäuser im Untersuchungszeitraum tagsüber (zwischen Montag und Samstag) zu 60 % ausgelastet. Nachts ist in der Regel nur eine Belegung um 25 % festzustellen. Informationen über Langzeit- bzw. Dauerparken konnten den verwendeten Daten nicht entnommen werden. Die zweite Analyse hinsichtlich der

Parkraumnachfrage beschäftigt sich mit dem Pkw-Bestand, welcher über die Zensusdaten und einer Mobilitätsbefragung der Stadt Mainz aus dem Jahr 2019 berechnet wurde (Visca et al., 2022; Landeshauptstadt Mainz, 2019). Demnach besitzt jeder Haushalt durchschnittlich 1,1 Pkw. Abbildung 3 zeigt farbig den Pkw-Bestand und die in dem Gitter befindliche Anzahl der Parkplätze in diesem Bereich.

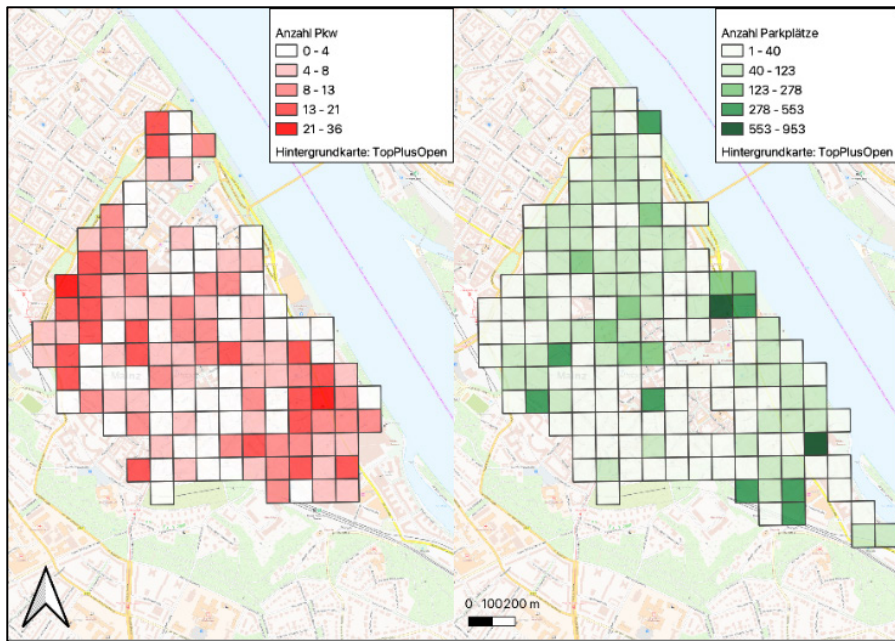


Abb. 3: Vergleich Pkw-Bestand und Parkplätze im Untersuchungsgebiet der Altstadt

Es sind nicht alle Bereiche in der Altstadt abgedeckt. Dies liegt daran, dass es Bereiche gibt, in denen keine Stellplätze ermittelt wurden oder zu denen keine Zensusdaten vorliegen. Beim Betrachten der Karte fallen zwei Ballungsräume bezüglich des Pkw-Bestandes auf: westlich der Altstadt, nahe dem Hauptbahnhof und südöstlich zwischen der Rhein- und Holzhofstraße. Befindet sich in einem 100-Meter-Gitter ein Parkhaus oder eine Tiefgarage, liegt eine höhere Anzahl an Parkplätzen vor. Vor allem in Randbereichen ist hingegen häufig eine geringe Anzahl an Parkplätzen vorzufinden. Wird die Anzahl der Parkplätze dem ermittelten Pkw-Bestand gegenübergestellt, lassen sich mithilfe einer regelbasierten Darstellung Bereiche identifizieren, die einen Überschuss oder ein Defizit an Parkplätzen darstellen. Das Verhältnis verfügbarer Pkw-Parkplätze zur Anzahl zugelassener Pkw wird hier als Parkraumbilanz bezeichnet. Sind mehr Parkplätze als zugelassene Pkw vorhanden, handelt es sich um einen Parkplatzüberschuss, andernfalls um ein -defizit. In zehn der 127 Zellen, in denen jeweils Informationen zum Pkw-Bestand und den Parkplätzen gibt, ist ein Defizit an Parkplätzen zu beobachten. Jedoch wird ausschließlich der Pkw-Bestand, also die Fahrzeuge der Personen die vor Ort leben, beachtet. Dementsprechend sind zusätzlich noch Besucher, die ebenfalls in der Altstadt parken, zu berücksichtigen.

5 Diskussion der Ergebnisse

Die automatisierte Generierung von Parkplätzen im Straßenbereich erfolgte auf Basis von frei verfügbaren, teilweise erhobenen und vervollständigten Datensätzen aus unterschiedlichen Quellen. Während der durchgeführten prototypischen Parkraumanalyse zeigte sich durch visuelle Vergleiche mit Luftbildern, dass die generierten Parklücken in großen Teilen gut zur Realität passen. Nur bei Annahmen der Straßenbreiten kommt es zu größeren Abständen zwischen den generierten und den tatsächlichen Parklücken. Falls die Attribute der Straßenbreite und das der Parkrichtung bei den Straßensegmenten nicht vollständig hinterlegt sind, müssen diese Informationen manuell erfasst werden. Schwierigkeiten in der Erhebung der Parkrichtung ergeben sich bei langen Straßenzügen mit wechselnder Parkrichtung. Daneben ist auf den Straßenverlauf zu achten, um die Parkrichtung an der richtigen Straßenseite zu erfassen. Die in Kapitel 2 thematisierten Schwächen bei der Verwendung von Orthophotos haben sich auch hier bestätigt, generell empfiehlt sich die Verwendung von Orthophotos mit einer möglichst hohen Bodenauflösung. Parkbedingungen oder -einschränkungen, wie zum Beispiel Halteverbote, sind i. d. R. trotz allem nicht aus dem Luftbild zu erfassen. Das der Mainzer Stadtverwaltung zur Verfügung stehende interne System mit 360-Grad-Ansichten aus der Straßenperspektive könnte hier aber beispielsweise wertvolle Informationen liefern um die Daten weiter zu vervollständigen.

Beim Betrachten aller generierten Parkplätze im Straßenbereich (vgl. Abb. 2) ist auffällig, dass sich im Zentrum der Altstadt keine Parkplätze im Straßenbereich befinden. Das liegt vor allem an den Fußgängerzonen und verkehrsberuhigten Bereichen in der Altstadt-Mitte. Durch die im Vergleich verminderte Datenvollständigkeit bei OSM mussten die Kapazitäten des Parkens abseits der Straße oftmals geschätzt und Annahmen getroffen werden. Für öffentlich nutzbare Parkhäuser und Tiefgaragen konnten Informationen auf den Internetseiten der Betreiber recherchiert werden, die Überprüfung privater Stellplätze ist dennoch nur begrenzt mit offenen Daten zu realisieren. Die Parkhausdaten ermöglichen es, zeitliche Muster der Belegung festzustellen. Bei der Wahl der zu analysierenden Parkierungsanlagen ist es sinnvoll, möglichst über das ganze Untersuchungsgebiet verteilte Parkhausdaten zu wählen. Generell ist bei der Beurteilung der Plausibilität der gewonnenen Daten zur Parkraumanalyse eine gewisse Ortskenntnis von großem Vorteil.

Die Zensusdaten ermöglichen es, eine Aussage über den Pkw-Bestand zu treffen. Dazu werden Daten zu Bewohner:innen auf die jeweiligen Haushalte disaggregiert (Visca et al., 2022). Jedoch ist das Alter der Daten (Stichtag 9. Mai 2011) ein Kritikpunkt. Nachteilig wirkt sich auch das Anonymisierungsverfahren aus, sodass die Daten nicht flächendeckend zur Verfügung stehen. Für die Mainzer Altstadt stehen daher nur 136 Gitterdaten zur Verfügung, welche einen Bestand von 1.107 Pkw präsentieren. U. a. im südlichen Teil der Altstadt im Bereich des Winterhafens sind keine Zensusdaten vorhanden, da die Neubauten nach dem Zensusstichtag fertiggestellt wurden. Für weitere Analysen empfiehlt es sich auf die Veröffentlichung der neuen Zensusdaten von 2022 zu warten, was für eine Folgeuntersuchung geplant ist. Die zugelassenen Pkw der Anwohner stellen allerdings nur einen Teil der Parkraumnachfrage dar. Der Pendlerüberschuss, ausgelöst durch den Berufsverkehr oder Einkäufe, ist ein weiterer wesentlicher Teil der Parkraumnachfrage, der in der obigen Analyse nicht berücksichtigt wurde. Allerdings ist in diesem Zusammenhang zu erwähnen, dass sich durch die Corona-Pandemie und die dadurch resultierende Möglichkeit des Homeoffice das Parkverhalten wandelt (Reicher & Tietz, 2022).

6 Fazit: Herausforderungen und Chancen

Insgesamt lassen sich durch die vorgestellte Methodik und die verwendeten Daten verschiedene Rückschlüsse ziehen. Erkennbar ist in jedem Fall, dass Chancen und Herausforderungen bei der Verwendung ausschließlich offener Daten nah beieinanderliegen. Im Hinblick auf die eingangs gestellten Forschungsfragen ist zusammenfassend zu sagen, dass die Verknüpfung unterschiedlicher offener Daten und der in diesem Beitrag verwendeten Methoden Aussagen über das Parkraumangebot und die -nachfrage zulassen. Die Datenqualität beeinflusst jedoch maßgeblich das Gesamtergebnis. Je nachdem welche Daten verwendet werden, hat sie je nach Größe des Untersuchungsgebiets somit einen direkten Einfluss auf die Übertragbarkeit, die Aktualisierung bzw. Aufbereitung der Daten und damit Konsequenzen im Aufwand bei der Durchführung einer Analyse des Parkraumangebotes und der Parkraumnachfrage auf Basis ausschließlich offener Informationen.

Besonders kritisch ist die Qualität der OSM-Daten hinsichtlich der zweiten Forschungsfrage zu beurteilen. Insbesondere die Vollständigkeit und Detailtiefe von Objekten und deren Attributen in OSM ist regional sehr unterschiedlich und abhängig von Interessen der lokalen Communities und Beitragenden (vgl. Neis et al., 2013). Konkret sind die Daten zu straßenbegleitendem Parken derzeit nicht standardmäßig erfasst und vielerorts lediglich rudimentär vorhanden, was eine Nacherfassung und -bearbeitung erfordert. Außerdem zeigt die Analyse, dass wenige Daten zum privaten Stellplatzangebot vorliegen. Sie eignet sich hauptsächlich für die öffentliche Parkraumnutzung. Um genauere Ergebnisse zu erzielen und den gesamten Parkraum abzubilden, sind umfassende Daten der privaten Stellplätze notwendig. Darüber hinaus sind Pendlerbewegungen und das Vorhandensein von Gewerbe in einem Untersuchungsgebiet in einer vertiefenden Analyse zu berücksichtigen, um eine realitätsnahe Aussage über die tatsächliche Parkraumnachfrage treffen zu können.

Literatur

- Badii, C., Nesi, P., & Paoli, I. (2018). Predicting Available Parking Slots on Critical and Regular Services by Exploiting a Range of Open Data. *IEEE Access*, 6, 44059–44071. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2864157>.
- Bäumler, I. (2018). *Intelligentes LKW-Parkraummanagement*. Schriftenreihe des Lehrstuhls für Logistikmanagement, 1.
- Bender, C., Dieke, A., Hillebrand, A., & Strube Martins, S. (2020). *Open Data für mehr Mobilität. Kommunale Daten. Attraktive Anwendungen, Mobile Bürger*. Eine Studie der mFUND-Begleitforschung des WIK.
- Bienzeisler, B., Bengel, S., Handrich, M., & Martinetz, S. (2019). *Die digitale Transformation des städtischen Parkens*. Stuttgart: Fraunhofer IAQ. Retrieved from <https://doi.org/10.24406/PUBLICA-FHG-299572>.
- Giuffrè, T.; Siniscalchi, S. M., & Tesoriere, G. (2012). A novel architecture of Parking management for Smart Cities. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 53, 16–28. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.856>.
- Guo, Z. (2013). Residential Street Parking and Car Ownership. *Journal of the American Planning Association*, 79(1), 32–48. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/01944363.2013.790100>.

- Hagen, T., Schäfer, P. K., Scheel-Kopeinig, S., Siavash Saki, Nguyen, T., Klaus-Peter Wenz, & Bellina, L. (2020). *Ganglinien als Grundlage für eine nachhaltige Parkraumplanung*. Retrieved from <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28696.83202>.
- Kirschner, F., & Lanzendorf, M. (2020). Parking management for promoting sustainable transport in urban neighbourhoods. *Transport Reviews*, 40(1), 54–75. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/01441647.2019.1666929>
- Landeshauptstadt Mainz (2019). *Mobilitätsbefragung 2019 zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Bevölkerung in Mainz*. Aachen: Ingenieurbüro Helmert.
- Liebe, A., & Hillebrand, A. (2020). *Platz da?! Datenbasierte Systeme zur Parkplatzerkennung*. Eine Studie der mFUND-Begleitforschung des WIK.
- López Díaz, M., Kehlbacher, A., Hellekes, J., Merkle, N., Henry, C., & Heinrichs, M. (2022). Detecting and Estimating On-street Parking Areas from Aerial Images. In: *Transportation Research Board (TRB) 101st Annual Meeting, 9.-13. Jan. 2022, Washington, D.C., USA*. Retrieved from <https://elib.dlr.de/148454/>.
- Lux, K., & Schäfer, P. (2015). Comparative Research on parking policies in European cities from 2004 to 2014. In: *17th European Parking Association Congress 2015*. Berlin.
- Moeinaddini, M., Asadi-Shekari, Z., Ismail, C. R., & Zaly Shah, M. (2013). A practical method for evaluating parking area level of service. *Land Use Policy*, 33, 1–10. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.11.014>
- Neis, P., Zielstra, D., & Zipf, A. (2013). Comparison of Volunteered Geographic Information Data Contributions and Community Development for Selected World Regions. *Future Internet*, 5(2), 282–300. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/fi5020282>.
- Neis, P., & Zielstra, D. (2014). Recent Developments and Future Trends in Volunteered Geographic Information Research: The Case of OpenStreetMap. *Future Internet*, 6(1), 76–106. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/fi6010076>
- Reicher, T., & Tietz, J. (2022). Mobilität auf dem Prüfstein. In: T. Reicher, & J. Tietz (Eds.), *Atmende Städte* (pp. 37–40). Wiesbaden: Springer Fachmedien. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-658-37759-5_5
- Schäfer, P., Lux, K., Wolf, M., Hagen, T., & Celebi, K (2019). *Entwicklung von übertragbaren Erhebungsmethoden unter Berücksichtigung innovativer Technologien zur Parkraumdatengenerierung und Digitalisierung des Parkraums*. Frankfurt University of Applied Sciences.
- Schmidt, A., Jansen, H., Wehmeyer, H., & Garde, J. (2013). *Neue Mobilität für die Stadt der Zukunft*. Institut für Stadtplanung und Städtebau (Universität Duisburg-Essen), Kulturwissenschaftliches Institut Essen, Transportation Research and Consulting GmbH.
- Schuster, T., & Volz, R. (2019). Predicting Parking Demand with Open Data. In: I. O. Pappas et al. (Eds), *Digital Transformation for a Sustainable Society in the 21st Century* (pp. 218–229). Cham: Springer International Publishing. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-030-29374-1_18.
- Seidel, A. (2021). *Parkraumanalyse für den Berliner Ortsteil Neukölln – Methoden- und Ergebnisbericht*. Retrieved from <https://parkraum.osm-verkehrswende.org>.
- Visca, D., Hoppe, M., & Neis, P. (2022). Zur Generierung eines Melderegisters als Pseudo-Derivat aus frei verfügbaren Informationen. *AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik*, (8), 73–82. Retrieved from <https://doi.org/10.14627/537728008>.
- Wanner Fandrych, S. (2023). Aus Parkraum einen sozialen und ökologischen Mehrwert schöpfen? Ansätze für Umprogrammierungen am Beispiel von Parkhäusern. TU Berlin, Fakultät VI, Institut für Stadt- und Regionalplanung (Ed.), *ISR Impulse*, 72. Retrieved from <https://doi.org/10.14279/DEPOSITONCE-16733>.