

Berücksichtigung von Nutzeranforderungen bei der Planung von ÖPNV-Trassen: Eine Methode zur objektiven Bewertung und Empfehlungen im Kontext von Haltestellenstandorten

Helena Hamann¹, Felix Petre² ; Martin Wogan^{1, 3} 

¹B/M Consult, Lampestraße 3, 38114 Braunschweig, Germany

²Institut für Verkehr und Stadtbauwesen, TU Braunschweig, Hermann-Blenk-straße 42, 38108 Braunschweig, Germany

³Institut für Bauinformatik, TU Dresden, Nürnberger Str. 31a, 01187 Dresden, Germany
E-Mails: martin.wogan@bmconsult.de

Abstract: Die Planung von ÖPNV-Trassen im urbanen Raum unterliegt einer Vielzahl von technischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen. Zusätzlich müssen Anforderungen der zukünftigen Nutzer über den gesamten Projektablauf berücksichtigt werden, auch wenn diese nicht durch Regelwerke und Gesetze klar definiert sind. Die Aufgabe des Ingenieurs besteht darin, alle an das Projekt gestellten Anforderungen zu ordnen, zu bewerten und Handlungsempfehlungen z. B. in Form von Plänen, Modellen, Berichten und Präsentationen für den Auftraggeber und in allgemeinverständliche Form für die zukünftigen Nutzer zu formulieren. Die Berücksichtigung einer Vielzahl von Nutzergruppen mit unterschiedlichen Anforderungen bei der Bewertung ist hierbei ein nicht zu vernachlässigender Bearbeitungsschritt. In dieser Arbeit wurden dafür die Standortbestimmungen von ÖPNV-Haltestellen im Kontext von Nutzergruppen untersucht und eine Methode entwickelt, um objektive Bewertungen und Handlungsempfehlungen für die Platzierung zu erzeugen. Das langfristige Ziel der Autoren ist es, eine individuell anpassbare Mobilitätsbewertungsplattform (MBPF) zu entwickeln. Die MBPF ist dabei eine Plattform, die es ermöglicht, an einem beliebigen Standort die Erreichbarkeit von Zielorten (Points of Interest, POI) zu berechnen und zu bewerten.

Keywords: Mobilitätsbewertungsplattform (MBPF), OpenStreetMap, Synthetische Population, ÖPNV, Point of Interest (POI)



Erschienen in Tagungsband 35. Forum Bauinformatik 2024, Hamburg, Deutschland, DOI: 10.15480/882.13495
© 2024 Das Copyright für diesen Beitrag liegt bei den Autoren. Verwendung erlaubt unter Creative Commons Lizenz Namensnennung 4.0 International.

1 Einleitung

Der öffentliche Personennahverkehr (ÖPNV) wird als Basis einer nachhaltigen innerstädtischen Mobilität angesehen, da dieser anderen Verkehrsmitteln hinsichtlich Leistungsfähigkeit (Transportkapazität) und Umweltbilanz, bei guter Auslastung, deutlich überlegen ist [1]. Eine nachhaltige Verkehrswende gelingt daher nur mit einem attraktiven und qualitativ hochwertigen ÖPNV [2]. Die Attraktivität und Qualität des ÖPNV-Angebots bedarf einer gezielten Förderung [3, 4] um eine gezielte Erweiterung zur Aufrechterhaltung und Verbesserung des aktuellen Angebotes [3] zu erreichen. Damit die Qualität und Attraktivität für unterschiedliche Nutzergruppen bereits in der Planung sichergestellt werden kann, fehlt es den Planern aus Sicht der Autoren aktuell an einer Methode, die nutzergruppenspezifische Anforderungen (nsA) an den ÖPNV zu berücksichtigen.

Die Mobilität ist ein Grundbedürfnis jedes Einzelnen. Mobilität ist hierbei der physische Bewegungsvorgang zwischen verschiedenen Standorten [5]. Jeder möchte über den Tag verschiedene Ziele, im Weiteren Points of Interest (POIs) genannt, erreichen, woraus sich individuelle Wegeketten jedes Einzelnen über einen betrachteten Zeitraum zusammensetzen [6]. Eine besondere Bedeutung haben hierbei die Umsteigeknoten in den Wegeketten, die Haltestellen des ÖPNV. Diese gilt es attraktiv und komfortabel z. B. durch Schutz vor Hitze oder Regen [7] zu gestalten, aber auch in ihrer Lokalität optimal zu verorten [8]. Die nsA bilden die Grundlage zur Bestimmung von Wegeketten und deren Optimierung im Kontext von Haltestellengestaltung, -platzierung und optimalen ÖPNV-Routen [9].

Die vorgestellte Methode ist ein Baustein für die Entwicklung einer Mobilitätsbewertungsplattform (MBPF). In der MBPF sollen zukünftig die im Planungsprozess von Infrastrukturprojekten zu berücksichtigenden nsA zusammengefasst werden und zur Verbesserung der Planungsergebnisse führen [10].

Um die nsA der verschiedenen Nutzergruppen in der MBPF abzubilden, müssen detaillierte Eigenschaften der Bevölkerung im Untersuchungsraum bekannt sein. Diese Daten sind jedoch in der Regel nur stark aggregiert verfügbar. Eine Methode zur disaggregierten Rekonstruktion dieser Daten, die teilweise bei agentenbasierten Verkehrsmodellen genutzt wird [11], ist die Erstellung einer synthetischen Bevölkerung. Hierbei werden verschiedene Informationsquellen kombiniert, um eine repräsentative Bevölkerung auf Haushaltsebene zu erstellen, die für weitere Berechnungen verwendet werden kann. Ein fortschrittlicher Population Synthesizer ist das Tool "PopulationSim", eine Programmbibliothek, die als Teil des ActivitySim Verkehrsnachfragemodells entwickelt wurde [12]. Hierbei werden Kontrollmerkmale wie Alter und Geschlecht verwendet, um die Eigenschaften der Bevölkerung in einem bestimmten geographischen Rahmen widerzuspiegeln. Die Verbindung von POIs, synthetischer Population und nsA sind im Kontext der Mobilitätsbewertung (Abbildung 1) neu und wurden bisher nicht genutzt, beinhalten aber ein großes Potential für die Planung.

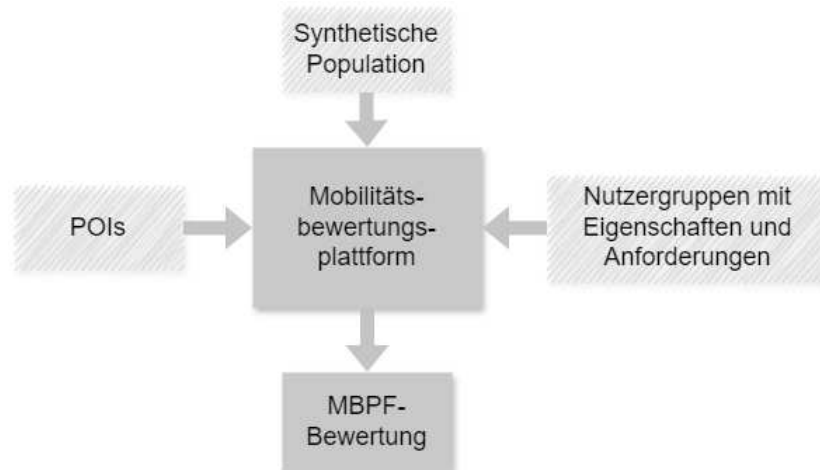


Abbildung 1: Überblick MBPF Schema

2 Stand der Praxis

Für die ÖPNV-Planung gelten verschiedene Gesetze, Verordnungen und Empfehlungen. Aus den hier wichtigsten Regelwerken ergeben sich folgende Vorgaben für die ÖPNV-Haltestellen und deren Platzierung:

- Sicherer und ordnungsgemäßer Betrieb muss gewährleistet sein [13,14, 15, 16]
- Kurze, ansprechende Zugangs- und Reisezeiten sowie eine Minimierung externer Störungseinflüsse (bestimmen Attraktivität und Qualität) [1]
- Barrierefreiheit ist bei der ÖPNV-Planung verpflichtend [1, 17]
- Haltestellen als „Visitenkarte des ÖPNV“ [1]
- Haltestellenabstand für optimale Reisegeschwindigkeit (wichtige Anforderung) [1]
- Es hat sich bewährt, Haltestellen an Kreuzungen/Knotenpunkten anzuordnen [1]
- In der Regel werden Haltestellenkaps empfohlen (Ausnahmen: Pausenzeiten, Schülerverkehr (Sicherheit) oder Abwarten von Anschlüssen vorgesehen) [1]

Eine Unterscheidung in verschiedene Nutzergruppen sowie eine detaillierte Betrachtung der nsA findet in den Regelwerken, abgesehen von der Sicherheit von Schülern und der Barrierefreiheit für Menschen mit Mobilitätseinschränkungen, keine Erwähnung. Die nsA von Fahrgästen werden nur allgemein benannt und bieten keine hinreichende Grundlage für die MBPF.

2.1 Unterscheidung von Bewertungsverfahren von Haltestellen

2.1.1 Haltestellenqualitäts-Bewertungsverfahren

Die Verfahren zur Bewertung von Haltestellen unterscheiden sich zwischen den jeweiligen Infrastrukturanbietern und basieren auf einem vergleichbaren Muster. In den meisten Bewertungsverfahren wird der Bestand bei einer Vorortbesichtigung auf einer Punkteskala bewertet und anschließend

mit Gewichtungen verrechnet. Daraus errechnet sich eine Gesamtnote, die sich aus einer unterschiedlichen Anzahl von Teilnoten ergeben kann. Hierbei werden z. B. die Sauberkeit der Haltestelle, die vorhandenen Einrichtungen wie Uhren und Infotafel sowie deren Zustand erfasst. Es findet somit nur eine Bewertung des Ist-Zustandes statt, der helfen soll, einen optimalen Ist-Zustand zu erreichen bzw. zu erhalten. [18]

2.1.2 Standort-Bewertungsverfahren

Eine Vorgabe zur Bewertung der Haltestellenstandorte konnte in der Recherche nicht gefunden werden. In den Gesetzen, Verordnungen und Empfehlungen für den ÖPNV, werden die Interessen von Fahrgästen im Kontext von Haltestellen nur in allgemeiner Form und ohne die Betrachtung unterschiedlicher Nutzergruppen berücksichtigt. Es werden keine konkreten Vorgaben zur Platzierung von Haltestellen gemacht, sondern nur eine Empfehlung zur Platzierung an Kreuzungen ausgesprochen [1].

3 Methode

Die Wegekette eines Nutzers setzt sich aus POIs zusammen, die je nach nsA unterschiedlich oft frequentiert werden. Eine Ansammlung von POIs, die möglichst viele nsA bedienen, könnte somit einen guten Standort für eine Haltestelle darstellen. Gleichzeitig wird angenommen, dass auch ein POI der in vielen nsA erwähnt wird, ein guter Haltestellenstandort sein könnte, da viele unterschiedliche Personengruppen den POI erreichen wollen. Es gilt somit POIs, nsAs und Wegeketten zu kombinieren und auszuwerten, um Rückschlüsse auf optimale Haltestellenstandorte zu erhalten. In vorherigen Untersuchungen hat sich gezeigt, dass die nsA und damit verbunden individuellen Wegekette schwer zu ermitteln sind. Es mussten daher Annahmen in Bezug auf die Benutzergruppen getroffen werden, die es weiter zu verifizieren gilt. Hierfür wurde eine Basismatrix auf Grundlage von Expertengesprächen und Vor-Ort-Beobachtungen entwickelt. Diese Basismatrix wird fortlaufend durch z. B. Befragungen bei Bürgerbeteiligungen um nsAs, POIs und den entsprechenden Knotenverbindungen ergänzt. Implementierungen in Graphen und Ontologien sind in Arbeit.

3.1 Mobilitätsbewertungsplattform (MBPF)

Die konzeptionellen Ursprünge einer MBPF wurden im Rahmen der Veröffentlichung Hasselberg et al. [19] entwickelt. Dabei ging es um die Fragestellung, ob anhand von POIs die Fahrradtauglichkeit für die innerstädtische Verkehrsplanung basierend auf OpenStreetMap (OSM) Datensätzen analysiert und mittels Web-Visualisierung Planern (Abbildung 2) zur Verbesserung des Planungsprozess und somit von Planungsergebnissen genutzt werden kann. Die technische Machbarkeit konnte in der Veröffentlichung gezeigt werden. Als Weiterentwicklungsmöglichkeiten wurde die Einbeziehung der nsA identifiziert. Zudem wurde die Entwicklung eines zusätzlichen Moduls zur Bewertung von ÖPNV-Haltestellen angeregt.

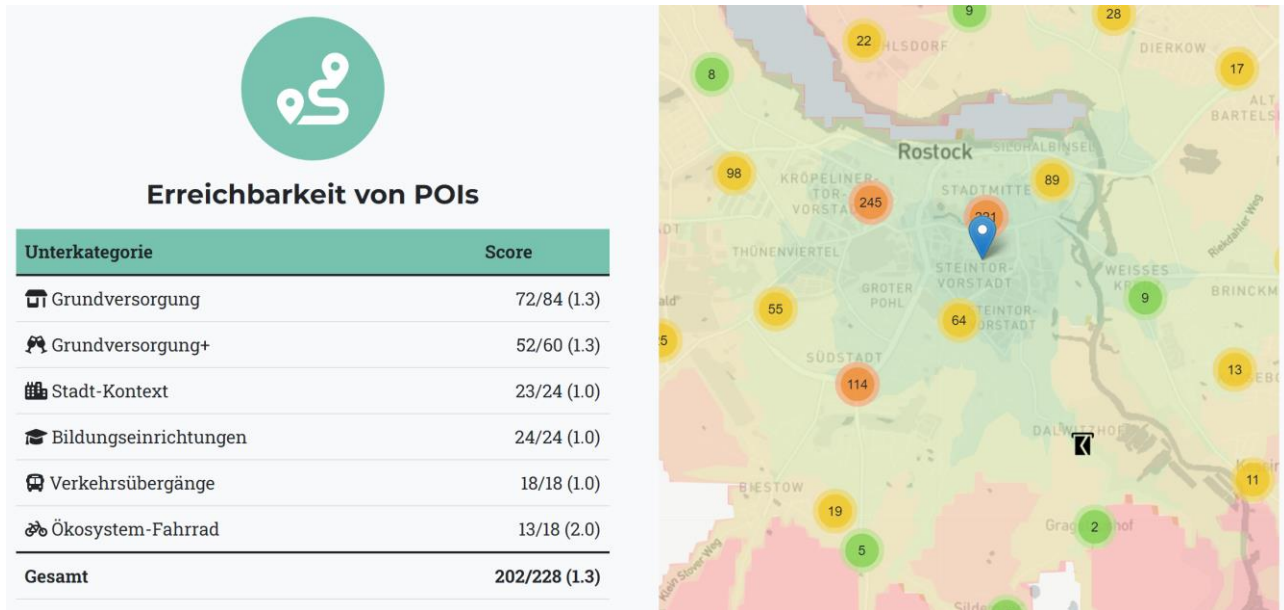


Abbildung 2: Erreichbarkeit von POIs nach Hasselberg

3.2 Nutzergruppen / POIs

Eine Berücksichtigung von Nutzergruppen sowie der nsA wird als wichtig erachtet, da nur eine effektivere und inklusive Transportplanung durch eine transparente und methodisch fundierte Erfassung von Nutzerbedürfnissen erreicht werden kann, was letztlich zu einem besseren, an die tatsächlichen Bedürfnisse der Nutzer angepassten ÖPNV führen wird [8].

Die betrachteten ÖPNV-Nutzergruppen sind, angelehnt an [20], in Abbildung 3 dargestellt. Diese Darstellung beinhaltet nur einen kleinen Ausschnitt der Nutzergruppen und eine exemplarische Auswahl an Verbindungen zwischen Nutzergruppen und potenziell häufig besuchter POIs. Eine Erweiterung auf eine unbegrenzte Anzahl von Nutzergruppen sowie die Faktoren der Vermischung (Nutzer ist morgens Arbeitnehmer, nachmittags Freizeitnutzer) wurden in der MBPF berücksichtigt.

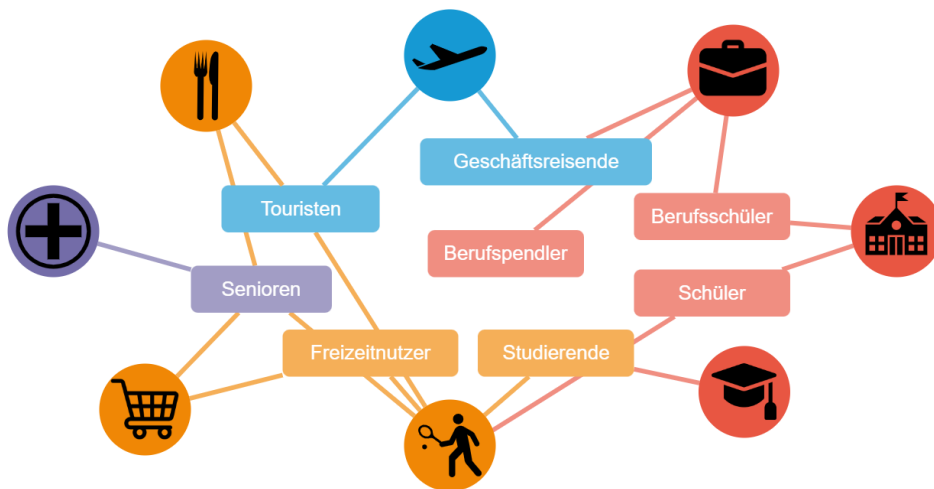


Abbildung 3: Exemplarische POIs für unterschiedliche Nutzergruppen

3.3 Synthetische Bevölkerung

Zur Erstellung der synthetischen Bevölkerung nutzt die MBPF den population synthesizer "PopulationSim". Da PopulationSim alleinstehend sehr aufwändig und komplex nutzbar ist, wurde ein "pre-processor" entwickelt, der die Nutzung weitestgehend automatisiert. Als Grundlage wird hier der Zensus, die "Mobilität in Deutschland" (MiD), und öffentlich verfügbare stadtteil- und stadtweite Daten genutzt. Die entwickelte Methodik liefert eine sehr gute Abbildung der Bevölkerung, insofern Daten in ausreichender Qualität vorliegen [21].

Mithilfe des hier genutzten Ansatzes können Modellbevölkerungen für einen beliebigen Planungsraum in Deutschland flexibel und leicht anpassbar auf die jeweilige Datenverfügbarkeit erstellt werden und so Nutzergruppen zuverlässig erfasst werden.

3.4 Haltestellenstandortbewertung

Die Grundlage der Methode bildet die Bewertung auf Basis von realen fußläufigen Entfernungen. Dies konnte bereits in der von Hasselberg [19] beschriebenen Plattform automatisiert durchgeführt werden. Mit geringem Aufwand kann so die reale fußläufige Entfernung inklusive Topografie in der Einheit Minuten bestimmt werden. Bei der Methode wird bewusst auf die Nutzung von Scores verzichtet, weil diese Rohdaten "verschatten", indem sie wichtige Details verdecken. Außerdem führt eine Gewichtung der Daten zu Verzerrungen und einem möglichen Bias. Aufgearbeitete Rohdaten hingegen bieten in der Praxis einen viel größeren Nutzen, da sie eine detaillierte und präzise Analyse ermöglichen, die zu fundierteren Entscheidungen führt. Außerdem werden folgende Faktoren berücksichtigt:

- Einbindung von Bevölkerungsdaten und demografischer Entwicklung (Synthetische Bevölkerung)
- Differenzierung von verschiedenen Nutzergruppen und deren Ansprüchen (nsA)
- Berücksichtigung von lokalen Besonderheiten durch Nutzung von POIs aus OSM
- Kontinuierliches Lernen aus Nutzereingaben (z. B. Beliebtheit von POIs)

Als Ergebnis werden dem Nutzer aufbereitete, standortabhängige Daten wie die Reisedauer zu verschiedenen POIs, die Zuwegedauer zu Haltestellenstandorten für verschiedene Nutzergruppen ausgegeben. Insbesondere das Empfinden über die Erreichbarkeit aufgrund einer Wegstrecke ist hochgradig subjektiv und muss somit auf nsA hin untersucht und unterschieden werden. Aktuell beruhen die Berechnungen auf standardisierten Annahmen für die Gehgeschwindigkeit, perspektivisch lässt sich diese aber nutzergruppenspezifisch abbilden.

4 Zusammenfassung / Ausblick

Im Hinblick auf das Thema Planungstransparenz kann die MBPF einen wichtigen Beitrag leisten. Durch die Möglichkeit einer Plattform sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass Nutzergruppen „vergessen“ werden oder besondere nsA von Planern ungewollt „übersehen“ werden.

Im nächsten Schritt muss die Methode weiter verfeinert und in einfach nutzbaren Softwareapplikationen umgesetzt werden. Eine Anbindung des Prototypen an weitere Datenbanken ist in Bearbeitung und soll es zukünftig ermöglichen, durch offene Schnittstellen weiter an Intelligenz zu gewinnen. Weiter fehlt es dem Prototypen noch an Untersuchungen zur Usability, einer potentiellen Plattformumgebung sowie einer visuellen Aufbereitung, die allgemeinverständlich von allen Nutzern verständlich ist.

Aktuell wird an der Entwicklung von weiteren Features wie die Einbindung von verkehrsmittelübergreifenden Wegeketten gearbeitet. Perspektivisch soll eine direkte Anbindung an Planungstools erfolgen. Dies soll zukünftig die beschriebene sofortige Auswertung und Ergebnisanzeige im Planungsprozess liefern, ohne über Drittsoftware den Arbeitsprozess unterbrechen zu müssen.

Referenzen

- [1] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. Empfehlungen für Anlagen des öffentlichen Personennahverkehrs: EAÖ. Bd. 289. FGSV. Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, op. 2013.
- [2] Verkehrsverbund Rhein-Ruhr (VRR), Hrsg. Gemeinsam. Nachhaltig. Mobil. <https://www.vrr.de/de/der-vrr/nachhaltigkeitsagenda/>, [Letzter Zugriff: 20.05.2024].
- [3] Umweltbundesamt, Hrsg. Klimaschutz im Verkehr. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr/klimaschutz-im-verkehr#umweltverbund>, [Letzter Zugriff: 25.05.2024].
- [4] Bundesministerium für Digitales und Verkehr, Hrsg. Überblick: Klimaschutz im Verkehr. <https://bmdv.bund.de/DE/Themen/Mobilitaet/Klimaschutz-im-Verkehr/Ueberblick/ueberblick.html>, [Letzter Zugriff: 25.04.2024].
- [5] Handwörterbuch der Raumforschung und Raumordnung. 4., neu bearb. Aufl. Hannover: Akademie für Raumforschung, 2005, S. 655.
- [6] Arbeitsgruppe Verkehrsplanung. Multi- und Intermodalität: Hinweise zur Umsetzung und Wirkung von Maßnahmen im Personenverkehr. Hrsg. von Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. https://www.fgsv.de/fileadmin/gremien/ak_128/Teilpapier_1_Definitionen.pdf, [Letzter Zugriff: 15.04.2024].
- [7] F. Körner, N. Sievers, and B. Ehrenholz, „ÖPNV-Haltestellen an Extremwetterereignisse anpassen – Erarbeitung eines Konzepts,“ *Der Nahverkehr*, vol. 09/2023, pp. 12-14, 2023.
- [8] R. Hrelja and H. Antonson, 'Handling user needs: methods for knowledge creation in Swedish transport planning', *Eur. Transp. Res. Rev.*, vol. 4, no. 3, pp. 115–123, Sep. 2012.
- [9] J. M. A. M. Ramos, V. G. J. Almeida, H. S. Santana, T. R. M. Braga Silva, and F. A. Silva, 'User-centered analysis of a safe bus routing strategy', *JISA*, vol. 14, no. 1, pp. 84–94, Jun. 2023.
- [10] O. Manambelona, 'Anwendungsorientierte Prüfung der interaktiven parameterbasierten Planung und Bewertung von Radwegen in urbanen Räumen'. Oct. 23, 2023.

- [11] B. Fabrice Yaméogo, P. Gastineau, P. Hankach, und P.-O. Vandanjon, „Comparing Methods for Generating a Two-Layered Synthetic Population“, *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, Bd. 2675, Nr. 1, S. 136–147, Jan. 2021.
- [12] B. M. Paul, J. Doyle, B. Stabler, J. Freedman, and A. Bettinardi, “Multi-level Population Synthesis Using Entropy Maximization-Based Simultaneous List Balancing,” *Transportation Research Board 97th Annual Meeting Transportation Research Board*, 2018.
- [13] Allgemeines Eisenbahngesetz: AEG, https://www.gesetze-im-internet.de/aeg_1994/AEG.pdf, [Letzter Zugriff: 01.04.2024], 1993.
- [14] Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung: EBO, <https://www.gesetze-im-internet.de/ebo/EBO.pdf>, [Letzter Zugriff: 01.04.2024], 1967.
- [15] Verordnung über den Bau und Betrieb der Straßenbahnen: BOStrab, <https://www.gesetze-im-internet.de/bgg/BGG.pdf>, [Letzter Zugriff: 01.04.2024] 1987.
- [16] Verordnung über den Betrieb von Kraftfahrunternehmen im Personenverkehr: BOKraft, https://www.gesetze-im-internet.de/bokraft_1975/BOKraft.pdf, [Letzter Zugriff: 01.04.2024] 1975.
- [17] Personenbeförderungsgesetz: PBefG, <https://www.gesetze-im-internet.de/pbefg/PBefG.pdf>, [Letzter Zugriff: 01.04.2024] 1961.
- [18] S. Jagdhuhn, “35. Qualitätskontrolle an den Bahnstationen in Schleswig-Holstein: Ergebnisbericht Winter 2018/2019”, In: (2019) <https://www.nah.sh/assets/downloads/Bericht-QK35-Winter-2018.pdf>, [Letzter Zugriff: 24.05.2024], S. 2–25.
- [19] J. Hasselberg, M. Berger, and M. Wogan, *Microservice-basierte Analyse und Web-Visualisierung zur Fahrradtauglichkeit für die innerstädtische Verkehrsplanung*. DE: Wichmann Verlag, 2023. Accessed: Dec. 11, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.14627/537742013>.
- [20] J. Zwiers, S. Behrendt, L. Büttner, I. Kolloosche, C. Scherf, S. Mader, and W. Schade, *Wandel des öffentlichen Verkehrs in Deutschland: Veränderung der Wertschöpfungsstrukturen durch neue Mobilitätsdienstleistungen : eine Transformationsanalyse aus der Multi-Level-Perspektive*. Bd. Nr. 451 (Januar 2021). Study/ Hans-Böckler-Stiftung. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung, 2021, S. 37.
- [21] F. Bigi, T. H. Rashidi, F. Viti, *Synthetic Population: A Reliable Framework for Analysis for Agent-Based Modeling in Mobility*. *Transportation Research Record*, 2024, Available: <https://doi.org/10.1177/03611981241239656>