



architektur +
raumplanung

DIPLOMARBEIT

Cargobikeability - Bewertung der Eignung des Wiener Straßenraums für die Lastenradnutzung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades Diplom-Ingenieur
eingereicht an der TU-Wien, Fakultät für Architektur und Raumplanung

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of Diplom-Ingenieur at
the TU Wien, Faculty of Architecture and Planning

von

Lukas Kreditsch

01609215

Betreuer: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Martin Berger

Mitbetreuung: Projektass.in DI Aurelia Kammerhofer Bakk.a techn.

Forschungsbereich: Verkehrssystemplanung E280-05 | MOVE

Technische Universität Wien,

Karlsplatz 13, 1040 Wien, Österreich

Wien, am 22.10. 2024



Kurzfassung

Die vorliegende Diplomarbeit hat zum Ziel, die Qualität des Wiener Verkehrsnetzes für die Lastenradnutzung zu bewerten. Aus verschiedenen Studien und Umfragen geht hervor, dass das Sicherheitsgefühl von Radfahrer:innen im Straßenverkehr in Wien vergleichsweise gering ist. Als wesentliches Defizit wird der unzureichende Ausbau der Verkehrsinfrastruktur wahrgenommen. Aufgrund dessen hat sich die Stadt Wien zum Ziel gesetzt, den Straßenraum für die Nutzung durch Fahrräder attraktiver zu gestalten. Dies lässt sich aus verschiedenen Konzepten und Planungsstrategien ableiten.

Aufgrund der verschiedenen Modellen von Lastenrädern, die sich von herkömmlichen Fahrrädern in Bezug auf das Fahrverhalten, die Größe und dem Gewicht unterscheiden können, werden im ersten Schritt relevante Indikatoren definiert, die einen Einfluss auf das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen haben können. Diese Indikatoren werden anschließend gewichtet, um einen Cargobikeability-Index für jeden Straßenabschnitt zu berechnen. Der Cargobikeability-Index reflektiert die Qualität der Infrastruktur für die Nutzung von Lastenrädern. Die Ergebnisse werden unter anderem in Form von Karten visualisiert.

Darüber hinaus erfolgt eine Differenzierung der Indexwerte nach unterschiedlichen Nutzungsgründen sowie eine Hochrechnung auf Bezirksebene.

Obwohl die Analyse überwiegend positive Ergebnisse zeigt und folglich die Wiener Infrastruktur eine durchschnittlich hohe Qualität für die Lastenradnutzung aufweist, ist eine kritische Betrachtung der Ergebnisse unerlässlich. Insbesondere die subjektive Wahrnehmung der Gewichtung einzelner Indikatoren könnte das Resultat der Analyse verändern. Trotz einer singulären Sensitivitätsanalyse und einer durchgeführten qualitativen Überprüfung des Bewertungsmodells wurden Fehler und Grenzen sowohl in der Methodik als auch in der Auswahl der Indikatoren erkannt.

Die aufgezeigten Schwächen und Grenzen der Arbeit sollen als Grundlage für weitere Forschungsarbeiten dienen, um zukünftig eine noch aussagekräftige und präzisere Bewertung der Lastenradfreundlichkeit des Wiener Straßennetzes zu ermöglichen.

Abstract

The aim of this diploma thesis is to assess the quality of Vienna's road network for the use of cargo bikes.

Various research studies and surveys have shown that cyclists do not consider the street network of Vienna as safe. The inadequate quality of infrastructure is seen as a major deficiency. As a result, the City of Vienna has set itself the goal to make the infrastructure more attractive for the use of bicycles. This can be derived from various concepts and planning strategies.

As part of this work, the Viennese street network is analysed regarding its “*cargobikeability*”. Depending on the design of a cargo bike, its characteristics can differ from those of a conventional bicycle, which can be reflected as well in the riding behaviour.

In a first step, indicators are defined that have potential influence on the quality of a road segment for the use of cargo bikes. The indicators are then weighted based on various parameters, which lead to an index value that is derived for each road segment and further reflects the quality of the usage of cargo bikes. The determined index values are also presented in form of various maps.

Furthermore, a differentiation of the index value based on reasons for the cargo bike use and an extrapolation at district level should provide an overview of the quality of cargo bike usage.

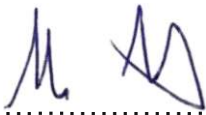
Although the result of the evaluation model is positive and thus the infrastructure in Vienna has a high “*cargobikeability*”, the result should be viewed with caution. Especially subjective perceptions of individual indicators can influence the outcome of the analysis. Although a singular sensitivity analysis and a qualitative analysis were able to confirm the validity of the evaluation model, errors and limitations of the model and the specific indicators were detected in this study.

The identified errors and limitations should serve for further, more in-depth research to enable an even more valid assessment of the quality of Vienna's “*cargobikeability*”.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt bzw. die wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Zudem bestätige ich, dass keine künstliche Intelligenz (KI) für die Verfassung der Arbeit bzw. für Teile der Arbeit zum Einsatz gekommen ist.

Wien, am 22.10.2024



.....
Lukas Kreditsch

Einverständniserklärung zur Plagiatsprüfung

Ich nehme zur Kenntnis, dass die vorgelegte Arbeit mit geeigneten und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Mitteln (Plagiat-Erkennungssoftware) elektronisch-technisch überprüft wird. Dies stellt einerseits sicher, dass bei der Erstellung der vorgelegten Arbeit die hohen Qualitätsvorgaben im Rahmen der ausgegebenen der an der TU Wien geltenden Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis - „Code of Conduct“ (Mitteilungsblatt 2007, 26. Stück, Nr. 257 idgF.) an der TU Wien eingehalten wurden. Zum anderen werden durch einen Abgleich mit anderen studentischen Abschlussarbeiten Verletzungen meines persönlichen Urheberrechts vermieden.

Wien, am 22.10.2024



.....
Lukas Kreditsch

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	2
Abstract.....	3
Eidesstattliche Erklärung.....	4
Einverständniserklärung zur Plagiatsprüfung	4
1. Einleitung	9
1.1. Forschungsinteresse	9
1.2. Methodik und Aufbau der Arbeit	11
1.2.1. Literaturrecherche.....	13
1.2.2. Literaturrecherche und empirische Forschung	14
1.2.3. Empirische Forschung.....	14
1.3. Eingrenzung der Arbeit.....	14
2. Theoretischer Hintergrund.....	16
2.1. Die Geschichte des Lastenrades	16
2.2. Lastenrad, das Spezialrad	17
2.3. Nutzer:innengruppen Lastenrad	19
2.3.1. Familien	19
2.3.2. Logistik	20
2.3.3. Verkauf- und Werbezweck	22
2.4. Radinfrastruktur Wien	23
2.4.1. Modal Split Wien.....	24
2.4.2. Radinfrastruktur und politische Zielsetzungen Wiens	25
2.5. Berechnungsmethode Cargobikeability-Index	28
2.5.1. Bikeability-Index.....	29
2.5.2. <i>“Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel”</i>	30
3. Bewertungsmodell.....	33
3.1. Definition Indikatoren	36
3.1.1. Anlageart für die Lastenradnutzung	39
3.1.1.1. Einrichtungsrادweg	41
3.1.1.2. Zweirichtungsrادweg.....	41
3.1.1.3. Geh- und Radweg	42
3.1.1.4. Radfahrstreifen	43
3.1.1.5. Radfahren gegen die Einbahn	44
3.1.1.6. Mehrzweckstreifen.....	44
3.1.1.7. Radfahren auf der Busspur.....	45

3.1.1.8.	Verkehrsberuhigte Zone	46
3.1.1.9.	Lastenradfreundliche Zone	46
3.1.2.	Breite der Fahrbahn	47
3.1.3.	Deckschicht des Oberbaus	48
3.1.4.	Steigung des Straßenabschnittes	49
3.1.5.	Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	51
3.1.6.	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs und Schwerverkehrs	52
3.2.	Gewichtung Indikatoren	53
3.2.1.	Gewichtung Anlageart für die Lastenradnutzung	57
3.2.1.1.	Einrichtungsrادweg	57
3.2.1.2.	Zweirichtungsrادweg	58
3.2.1.3.	Getrennter Geh- und Radweg	59
3.2.1.4.	Radfahrstreifen	60
3.2.1.5.	Radfahren gegen die Einbahn	61
3.2.1.6.	Gemischter Geh- und Radweg	62
3.2.1.7.	Mehrzweckstreifen	62
3.2.1.8.	Radfahren auf der Busspur	63
3.2.1.9.	Verkehrsberuhigte Zone	64
3.2.1.10.	Lastenradfreundliche Zone	64
3.2.2.	Gewichtung Breite der Fahrbahn	65
3.2.2.1.	Breite Radfahren gegen die Einbahn	67
3.2.2.2.	Breite Getrennter Geh- und Radweg	68
3.2.2.3.	Breite Radfahren auf der Busspur	69
3.2.2.4.	Breite Fahrbahn „verkehrsberuhigte“ und „lastenradfreundliche“ Zone 70	
3.2.2.5.	Breite Fahrbahn motorisierter Individualverkehr	70
3.2.3.	Gewichtung Deckschicht des Oberbaus	71
3.2.4.	Gewichtung Steigung des Straßenabschnittes	74
3.2.5.	Gewichtung Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	75
3.2.6.	Gewichtung Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	77
3.2.7.	Gewichtung Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	80
3.2.8.	Zusammenfassung Gewichtung Indikatoren	80
3.3.	GIS-Analyse	81
3.3.1.	Formel zur Gewichtung Indikator „Anlageart für die Lastenradnutzung“ 87	
3.3.2.	Formel Cargobikeability-Index	89

3.3.3.	Singuläre Sensitivitätsanalyse	91
3.3.4.	Darstellung Cargobikeability-Index.....	94
3.3.5.	Cargobikeability-Index der Nutzer:innengruppen	101
3.3.5.1.	Familien mit Lastenräder für den Kindertransport.....	103
3.3.5.2.	Fahrradkurier, mit mehrspurigen Lastenrad.....	105
3.3.5.3.	Fahrradkurier, mit einspurigen Lastenrad	106
3.3.5.4.	Ergebnis Cargobikeability-Index der Nutzer:innengruppen	108
3.3.6.	Cargobikeability-Index nach Bezirken	111
3.4.	Ergebnis der GIS-Analyse	114
4.	Fallbeispiele Wien.....	116
4.1.	Qualitative Analyse ausgewählter Straßenabschnitte Wiens	116
4.2.	„Landgutgasse“	117
4.2.1.	Vor-Ort-Analyse Landgutgasse	118
4.3.	„Währinger Straße“.....	121
4.3.1.	Vor-Ort-Analyse Währinger Straße.....	123
4.4.	„Längenfeldgasse“	125
4.4.1.	Vor-Ort-Analyse Längenfeldgasse	126
4.5.	Ergebnisse des Bewertungsmodells	128
5.	Einschränkungen der Forschungsarbeit	130
5.1.	Limitierung der Daten zur Bestimmung des Cargobikeability-Index.....	131
5.2.	Limitierung der methodischen Vorgehensweise	132
5.3.	Limitierung der Indikatoren.....	133
5.3.1.	Limitierung „Anlageart für die Lastenradnutzung“	133
5.3.2.	Limitierung „Breite der Fahrbahn“.....	134
5.3.3.	Limitierung „Steigung des Straßenabschnittes“	134
5.3.4.	Deckschicht des Oberbaus	135
5.3.5.	Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	136
5.3.6.	Verkehrsmenge des Kfz- und Schwerverkehrs	136
6.	Schluss und Ausblicke.....	137
	Ausblicke für weiterführende Forschungsarbeiten	137
	Kernziele weiterführender Untersuchungen.....	139
	Inhaltsverzeichnis	141
	Abbildungsverzeichnis	148
	Tabellenverzeichnis.....	150
7.	Anhang.....	151

1. Einleitung

1.1. Forschungsinteresse

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, die Qualität der Verkehrsinfrastruktur Wiens für die Lastenradnutzung zu identifizieren. Dies soll unter anderem mittels eines Geoinformationssystems überprüft und visualisiert werden. In Bezug dessen werden verschiedene Indikatoren, die einen eventuellen Einfluss auf das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen haben, gewichtet und weiterführend ein Indexwert berechnet. Die gewichteten Indikatoren beziehen sich auf die verschiedenen Straßenabschnitte in Wien und können zum Beispiel die Breite oder das Vorhandensein von Radfahranlagen entlang der Fahrbahn sein.

Gleichartige Ansätze existieren bereits in Forschungen, in denen ein „*Bikeability-Index*“ für Regionen oder Städte entwickelt wurde. In der Forschung von Winters et al. (2013) wurde versucht, ein Modell zu konstruieren, welches die Identifikation von fahrradfreundlichen oder -unfreundlichen Gebiete und Straßen ermöglicht. Die Indikatoren zur Bestimmung des „*Bikeability-Index*“ sind

- die „*Verfügbarkeit von Radverkehrsanlagen*“,
- die „*Qualität der Radverkehrsanlagen*“,
- die „*Straßenanbindung für Radfahrer:innen*“, sowie
- die „*Topografie und die Flächennutzung*“. (vgl. Winter et al. 2013, 865)

In der Studie von Winters et al. wurde jedoch nicht nach den verschiedenen Fahrradmodellen differenziert. Demzufolge liegen keine Informationen vor, ob beispielsweise dieselben Indikatoren einen identischen Einfluss auf das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen haben. Forschungsarbeiten zum Thema „*Cargobikeability-Index*“ existieren zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht. Infolgedessen ist sowohl für die Planung neuer Straßen und Umgestaltung von bestehender Radinfrastruktur, als auch in der Entscheidungsfindung wesentlich, Kenntnisse darüber zu gewinnen, welche verkehrsinfrastrukturellen Merkmale für die Lastenradnutzer:innen bedeutend sind.

Das Thema klimaneutrale Mobilität hat sowohl auf internationaler als auch auf nationaler Ebene seit Jahren eine zentrale Rolle in der politischen Agenda und der Verkehrsplanung eingenommen. Auf nationaler Ebene wurden vom Bundesministerium Österreich auf Grundlage verschiedener internationaler Vorschriften, wie in etwa dem „*Pariser*

Klimaabkommen“, Ziele eruiert, um die internationalen Klimaziele erfüllen zu können (vgl. BMNT/BMVIT 2018, 12). Im Österreichischen Raumentwicklungskonzept „*ÖREK 2030*“ oder in sektoralen Bundesstrategien sind diese Zielsetzungen in verschiedene Schwerpunkte klassifiziert und mit Maßnahmen zur Umsetzung erläutert (vgl. ÖROK 2021, 41). Im Raumentwicklungskonzept „*ÖREK 2030*“ wird das Thema Mobilität in unterschiedlichsten Zusammenhängen erwähnt. Ein fundamentaler Schwerpunkt ist beispielsweise die Förderung der aktiven Mobilität. Die aktive Mobilität umfasst den Rad- und Fußverkehr. Darüber hinaus sollte verstärkt auf alternative Verkehrsmittel gesetzt werden, zum Beispiel durch den Verzicht eines Pkws und die alternative Nutzung eines Lastenrades. (vgl. ÖROK 2021, 15)

Zugleich wird aktuell versucht, gemeinsam mit den österreichischen Bundesländern die rechtlichen Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel die Straßenverkehrsordnung Österreichs (StVO) umzugestalten. Das Ziel besteht darin, planerische und infrastrukturelle Vorgaben zugunsten des Rad- und Fußverkehrs zu modifizieren. (vgl. BMK 2021, 32) In Anknüpfung an die Erwähnung des Trends des Lastenrads im „*Masterplan Radfahren 2015-2025*“, ist in den vergangenen Jahren ein signifikantes Wachstum zu verzeichnen gewesen, wodurch das Lastenrad einen zunehmend stärkeren Einfluss auf die Gestaltung der Radinfrastruktur in Österreich einnehmen könnte. (vgl. BMLFUW 2015, 30)

Eine Statistik von dem Verband der Sportartikelhersteller und Sportartikelhändler Österreichs (VSSÖ) legitimiert dieses Argument. 2022 hat sich die im österreichischen Handel verkauften Lastenräder zum Vorjahr 2021 verdoppelt. Zudem ist laut dem VSSÖ der Markt für Lastenräder in Österreich derzeit noch niedrig ist jedoch ist das Wachstumspotenzial statistisch gesehen groß. (vgl. VSSÖ 2023)

In einer Anpassung der Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS), wird erstmals das Lastenrad in Bezug auf die Breitenbemessung von Radfahranlagen erwähnt. Die RVS, welche neben der Straßenverkehrsordnung (StVO) als Grundlage für die Gestaltung und Planung der Infrastruktur in Österreich fungiert, integriert die Breitendimensionen von Lastenrädern in die Planungsvorschriften. Die Qualität von Radfahranlagen wird unter anderem nach der Dimensionierung der Fahrbahn bemessen. Als Referenzgröße werden die Maße eines Lastenrades mit einer Breite von 100 cm verwendet. Die Ausbaustufen und die Qualitätsstufen von Radfahranlagen werden zum Beispiel daran bewertet, ob ein Lastenfahrrad ein weiteres auf einer Radfahranlage überholen könnte. (vgl. FSV 2022, 23)

Das Lastenrad als Bezugsgröße in der Planung und Gestaltung von Radfahranlagen verdeutlicht, dass es für die Verkehrsplanung und Politik von Bedeutung ist, zu verstehen, welche Anforderungen und Bedürfnisse Lastenradnutzer:innen an die Infrastruktur stellen (vgl. FSV 2022, 23). Darüber hinaus wird in verschiedenen EU-Projekten und österreichischen

Raumordnungskonzepten gefordert, verstärkt auf alternative Verkehrsmittel zu setzen, um den Modal Split zugunsten der aktiven Mobilität zu verschieben. Betrachtet man zusätzlich die Verkaufszahlen von Lastenrädern in Österreich, so ist ein signifikantes Wachstum zu verzeichnen (vgl. VSSÖ 2023).

Zusätzlich erhalten Privatpersonen, Unternehmen und Vereine in Österreich finanzielle Unterstützung beim Erwerb von Lastenrädern im Rahmen einer Förderinitiative des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (vgl. Förderungen für Transporträder 2024). Studien zeigen jedoch, dass der Anteil der Lastenradnutzer:innen nur langsam ansteigen wird, wenn die Radinfrastruktur nicht adäquat für die Lastenradnutzung ausgebaut ist. Diese Annahme kann durch Forschungsprojekte wie beispielsweise dem *„KlimaEntLaster-Projekt HAUSRAD: klimagerechte und zielgruppentaugliche Mobilitätsdienstleistungen im Wohnumfeld mit Transportrad“* bestätigt werden. Aus der Studie geht hervor, dass sich ein signifikanter Anteil der Teilnehmer:innen einer Umfrage, im Wiener Straßenverkehrsnetz beim Radfahren nicht sicher fühlen. Diese Wahrnehmung könnte eine wesentliche Rolle bei der Entscheidung für oder gegen die Anschaffung eines Lastenrads spielen. (vgl. Tanzer et al. 2023)

Die genannten Beispiele sowie die nationalen und internationalen politischen Zielsetzungen verdeutlichen, dass das Lastenrad einen zunehmend bedeutenderen Einfluss auf die Verkehrsplanung und die resultierenden Anpassungen der Radinfrastruktur haben wird.

Diese Forschung verfolgt demzufolge das Ziel, erste Ansätze und Erkenntnisse zu liefern, ob mittels eines Bewertungsmodells lastenradfreundliche und -unfreundliche Straßen identifiziert werden können. Die erzielten Erkenntnisse und Ergebnisse des Bewertungsmodells sollen grundlegende Einsichten für zukünftige Forschungsarbeiten in diesem Themenbereich bereitstellen.

In Anbetracht der Vielzahl an existierenden Lastenradmodellen und unterschiedlichen Nutzer:innengruppen, welche in Kapitel 2.2. und 2.3. näher beschrieben werden, können die Wahrnehmungen hinsichtlich der für die Lastenradnutzung relevanten Aspekte sehr unterschiedlich ausfallen.

1.2. Methodik und Aufbau der Arbeit

Abbildung 1: Forschungsdesign der Diplomarbeit; eigene Darstellung



Literaturrecherche

Im Rahmen des theoretischen Teils der Arbeit erfolgt eine Vermittlung grundlegender Kenntnisse zum Thema Lastenrad und deren Nutzer:innen. Darüber hinaus ist es von Bedeutung, sich mit den politischen und raumplanerischen Anliegen der Stadt Wien vertraut zu machen. Im Kontext des Modal Splits erfolgt eine Betrachtung der zukünftig verfolgten Zielsetzungen. Zudem wird im Rahmen einer Literaturrecherche untersucht, welches Bewertungsmodell sich am besten eignet und welche anderen Ansätze bereits existieren.

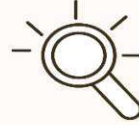
- 📄 Definition Lastenrad
- 📄 Nutzer:innengruppen
- 📄 Politische Zielsetzungen
- 📄 Modal Split
- 📄 Radinfrastruktur Wien
- 📄 Berechnungsmethoden und anderswärtige Forschungsarbeiten



Literaturrecherche und empirische Forschung

Auf Basis des erarbeiteten Grundwissens erfolgt im empirischen Teil der Arbeit zunächst die Bestimmung von Indikatoren sowie deren Gewichtung unter Zuhilfenahme verschiedener Ansätze. Die Zusammenrechnung der Indikatoren zu einem Index erfolgt mittels unterschiedlicher Verfahren, woraufhin eine Darstellung des Indexes mittels eines Geoinformationssystems erfolgt. Im Anschluss werden weitere Analyseschritte durchgeführt, um den Index zu definieren.

- 📄 Definierung der Indikatoren
- 📄 Gewichtung der Indikatoren
- 📄 Cargobikeability Index
- 📄 Sensitivitätsanalyse
- 📄 Gewichtung Fokusgruppen
- 📄 Darstellung des Indexwertes nach Gemeindebezirke



empirische Forschung

Im Rahmen dieses Abschnitts der Forschungsarbeit erfolgt eine Auswahl verschiedener Straßensegmente, welche anschließend einer qualitativen Bewertung nach dem jeweiligen Indexwert unterzogen werden. Eine Vor-Ort-Analyse zielt darauf ab, potenzielle Aspekte zu identifizieren, die bei der Berechnung nicht berücksichtigt wurden. Dadurch soll die Validität des Bewertungsmodells überprüft werden. Im letzten Schritt werden die möglichen Grenzen und Fehler des Bewertungsmodells analysiert.

- 📄 qualitative Bewertung
- 📄 Vor-Ort-Analyse
- 📄 Definierung möglicher Fehler und Grenzen des Bewertungsmodells

Forschungsfrage(n)

Welche technischen und subjektiv wahrgenommenen Faktoren beeinflussen die Qualität des Wiener Straßennetzes für die Lastenradnutzung?

- **Auf welche Weise kann die Entwicklung einer standardisierten Methode zur Berechnung der Cargobikeability mithilfe eines GIS-Programms erfolgen?**
- **Wie kann der Cargobikeability Index adäquat visualisiert werden und wie erfolgt eine qualitative Bewertung von Straßensegmenten unterschiedlicher Qualität?**
- **Inwiefern sind Analysen und Berechnungen mit den zur Verfügung gestellten Daten möglich, und in welchem Umfang können potenzielle Fehler im Bewertungsmodell vorweggenommen werden?**

Auf Grundlage der dargelegten Problemstellung werden folgende Forschungsfrage sowie Unterfragen formuliert, welche es ermöglichen, die zentrale Forschungsfrage zu beantworten.

- Welche technischen und subjektiv wahrgenommenen Faktoren beeinflussen die Qualität des Wiener Straßennetzes für die Lastenradnutzung?
 - Auf welche Weise kann die Entwicklung einer standardisierten Methode zur Berechnung der Cargobikeability mithilfe eines GIS-Programms erfolgen?
 - Wie kann der Cargobikeability-Index adäquat visualisiert werden und wie erfolgt eine qualitative Bewertung von Straßensegmenten unterschiedlicher Qualität?
 - Inwiefern sind Analysen und Berechnungen mit den zur Verfügung gestellten Daten möglich, und in welchem Umfang können potenzielle Fehler im Bewertungsmodell vorweggenommen werden?

Die Beantwortung der Fragestellungen legt ein grundlegendes Basiswissen voraus.

1.2.1. Literaturrecherche

Einerseits ist für die Forschungsfrage wichtig, Unterschiede zwischen Lastenrädern und herkömmlichen Fahrrädern zu kennen. Die Begründung dafür liegt darin, dass bereits Ansätze zur Bestimmung eines „*Bikeability-Index*“ existieren. Aufgrund der Sonderform des Lastenrades kann sich das Fahrverhalten zum herkömmlichen Fahrrad differenzieren, wodurch die Möglichkeit besteht, dass andere infrastrukturelle Merkmale für Lastenradnutzer:innen wichtiger erscheinen. Angesichts der verschiedenen Lastenradmodellen haben sich zudem heterogene Nutzer:innengruppen herausgebildet. Diese werden im Rahmen einer kurzen Darstellung im Kapitel 2.3. repräsentiert.

Darüber hinaus erfolgt eine Vorstellung themen- und standortbezogener politischer Zielsetzungen. In diesem Bezugsrahmen werden wesentliche Informationen zu dem Modal Split, sowie zu den geplanten zukünftigen Veränderungsziele in der Stadtentwicklung Wiens repräsentiert. Weiters erfolgt eine detaillierte Erörterung spezifischer Fakten und Zahlen zu den verschiedenen Radfahranlagen des Wiener Radverkehrsnetzes.

Auf Basis verschiedener Forschungsarbeiten findet eine Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Methoden und Verfahren zur Berechnung eines Index statt. In Form dieser Untersuchung sollen Ansätze für das Bewertungsmodell geschaffen werden. Mithilfe dieses Bewertungsmodells soll in den weiterführenden Kapiteln der Cargobikeability-Index berechnet werden.

1.2.2. Literaturrecherche und empirische Forschung

Die Berechnung des Cargobikeability-Index setzt voraus, dass Indikatoren, die einen Einfluss auf das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen haben, definiert und gewichtet werden. Dafür werden verschiedene Forschungsarbeiten und Studien zum Thema Lastenrad analysiert. Anlässlich der Tatsache, dass aktuell der Forschungsstand noch jung ist, besteht im Rahmen dieses Schritts die Möglichkeit, etwaige Fehler und Grenzen der Indikatoren zu identifizieren. Eine ausführlichere Behandlung dazu erfolgt in Kapitel 5.

Die im Anschluss ermittelten Indexwerte dienen der Darstellung der Qualität von Straßensegmenten für die Lastenradnutzung.

In einem weiteren Schritt werden die Indikatoren in Abhängigkeit von den spezifischen Anforderungen unterschiedlicher Nutzer:innengruppen verschiedenartig gewichtet. Die Wertung nach den Nutzer:innengruppen verfolgt zwei Ziele. Einerseits soll eruiert werden, ob unterschiedliche Gewichtungsfaktoren zu signifikanten Veränderungen der Indexwerte führen. Andererseits sollen die Ergebnisse dieser Analyse dazu dienen, potenzielle Grenzen des Bewertungsmodells zu identifizieren. Zudem werden durch eine Hochrechnung des Indexwertes auf Bezirksebene räumliche Unterschiede in Bezug auf die Lastenradfreundlichkeit aufgezeigt. Die zugrundeliegenden Ursachen dazu werden exemplarisch interpretiert.

1.2.3. Empirische Forschung

Im nächsten Schritt erfolgt eine Untersuchung ausgewählter Straßenabschnitte anhand der ermittelten Indexwerte, welche qualitativ bewertet werden. Dazu ist eine Vor-Ort-Beobachtung vorgesehen, um potenzielle Einflussfaktoren zu identifizieren, die gegebenenfalls bei der Berechnung nicht berücksichtigt wurden. Die Ergebnisse dieser Untersuchung dienen unter anderem der Evaluierung der Validität des Bewertungsmodells.

Der empirische und strategische Teil wird mit einem Kapitel abgeschlossen, in dem die Grenzen, Fehlerquellen und Perspektiven der Forschung dargelegt werden.

1.3. Eingrenzung der Arbeit

Der Umfang der vorliegenden Forschungsarbeit ist sowohl räumlich als auch zeitlich begrenzt. In der Forschung wird ausschließlich das Infrastrukturnetz der Stadt Wien analysiert, während Straßenabschnitte und räumliche Beziehungen, die über die Stadtgrenze Wiens schreiten, nicht berücksichtigt werden. Darüber hinaus erfolgt die Bewertung des Straßennetzes nach

einem Cargobikeability-Index zum Zeitpunkt September 2024. Straßenbauprojekte, die in den zu diesem Zeitpunkt verfügbaren Daten noch nicht erfasst sind, können in das Bewertungsmodell nicht integriert werden. Es ist zu beachten, dass einige Radverkehrsprojekte in Wien aktuell in Bau oder in der Planung sind.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit werden eine limitierte Anzahl an Indikatoren untersucht, wengleich weitere für die Analyse relevant wären. Angesichts der noch geringen und jungen Forschungslage zum Thema Cargobikeability sowie der begrenzten Verfügbarkeit von Informationen und Daten darüber, beschränkt sich diese Forschungsarbeit auf die Analyse einiger ausgewählter Indikatoren. Des Weiteren erfolgt eine Differenzierung der Gewichtung der Indikatoren in Abhängigkeit von drei spezifischen Nutzer:innengruppen, jedoch ist die Bandbreite der Nutzer:innengruppen deutlich größer.

Eine wesentliche Ursache für die Beschränkung der Anzahl der Indikatoren in dieser Forschungsarbeit liegt in der Verfügbarkeit der Daten. Die verwendeten Daten setzen sich einerseits aus öffentlich zugänglichen Quellen, wie beispielsweise den GIP-Daten, die im Kapitel 3.3. veranschaulicht werden, und andererseits aus nicht öffentlich zugänglichen Daten der Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) Ges.m.b.H., zusammen. Obwohl die Daten eine sehr hohe Qualität haben, können unter anderem Fehler und Grenzen in der Datenverfügbarkeit, wie im Kapitel 5. dargelegt wird, möglich sein.

Die erzielten Ergebnisse der Analyse können überdies nicht vollständig verifiziert werden. Dafür würde unter anderem eine standortbezogene Umfrage zur Lastenradnutzung in Wien benötigt werden. Eine solche Befragung würde aus dem Rahmen dieser Forschungsarbeit fallen, jedoch können die Ergebnisse dieser Forschungsarbeit als Grundlage für zukünftige standortbezogene Erhebungen dienen.

2. Theoretischer Hintergrund

2.1. Die Geschichte des Lastenrades

Das Jahr 1894 markierte die „Geburtsstunde“ des Lastenrads, welches als Folge eines Eisenbahnstreiks in den USA entwickelt wurde. Das Fahrrad, das damals bereits aus drei Rädern bestand, wurde zur Überbrückung von Post- und Warensendungen eingesetzt. Schwerere Nutzlast wurde erst ab dem 20. Jahrhundert befördert. Dazu haben verschiedene Berufsgruppen, darunter Mosaik- und Fliesenleger:innen, Feuerwerker:innen, Schuster:innen oder Kunstmaler:innen, das Lastenrad für den Transport von Gütern oder Arbeitsmaterialien benutzt. Zum damaligen Zeitpunkt war es bereits möglich, eine Zuladung von 400 Kilogramm mithilfe dieser Räder zu transportieren.

In den Folgejahren wurden diverse Modelle entwickelt, wobei im Jahr 1930 ein Prototyp mit zwei Rädern konstruiert wurde. Diese sowie weitere Modelle mit drei Rädern erlangten insbesondere im Kontext des Zweiten Weltkriegs für die Armeen eine entscheidende Bedeutung. (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018, 43ff.)

Mit der flächendeckenden Motorisierung der europäischen Bevölkerung im Verlauf des 20. Jahrhunderts erfuhr das Lastenrad eine Ersetzung durch den motorisierten Individualverkehr. In der Folge fand das Fahrrad kaum noch Verwendung für den Transport von Waren und Dienstleistungen.

Erst ab den 1970er und 1980er Jahren erfuhr das Fahrrad eine neue, gesteigerte Popularität. Als einer der ausschlaggebenden Faktoren kann die weltweite Erdöl- und Wachstumskrise identifiziert werden. Infolge des Ölpreisanstiegs und der damit einhergehenden gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen erfolgte eine erneute Präferenzverschiebung zugunsten des kostengünstigeren Fortbewegungsmittels. In den darauffolgenden Jahren haben sich immer mehr Verbände und Bürger:inneninitiativen gebildet, die sich für die Förderung ökologisch verträglicher Mobilität starkmachten. Dies geschah zu dieser Zeit insbesondere in den europäischen Städten, wie beispielsweise Amsterdam oder Kopenhagen. (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018, 44f.)

Die Förderung der aktiven Mobilität führte dazu, dass das Lastenrad ab den 1990er Jahren erneut an Beliebtheit gewann, vorwiegend bei Fahrradkurieren. In den darauffolgenden Jahren fand eine Ausweitung der Nutzungsmöglichkeiten des Lastenrades statt. Ab diesem Zeitpunkt war neben der Beförderung von Gütern zudem der Transport von Kindern möglich.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts erlebte die Sonderform des Rades den bedeutendsten Aufschwung der Geschichte, der als „Cargobike-Boom“ bezeichnet wird. In den letzten Jahren wurden weitere Modelle und Ausführungen, wie zum Beispiel E-Lastenräder entwickelt. Die Vielzahl an verschiedenen Modellen und Einsatzmöglichkeiten führte zu einer Vergrößerung der Nutzer:innengruppen. (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018, 49)

2.2. Lastenrad, das Spezialrad

Lastenräder sind bekannt für die Vielzahl an Variationen von Modellen. Aufgrund der Tatsache, dass Lastenräder zur Kategorie der Spezialräder zählen, müssen Nutzer:innen bestimmte Vorschriften und Regelungen im Straßenverkehr beachten. Es existieren sowohl einspurige als auch mehrspurige Varianten, wie anhand der Abbildung 2. zu identifizieren ist. Des Weiteren können Lastenräder die Ladefläche entweder vorne oder hinten angebracht haben und mit einer direkten oder indirekten Lenkung ausgestattet sein. Bei Lastenrädern mit einer direkten Lenkung erfolgt die Steuerung des vorderen Rades direkt durch die Lenkstange, während bei einer indirekten Lenkung die Steuerung durch ein mechanisches System über eine Verbindung zum Lenker erfolgt. Auch die Art der transportierbaren Gegenstände variiert erheblich. (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018, 10f.)

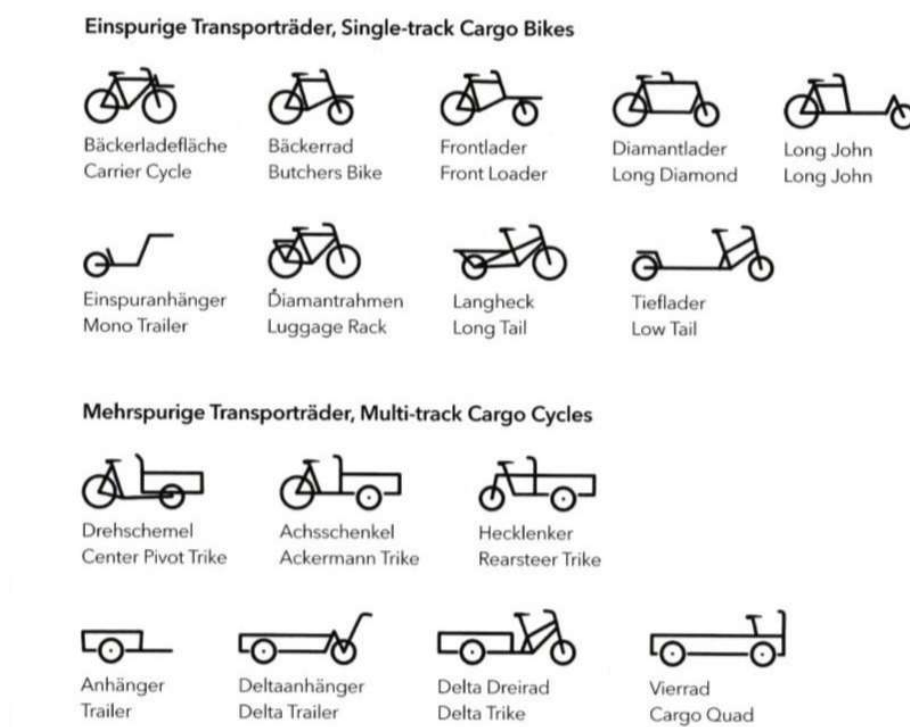


Abbildung 2: Verschiedene Lastenrad Modelle; Quelle: Ghebrezgiabiher et al. 2018, 11

In Abhängigkeit von der Art und dem Modell des Lastenrads können Zuladungen mit einem Gewicht zwischen 25 und 400 Kilogramm transportiert werden. Lastenräder mit lediglich zwei Rädern haben in der Regel eine geringere Beladungskapazität als beispielsweise Modelle mit drei oder vier Rädern. Nichtsdestotrotz ist mit dem Modell „*Longtail*“, ein Lastenrad mit zwei Rädern, eine Zuladung von bis zu 200 Kilogramm möglich. Modelle mit drei oder vier Rädern sind in der Lage, eine wesentlich höhere Zuladung zu transportieren, wie beispielsweise das Lastenradmodell „*Delta-Dreirad*“, welches eine Beladungskapazität von 400 Kilogramm aufweist. (vgl. Ghebrezgiabihier et al. 2018, 23f.)

Der Trend des Lastenrads manifestiert sich in der signifikanten Zunahme der Diversität an Modellen, die auf dem Markt verfügbar sind. Diesbezüglich seien lediglich zwei Beispiele angeführt, wie etwa das Lastenrad „*Taga 2.0*“, welches sich innerhalb kürzester Zeit in einen Kinderwagen modifizieren lässt (vgl. Oesterreich 2016).



Abbildung 3: Taga Family Bike; Quelle: Taga Bike Europe- tagabike.eu, o.D.:online

Die Lastenräder der Firma „*Urban Arrow*“, welche nach einem modularen Konzept entwickelt wurden, können nach Belieben konfiguriert werden. Dadurch besteht die Möglichkeit als Leihe, beispielsweise die Größe der Ladefläche zu vergrößern oder zu verringern (vgl. Urban Arrow o.D).

Wie bereits erwähnt, bieten Lastenradmodelle die Möglichkeit, eine Zuladung von bis zu 400 Kilogramm zu transportieren. In Bezug auf die Straßenverkehrsordnung Österreichs (StVO) müssen jedoch Personen mit Lastenrädern bestimmte Regelungen berücksichtigen. Benutzer:innen von einspurigen Fahrrädern mit einem Anhänger von mindestens 100 cm Breite sowie mehrspurigen Fahrrädern, die nicht breiter als 100 cm sind, dürfen wahlweise entweder auf einer Radfahranlage oder auf der Fahrbahn fahren. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass Nutzer:innen einspuriger Fahrräder mit einer Länge von maximal 1,7 Metern auf Straßen mit einer Radfahranlage diese nutzen sollten.

Personen mit einspurigen oder mehrspurigen Fahrrädern, mit einer Breite von mehr als 100 cm, sind in Österreich verpflichtet, auf der Straße zu fahren und dürfen Radfahranlagen nicht nutzen (§ 68 Absatz 1 Satz 1 StVO). Unter dem Begriff „*Radfahranlagen*“ werden gemäß den geltenden Richtlinien „*Radfahrstreifen*“, „*Mehrzweckstreifen*“, „*Radwege*“, „*Geh- und Radwege*“ sowie „*Radfahrüberfahrten*“ zusammengefasst (§ 2 Absatz 11b StVO).

Zudem gilt das Gesetz: (§ 7 Absatz 1 bis 3 Fahrradverordnung)

„Das Ladegewicht darf bei der Beförderung von Lasten oder Personen nicht überschreiten:

1. bei mehrspurigen Fahrrädern 250 kg,

2. bei durchgehend- und auflaufgebremsten Anhängern 100 kg,

3. bei ungebremsten Anhängern 60 kg.“

Nach dem „*Mobilitätsmasterplan 2030*“ wird jedoch das Ziel verfolgt, in Zusammenarbeit mit den Bundesländern die rechtlichen Rahmenbedingungen, insbesondere die Straßenverkehrsordnung Österreichs (StVO), durch planerische und infrastrukturelle Vorgaben zugunsten des Rad- und Fußverkehrs zu reformieren. (vgl. BMK 2021, 32) Diese Maßnahmen könnten einerseits dazu führen, dass die Zuladung von Lastenrädern potenziell erhöht wird, wodurch beispielsweise in der Logistik eine größere Anzahl an Produkten effizienter mit Lastenrädern transportiert werden könnte.

2.3. Nutzer:innengruppen Lastenrad

Dennoch erlaubt die gegenwärtige Regelung den Transport einer Vielzahl von Produkten sowie von Personen mit dem Lastenrad. Die hohe Diversität an verschiedenen Lastenradmodellen mit unterschiedlichen Ladeflächen eröffnet zahlreiche Nutzungsmöglichkeiten.

2.3.1. Familien

Gemäß § 6 Absatz 2a der Fahrradverordnung ist der Transport mehrerer Kinder mit einem Lastenrad zulässig, vorausgesetzt, das Fahrrad ist von der Hersteller:in entsprechend dafür ausgelegt. Lastenräder müssen in diesem Zusammenhang über ein geeignetes Gurtsystem sowie eine Vorrichtung verfügen, die gewährleistet, dass die Beine der Kinder nicht in die Speichen geraten können. (§ 6 Absatz 2a Fahrradverordnung) Zudem müssen Kinder, die jünger als 12 Jahre alt sind, bei dem Transport einen Helm tragen (§ 68 Absatz 6 StVO).

In Regionen, in denen das Lastenrad bereits eine hohe gesellschaftliche Bedeutung erlangt hat, wird das Lastenrad für den Transport von Kindern häufig genutzt. Eine Untersuchung aus dem Jahr 2017 zeigt, dass schätzungsweise 25 % der Familien in Kopenhagen mit zwei oder mehr Kindern im Besitz eines Lastenrades sind (vgl. City of Copenhagen 2017). Aus einer weiteren Studie geht hervor, dass etwa zwei Drittel der Lastenradnutzer:innen aus Familien mit Kindern bestehen (68,2 %) (vgl. Marincek et al. 2024, 6).

Die Beliebtheit von Lastenrädern für den Transport von Kindern wird durch eine weitere Studie von Berger et al. aus dem Jahr 2020 belegt. In dieser Untersuchung werden unter anderem die Einsatzzwecke von Sharing-Lastenrädern in Wien analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass 82 % der befragten Teilnehmer:innen, die in Wien ein Lastenrad ausgeliehen haben, dies aus privaten Gründen taten. 9 % nutzen das Sharing-Angebot für berufliche Zwecke, während weitere 9 % es kombiniert beruflich als auch privat verwenden. Insgesamt geben 42,6 % der Nutzer:innen des Sharing-Angebots an, dass der Zweck ihrer Nutzung der Transport von Kindern und Erwachsenen ist. (vgl. Berger et al. 2020, 395)

Eine spezifische Motivation für Eltern, das Lastenrad zu verwenden, ist die Flexibilität, Kinder zu Aktivitäten oder zur Schule zu transportieren sowie die Möglichkeit, mehrere Erledigungen in einer Fahrt zu kombinieren. Darüber hinaus bietet die spezifische Konstruktion von Lastenrädern nicht nur Komfort, sondern gewährleistet auch die Sicherheit der Kinder während der Fahrt. Zudem können je nach Modell und Ausführung des Lastenrades bis zu vier Kinder transportiert werden. (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018, 27)

Das Lastenrad kann auch als Ersatz oder als Alternative zu einem Auto dienen. Eine Studie zeigt, dass das Lastenrad ein geeignetes Mittel für das Pendeln ohne Auto sein kann, insbesondere für Eltern mit mehreren Kindern (vgl. Riggs 2016, 52).

In der Studie von Marincek et al. (2024) werden weitere Hintergründe für die Nutzung von Lastenrädern im privaten Haushalt untersucht. Die Forschung identifiziert aufgrund der jeweils unterschiedlichen Motivation für die Lastenradnutzung vier Gruppen von Lastenradnutzer:innen im privaten Bereich. Die Gründe für die Lastenradnutzung lassen sich in drei Motive einteilen: den Transport von Kindern, das Bedürfnis, aktiv zu bleiben, und die Reduzierung des Autofahrens. (vgl. Marincek et al. 2024, 11) Die Motive für die Reduktion der mit dem Kfz zurückgelegten Wege können vielfältig sein. Zum einen streben viele Nutzer:innen eine umweltfreundlichere Mobilität an. Zum anderen ermöglichen Lastenräder häufig eine schnellere Fortbewegung innerhalb der Stadt. Primär in Stoßzeiten oder beim Bringen und Abholen von Kindern aus dem Kindergarten kann die Nutzung eines Lastenrades zudem das Problem der Parkplatzsuche umgehen. (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018, 94)

2.3.2. Logistik

Die schnellere Fortbewegung im innerstädtischen Kontext stellt auch für die Nutzer:innengruppe der Personen im Logistikbereich, die Lastenräder einsetzen, einen entscheidenden Aspekt dar. In den 1990er Jahren trat die Nutzer:innengruppe der Fahrradkurierdienste erneut in Erscheinung. Diese Wiederbelebung lässt sich auf mehrere Faktoren zurückführen, darunter das wachsende Umweltbewusstsein und die zunehmende

Nachfrage nach schnellen und flexiblen Lieferlösungen in urbanen Räumen. Vor allem seit der Einführung von E-Lastenrädern hat sich die Beliebtheit zur Nutzung von Lastenrädern in diesem Sektor erheblich gesteigert. (vgl. (Sherrif et al. 2023,2)

Darüber hinaus hat der gesellschaftliche Wandel, bei dem der stationäre Handel an Bedeutung verloren hat, während der Onlinehandel einen erheblichen Aufschwung erlebte, zu wesentlichen Veränderungen in der Logistik geführt. Insbesondere während der Corona-Pandemie stieg der Umsatz im Onlinehandel jährlich um fast ein Viertel an. (vgl. Krahl 2024)

Ein Bericht des Umweltbundesamtes zum Thema nachhaltige Mobilitätswende (2023) zeigt auf, dass sogenannte „Mikro-Hubs“ als ein Ansatz für nachhaltige urbane Logistik betrachtet werden können. Diese „Mikro-Hubs“ oder „Mikro-Depots“ sind lokale Sammelstellen, von denen aus Güter mit kleineren, umweltfreundlicheren Lieferfahrzeugen verteilt werden. (vgl. Raimund et al. 2023, 26) Die Vorteile werden wie folgt beschrieben:

„Diese sind dezentrale „Distributionszentren“, in denen das Paketvolumen von einem oder mehreren LKW in einem Zwischenlager gebündelt wird. Von dort aus werden die Sendungen mit Lastenfahrrädern oder zu Fuß (Sackkarren) in einem kleineren Umkreis ausgeliefert. Die Vorteile dieser Strategie sind die Flexibilität eines Lastenfahrrads, seine Wendigkeit und geringe Breite, die auch für schmale Straßen geeignet sind. Parkplatzsuchverkehre, Zweite Reihe-Parken und weite Fußwege für Zusteller entfallen, Staus werden reduziert. Sogar Fußgängerzonen und Einbahnstraßen in die entgegengesetzte Richtung (sofern zulässig) können befahren werden. Bei Lastenrädern entstehen keine motorischen Schadstoff- oder Lärmemissionen.“ (Bundesverband Paket und Expresslogistik e.V. 2019)

Der Einsatz von Lastenrädern in der Logistik erfolgt vorwiegend im Bereich der sogenannten „letzten Meile“. Die damit verbundenen Vorteile, wie bereits dargelegt, spiegeln sich in der zunehmenden Beliebtheit von Lastenrädern in der urbanen Logistik wider. Im „Mobilitätsmasterplan 2030“ wird zudem hervorgehoben, dass bis 2040 das zentrale Ziel ein nachhaltiger und klimaneutraler Güterverkehr ist. Insbesondere auf der „letzten Meile“ soll verstärkt auf Lastenräder oder vergleichbare umweltfreundliche Transportmittel zurückgegriffen werden. (vgl. BMK 2021, 23)

Der Vorteil von Lastenrädern besteht nicht nur in ihrer Funktion als nachhaltige und umweltschonende Alternative für die Güterauslieferung, sondern auch in ihrer hohen Variabilität und Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Transportanforderungen. Eine wesentliche Aufgabe des Fahrradkurierdienstes ist der Transport von Kleinsendungen. Zu den transportierten Gütern zählen Dokumente, kleine Pakete sowie sonstige leichte Ladungen. Für den Transport wird in der Regel lediglich ein kompaktes Lastenrad oder ein Standardfahrrad mit speziellen Pack- oder Kuriertaschen benötigt. Ein weiterer Bereich des

Fahrradkurierdienstes umfasst den Transport schwerer und sperriger Güter. In diesem Kontext werden Lastenräder, beispielsweise „Delta-Dreiräder“, eingesetzt. (vgl. Ghebregiabiher et al. 2018, 97ff.)

In den vergangenen Jahren ist zudem ein deutlicher Anstieg der Lebensmittelauslieferung sowie der Lieferung fertiger Speisen mittels Lastenrädern zu verzeichnen. Primär in Städten wie Wien zeigt sich gegenwärtig ein Boom im Bereich der Essenslieferdienste, wobei Lastenräder eine wesentliche Rolle in dieser Entwicklung spielen. Die Auslieferung derartiger Waren erfordert in der Regel speziell ausgestattete Lastenräder, die über Kühlmöglichkeiten verfügen oder für den sicheren und hygienischen Transport von Lebensmitteln konzipiert sind (vgl. Tegeltija et al. 2020, 484). Ein Beispiel hierfür ist die Firma „Rita kocht gesund GmbH“, die nachhaltig produzierte Lebensmittel und fertige Gerichte mittels Lastenrädern direkt an die Endkund:innen liefert. (vgl. ritabringts.at o.D.)

2.3.3. Verkauf- und Werbezweck

In den vergangenen Jahren konnte festgestellt werden, dass, vor allem in urbanen Räumen, Lastenräder zur Auslieferung von Lebensmitteln und fertigen Speisen vermehrt eingesetzt werden. Aufgrund des positiven, nachhaltigen Images von Lastenrädern greifen zudem vermehrt Unternehmen auf diese für Verkaufs- oder Werbezwecke zurück, um Produkte und Dienstleistungen zu werben oder zu verkaufen.

Ein Beispiel dazu ist die Benutzung eines Lastenrades als mobile Bar oder Kaffeestand. Solche Modelle sind häufig mit kleinen Theken sowie Kühl- oder Heizsystemen ausgestattet. Neben der Möglichkeit einer gastronomischen Nutzung können Lastenräder für Marketing- und Werbezwecken eingesetzt werden. Viele Unternehmen und Agenturen nutzen Lastenräder als mobile Werbefläche. Der positive Nebeneffekt, dass während des Betriebs dieser Fahrräder kein CO₂-Ausstoß erfolgt, kann von Unternehmen, als effektives Marketinginstrument betrachtet werden. Dieses positive Image der Nachhaltigkeit wird häufig in den Marketingstrategien der Unternehmen integriert. (vgl. Ghebregiabiher et al. 2018, 103ff.)



Abbildung 4: Lastenrad mit integriertem Grill; Quelle: advelo, o.D.

Ein Beispiel dafür ist die Firma „Advelo“ aus Wien, die Lastenräder mit multifunktionalem Aufbau anbieten, die für Promotionszwecke gemietet werden können. Unternehmen haben die Möglichkeit, Lastenräder entsprechend ihrem spezifischen Bedarf zu mieten und zu modifizieren. Bereits namhafte Unternehmen wie „Raiffeisen Bankengruppe Österreich“ sowie verschiedene politische Parteien haben das Angebot dieser Firma in Anspruch genommen. (vgl. Advelo o.D.)

Die Gegenüberstellung verschiedener Modelle und Nutzer:innengruppen verdeutlicht, dass sich das Lastenrad in seiner Nutzungsmöglichkeit, Form und Größe deutlich von herkömmlichen Fahrrädern unterscheiden kann. Dies kann zudem zu einer divergierenden Fahrverhalten und unterschiedlichen Bedürfnisse der Nutzer:innen führen. Als Beispiel dazu belegt eine im Jahr 2021 von der Universität Frankfurt durchgeführte Studie, dass Lastenradfahrer:innen bei der aktuellen Gestaltung der Radverkehrsinfrastruktur häufig mit Hindernissen konfrontiert werden. Als Hindernisse werden Poller, Kurvenradien, die Beschaffenheit sowie die Breiten der Radfahinfrastruktur genannt. Die Studie dokumentiert zudem, dass in einer Umfrage mehr als die Hälfte der befragten Lastenradfahrer:innen sowohl die Breiten der Radwege als auch den allgemeinen Ausbau dieser als schlecht oder sehr schlecht beurteilen. (vgl. Schäfer et al. 2021, 27)

In Anbetracht der prognostizierten Zunahme der Bedeutung von Lastenrädern in der Infrastrukturplanung ist es von entscheidender Relevanz für Politik und Planung, die maßgeblichen Einflussfaktoren einer Infrastruktur, die das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen beeinflussen können, zu verstehen.

2.4. Radinfrastruktur Wien

Die Stadt Wien und die Wiener Linien führen jährlich eine Mobilitätserhebung zur Analyse des Modal Split durch. (vgl. Stadt Wien 2024-a.) Der Modal Split ist ein Indikator, der für die Bemessung und Beurteilung des Verkehrsverhaltens einer Bevölkerung eines ausgewählten Bezugsraums verwendet werden kann. Anhand dieses Indikators lässt sich beispielsweise ermitteln, ob eine bestimmte Region im Vergleich einen überdurchschnittlich hohen Anteil an aktiver Mobilität aufweist. (vgl. Ungvarai 2019, 2)

2.4.1. Modal Split Wien

Im Rahmen dieser Mobilitätserhebung werden mehr als 2000 Bürger:innen, die in Wien wohnhaft sind, zu einem bestimmten Stichtag über deren Mobilitätsverhalten telefonisch oder online befragt. Die Teilnehmer:innen werden über das benutzte Verkehrsmittel, den Grund sowie das Ziel des Weges am ausgewählten Stichtag interviewt.

Die Ergebnisse der Befragung werden auf die Gesamtbevölkerung Wiens hochgerechnet und verdeutlichen den Modal Split der Stadt Wien. (vgl. Stadt Wien 2024-a.)

Der aktuelle Modal Split aus dem Jahr 2023 belegt, dass die Wiener:innen 74 % ihrer täglichen Wege mit umweltfreundlichen Fortbewegungsmitteln bestreiten. Dabei werden 32 % der Wege mit öffentlichen Verkehrsmitteln, weitere 32 % zu Fuß und 10 % mit dem Fahrrad zurückgelegt. Für die restlichen 26 % der Fahrten wird auf den motorisierten Individualverkehr zurückgegriffen. (vgl. Stadt Wien 2024-a.)

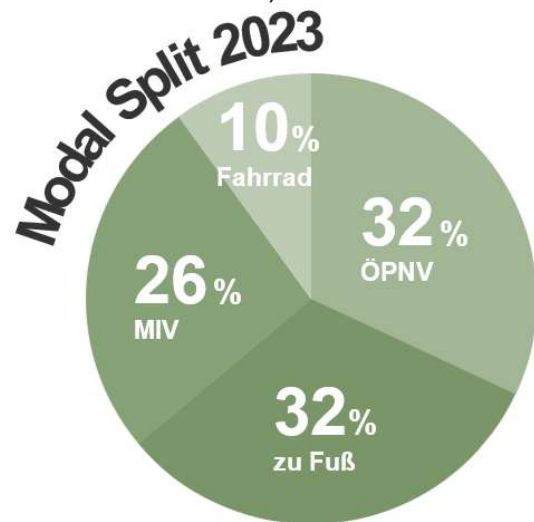


Abbildung 5: Modal Split Wien 2023; eigene Darstellung; Quelle: Stadt Wien wien.gv.at,2024-a.: online;

Im Vergleich zum Jahr 2022 zeigt sich ein Anstieg des Anteils der täglichen Wege, die in Wien mit dem Fahrrad zurückgelegt werden, um 1 %. Gegenüber dem Jahr 1993 beträgt die Steigerung 7 %. (vgl. Stadt Wien 2024-a.)

Für den Vergleich des Modal Splits mit weiteren österreichischen Großstädten wird die letzte große österreichweite Mobilitätserhebung aus den Jahren 2013/14 herangezogen. Zu den

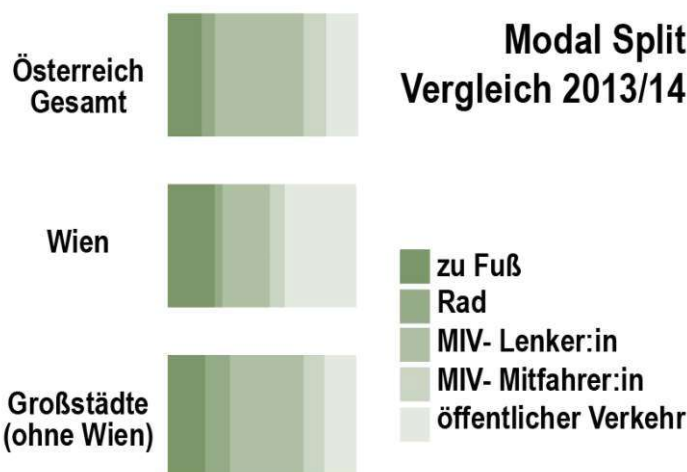


Abbildung 6: Modal Split im Vergleich 13/14; eigene Darstellung; Quelle: BMVIT 2016,56

österreichischen Großstädten gehören Klagenfurt, Linz, Salzburg, Graz und Innsbruck.

Die hohe Beteiligungsrate, der Stichprobenumfang von mehr als 145.000 sowie die gemeinschaftliche, landesweite einheitliche Erhebung, Auswertung und Verwaltung ermöglichen eine optimale Gegenüberstellung des Modal Splits der Großstädte Österreichs.

Die Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass der Anteil der Wege, die mit dem Fahrrad in Wien zurückgelegt werden, im Vergleich zu anderen österreichischen Großstädten um mehr als fünfzig Prozent geringer ist. Zum Zeitpunkt der Erhebung betrug der Modal Split Anteil der mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege in Wien lediglich 4 %, während dieser Anteil in weiteren Großstädten Österreichs bereits bei 13 % lag. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass der Anteil der Wege, für deren Bewältigung in Wien auf öffentliche Verkehrsmittel zurückgegriffen wird, sowohl im Vergleich zu Gesamtösterreich als auch zu den anderen Städten überdurchschnittlich hoch ist. (vgl. BMVIT 2016, 56)

Die Untersuchung des Mobilitätsverhaltens in Wien zeigt dennoch, dass sich der Anteil der mit dem Fahrrad zurückgelegten Wege im Vergleich zu 1995 (Vergleichsjahre 2013/14) auf niedrigem Niveau verdreifacht hat. Die Mobilitätserhebung „*Österreich unterwegs ... mit dem Fahrrad*“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie belegt, dass der Anteil des Radverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen in Wien, im Vergleich zu den weiteren Großstädte Österreichs, in diesem Zeitraum den höchsten Anstieg verzeichnet hat. (vgl. BMVIT 2017, 16)

2.4.2. Radinfrastruktur und politische Zielsetzungen Wiens

Dennoch ist ein Anliegen der Stadt Wien den Anteil an Radfahrer:innen weiter zu erhöhen. Im „*Fachkonzept Mobilität 2025*“ werden Maßnahmen und Ideen zur Erreichung dieses Ziels festgelegt. Ein übergeordnetes Anliegen ist beispielsweise, die Verlagerung der Anteile des Modal Splits. 80 % der täglichen Wege in Wien sollen zukünftig mit öffentlichen Verkehrsmitteln, dem Fahrrad oder zu Fuß zurückgelegt werden. Neben dem Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs ist ein weiteres Bestreben der Stadt Wien, die Umgestaltung des Straßenraums, um diesen für den Fuß- und Radverkehr attraktiver zu machen. (vgl. Stadt Wien 2015, 106)

Weitere Maßnahmen zur Verbesserung der Radfahrinfrastruktur werden in übergeordneten Strategien, wie in etwa europäischen und nationalen Vorgaben oder in sektoralen Bundesstrategien, festgehalten. In einer Zusammenstellung lässt sich als übergreifendes Leitziel der verschiedenen Konzepte und Ebenen die Förderung und Steigerung der aktiven Mobilität sowie der Umstieg auf emissionsfreie Fahrzeugtechnologien ausmachen. Dieses Ziel soll unter anderem mittels verkehrsplanerischer Maßnahmen erreicht werden. (vgl. BMK 2021, 16)

Eine Maßnahme der Stadt Wien ist beispielsweise der Ausbau und die Erweiterung des Hauptradverkehrsnetzes. Die Straßen in Wien werden auf Grundlage verschiedener Attribute, sowie relevanter Zielpunkte und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Radverkehrsinfrastruktur

in unterschiedliche Kategorien unterteilt. Als Zielpunkte können beispielsweise Arbeitsplätze, Schulen oder Einkaufsmöglichkeiten definiert werden.

- **Basisrouten:** Die Straßen der Kategorie Basisrouten stellen das Rückgrat des Wiener Hauptradverkehrsnetzes dar und sind hierarchisch gesehen die wichtigsten Straßen für den Radverkehr. Der Ausbau und der Lückenschluss des Basisroutennetzes haben die höchste Priorität.
- **Grundnetz:** Das Grundnetz stellt eine Verbindung zwischen den Basisrouten dar und gewährleistet eine wichtige Vernetzung der einzelnen Wiener Gemeindebezirke.
- **Erweiterte Grundnetz:** Das erweiterte Grundnetz umfasst jene Straßen, welche eine bezirksinterne Verbindung schaffen und darüber hinaus wichtige Quell- und Zielpunkte miteinander verbinden.
- **Erschließungsnetz:** Das Erschließungsnetz bildet keinen integralen Bestandteil des Hauptradverkehrsnetzes. Straßen der Kategorie „*Erschließungsnetz*“ fungieren als Verbindungselemente zwischen Bereichen, die nicht direkt an das Hauptradverkehrsnetz angrenzen. Die Funktion dieser Straßenkategorie besteht in erster Linie in der Erschließung von Wohngebieten. (vgl. Stadt Wien 2015, 122)

Die nachfolgende Abbildung präsentiert eine detaillierte Aufschlüsselung der Kilometeranzahl verschiedener Anlagearten der Radinfrastruktur Wiens.

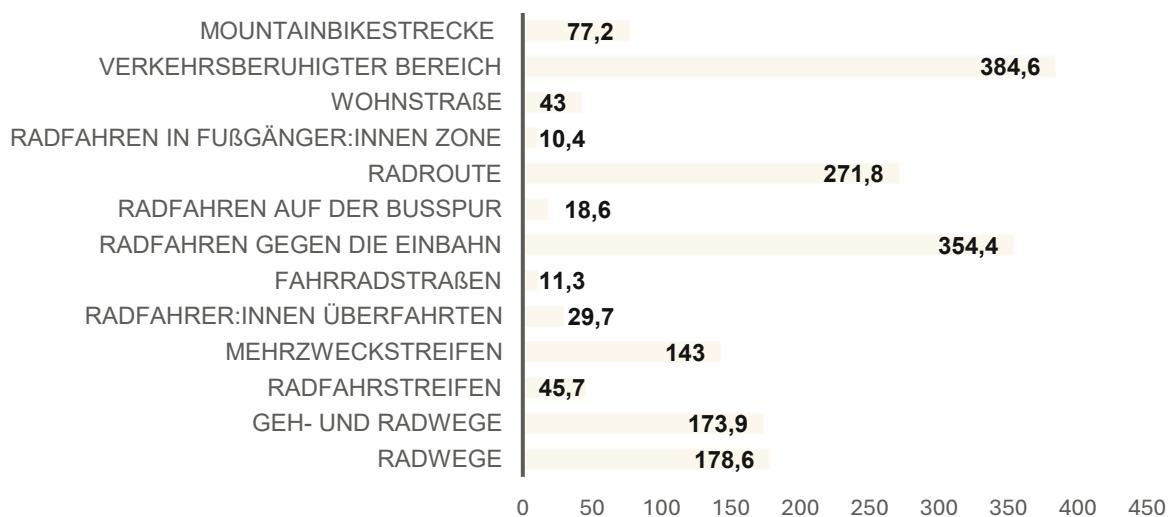


Abbildung 7: Kilometeranzahl pro Anlagearten Wien 2024; Quelle: Stadt Wien-wien.gv.at o.D.; eigene Darstellung

Die politische Motivation, das Hauptradverkehrsnetz in Wien weiter auszubauen, lässt sich anhand verschiedener Fakten und Zahlen nachweisen. Beispielsweise wurde in den Jahren 2018 bis 2023 das Radverkehrsnetz um 157 km verlängert, sodass aktuell eine Länge von 1.742 Kilometern an Radfahranlagen zur Verfügung stehen (Stand September 2024). (vgl. Stadt Wien o.D-a)

Im Fachkonzept „*Mobilität 2025*“ wird zudem das Thema Lastenrad wie folgt behandelt:

„Die Stadt Wien wird die notwendigen Bedingungen schaffen, damit Lastenfahrräder problemlos genutzt werden können. Dabei verbessern viele Maßnahmen, die generell die Steigerung des Radverkehrsanteils unterstützen, auch die Bedingungen für Lastenräder...

Der mögliche Einsatz von Lastenrädern wird auch bei der Weiterentwicklung von technischen Normen mit Bezug zum Radverkehr berücksichtigt, bzw. durch ExpertInnen der Stadt Wien eingebracht.“

„Breitere Radwege ermöglichen, neben der Steigerung der Verkehrssicherheit und des Nutzungskomforts, auch eine größere Vielfalt von Nutzungen (z.B. für Lastenräder, RollstuhlnutzerInnen mit Handbikes, Radanhänger für Kinder, etc.). So dienen diese Infrastrukturen zunehmend mehr Menschen.“ (Stadt Wien 2015)

Die Stadt Wien verfolgen unter anderem das Ziel, die bestehende Radinfrastruktur für die Lastenradnutzung attraktiver zu gestalten. Des Weiteren ist bei der Erstellung neuer Planungsprojekte darauf zu achten, dass die Verkehrsinfrastruktur von Lastenradfahrer:innen problemlos genutzt werden können. Daher ist eine Anpassung der technischen Normen in verkehrsplanerischen Richtlinien, wie in etwa den Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS) empfehlenswert. Lastenräder nehmen zum Beispiel mehr Platz in Anspruch. Zudem kann aufgrund der Vielzahl an verschiedenen Modellen das Fahrverhalten unterschiedlich ausfallen, wodurch Hindernisse möglicherweise schwieriger umfahren werden können. (vgl. Stadt Wien 2015, 88)

Eine weitere politische Maßnahme ist die Förderung des Bundesministeriums für klimafreundliche Mobilität. Personen werden finanziell bis zu 900 Euro beim Kauf eines Lastenrades unterstützt. (vgl. BMK 2024)

Die Förderung der aktiven Mobilität, der Ausbau der Radfahrinfrastruktur sowie die Unterstützung bei der Anschaffung von klimafreundlicher Mobilität zählen zu den verkehrsplanerischen Leitziele der Stadt Wien. Zudem kann angenommen werden, dass die Radfahrinfrastruktur nicht nur von herkömmlichen Fahrrädern, sondern in Zukunft noch intensiver von Lastenrädern genutzt wird. Für die Anpassung der Infrastruktur ist demzufolge für Politik und Planung entscheidend, Aspekte der Infrastruktur zu kennen, die das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen beeinflussen können.

2.5. Berechnungsmethode Cargobikeability-Index

Die Voraussetzungen und Anliegen von Lastenradnutzer:innen in Bezug auf die Infrastruktur sind bereits in verschiedenen Forschungsarbeiten behandelt worden. In der Studie von Liu et al. (2020) wird untersucht, welche Aspekte der Infrastruktur das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen beeinflussen. Mittels Befragungen und weitere Analysen mit Teilnehmer:innen der Studie aus Amsterdam und Stockholm werden verschiedene Indikatoren identifiziert, die einen wesentlichen Einfluss darauf haben, ob eine Straße mit einem Lastenrad befahren oder nicht befahren wird. (vgl. Liu et al. 2020, 946)

Anhand dieser Indikatoren sowie weiterer Aspekte aus weiterführenden Forschungsarbeiten kann überprüft werden, ob das Straßennetz in Wien eine gute oder schlechte Qualität für die Lastenradnutzung hat.

Diesbezüglich erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln eine Auseinandersetzung mit verschiedenen Indikatoren, die einen Einfluss auf das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen haben können. Im Anschluss findet eine Gewichtung dieser Indikatoren nach verschiedenen Parametern statt. Das Ziel ist die Berechnung eines Index für jedes Straßensegment in Abhängigkeit der gewichteten Indikatoren. Der Index soll ergänzend in einem Geoinformationssystem dargestellt werden. In Form einer Karte können anschließend Abschnitte mit einem hohen Index, lastenradfreundliche Straßensegmente, von solchen mit einem niedrigen Index, lastenradunfreundliche Straßensegmente unterschieden werden.

Die Zielsetzung dieser Analyse besteht unter anderem in der Bewertung der Eignung des Wiener Straßenraums für die Lastenradnutzung. Darüber hinaus sollen Straßensegmente identifiziert werden, die derzeit keine ausreichende Qualität aufweisen und vorrangig verkehrsplanerischen Anpassungen unterzogen werden müssen, um die Nutzung von Lastenrädern auf diesen Abschnitten zu ermöglichen oder attraktiver zu gestalten.

Des Weiteren ist vorgesehen, ausgewählte Straßensegmente Wiens einer qualitativen Bewertung zu unterziehen. Eine Vor-Ort-Analyse soll Aufschlüsse darüber geben, ob beispielsweise Straßen, die nach dem Bewertungsmodell einen niedrigen Index haben, tatsächlich als ungeeignet für die Lastenradnutzung zu bewerten sind. Die qualitative Analyse ausgewählter Straßen dient zudem der Evaluierung, der Eignung der verwendeten Indikatoren sowie der Gewichtung derselben.

Darüber hinaus könnte ein weiteres Ziel dieser Arbeit die Förderung zukünftiger Forschungsaktivitäten in diesem Bereich sein. Die Berechnung und Gewichtung sowie die Definition der Indikatoren könnten gegebenenfalls weiter optimiert werden, um ein qualitativ

hochwertigeres Ergebnis erzielen zu können. Mit einem derartigen Bewertungsmodell lassen sich beispielsweise Lücken im Hauptradverkehrsnetz schneller identifizieren, die planerisch für die Lastenradnutzung angepasst werden könnten.

2.5.1. Bikeability-Index

Bevor eine wissenschaftliche Auseinandersetzung der verschiedenen Indikatoren stattfinden kann, muss vorerst festgelegt werden, welches Berechnungsmodell für diese Arbeit am adäquatesten wäre.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass aktuell noch keine Ansätze zur Berechnung eines Cargobikeability-Index existieren. Wie in Kapitel 2.2. dargelegt, kann das Fahrverhalten von Lastenrädern und herkömmlichen Fahrrädern aufgrund der möglichen verschiedenartigen Dimensionen signifikante Unterschiede aufweisen. Dies erfordert eine differenzierte Betrachtungsweise der Indikatoren, die beispielsweise für die Berechnung eines Bikeability oder Cyclability Index verwendet werden.

Im Rahmen einer Forschungsarbeit von Emery et al. (2003) wurde unter anderem die Reliabilität und Validität zweier Instrumente zur Evaluierung der Eignung von Straßen für das Radfahren und zu Fuß gehen untersucht. Die Studie überprüfte die Validität von 27 Indikatoren, die in einer Forschungsarbeit von Eddy (1996) bestimmt wurden und einen Einfluss auf das Wohlbefinden von Radfahrer:innen haben können. Die Ergebnisse der Evaluierung zeigen, dass mehr als ein Drittel der gewählten Indikatoren einen signifikanten Einfluss auf die Bikeability einer Straße haben. Die Indikatoren „*Speed*“, „*Bike Lane*“, „*Frequent Curve*“, „*Severe Grades*“ und „*Annual Average Daily Traffic*“ haben die höchste Validitätskorrelation. (vgl. Emery et al. 2003, 40)

Die genannten Indikatoren finden ebenfalls in weiteren, aktuelleren Arbeiten und Forschungsprojekten zur Evaluierung der Fahrradfreundlichkeit Anwendung. Dies demonstriert, dass auch nach über 20 Jahren die erzielten Ergebnisse mit den heutigen Erkenntnissen übereinstimmen können. Allerdings erweisen sich die Ansätze und Berechnungen Emery et al. für die vorliegende Forschungsarbeit als weniger gut geeignet. Eine Vielzahl der von Eddy bestimmten Indikatoren lässt sich mittels eines Geoinformationssystems nicht darstellen, sodass sie für diese Arbeit nur begrenzt nutzbar wären. Dennoch befassen sich aktuellere Arbeiten mit der Frage, wie sich die Fahrradfreundlichkeit einer Region mithilfe eines Geoinformationssystems visualisieren lässt. Diesbezüglich werden folgende ausgewählte Forschungsarbeiten präsentiert, die sich mit dieser Thematik befassen.

Bicycle Level of Service for Route Choice A GIS Evaluation of Four Existing Indicators with Empirical Data	Pritchard, Frøyen, Snizek	2019, Trondheim, Kopenhagen	Fahrradtauglichkeit Routenwahl Umwegrate BLOS Infrastrukturbewertung
Bikeability – Urban structures supporting cycling. Effects of local, urban and regional scale urban form factors on cycling from home and workplace locations in Denmark	Alexander, Nielsen, Skov-Petersen	2018, Lynby, Frederiksberg	Fahrradfreundlichkeit Städtische Struktur Region
More than Bike Lanes A Multifactorial Index of Urban Bikeability	Hardinghaus, Nieland, Lehne, Weschke	2021, Berlin	Aktive Mobilität Fahrradfreundlichkeit Infrastrukturbewertung Umwelt Fahrrad
Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel	Winters, Brauer, Setton, Teschke	2013, Vancouver, Burnaby, Victoria	Bebaute Umwelt Stadtplanung Bikeability Index GIS

Tabelle 1: Ausgewählte Forschungsarbeiten zum Thema „Bikeability“ mit einer GIS-Analyse; eigene Darstellung

Die in diesem Kontext genannten Autor:innen beschäftigen sich überwiegend mit der gleichen Fragestellung, wobei die Ansätze zur Beantwortung der Frage divergieren können. In den Arbeiten wird der Versuch unternommen, einen Index zu berechnen, um auf diese Weise die Fahrradfreundlichkeit einer Straße oder Region bestimmen zu können. Nach einer sorgfältigen Auseinandersetzung mit den unterschiedlichen Darstellungsformen und Berechnungsmodellen werden für diese Arbeit die Ansätze von Winters et al. (2013) verwendet. In verschiedenen weiterführenden Arbeiten zur Bestimmung des Bikeability-Index wird die Arbeit von Winters et al. als Referenzbeispiel herangezogen beziehungsweise mit dem Bewertungsmodell dieser gearbeitet. Überdies sind die Vorgehensweisen zur Berechnung und Darstellung der Indikatoren in einem nachvollziehbaren und schlüssigen Schema dargelegt. (vgl. Winters et al. 2013, 869ff.)

2.5.2. **“Mapping bikeability: a spatial tool to support sustainable travel”**

Um einen Cargobikeability-Index berechnen zu können, muss zunächst das Berechnungsmodell definiert werden. Hierfür werden die Ansätze aus der Forschungsarbeit von Winters et al. herangezogen, in der ein Bikeability-Index berechnet und mithilfe eines GIS-Programms visualisiert wurde.

In der Studie von Winters et al. wurden Informationen zu dem Reiseverhalten verschiedener Fokusgruppen über Umfragen und Analysen gesammelt. Daraus konnten Indikatoren identifiziert werden, die einen Einfluss auf die Routenwahl von Radfahrer:innen haben. Die

Indikatoren wurden gemäß ihrer Relevanz für die Teilnehmer:innen gerankt und gelistet. Indikatoren, die den größten Einfluss auf das Wohlbefinden von Radfahrer:innen haben, wurden mit einer Punktzahl von drei bewertet. Indikatoren mit weniger starkem Einfluss, mit einem Punkt. Anschließend wurden die Punkte zusammengerechnet und die Indikatoren nach dem Prioritätsgrad gelistet, wie anhand der Abbildung 8. dargestellt wird.

Rank	Factor	Example quote from participant	Score ^a
1	Bicycle facilities	“The more you feel separated from traffic, the safer you feel.”	50
2	Traffic	“The encroaching volume of traffic is rendering the bike lanes inadequate.”	25
3	Street network	“If I’m commuting I find [grid network] much easier, I feel I can progress through much faster.”	17
4	Topography	“Hills are a big problem for me because I don’t have the strength or endurance.”	16
5	Environment	“I just hate it—all types of pollution—I would go a long way out of my way to avoid it.”	12
6	Distance	“If I could ride to work from home in a half hour, I wouldn’t think twice about it.”	9
7	Neighbourhood land use	“I don’t find the suburbs set up for bicycles. It’s not easy to do your everyday chores because of the distances.”	4
8	Population density	[no comments]	2

Abbildung 8: Indikatoren nach dem Prioritätsgrad; Quelle: Winters et al. 2013, 869

In der Folge wurden auf Basis der Datenverfügbarkeit sowie im Rahmen eines Vergleichs mit weiteren Studien fünf Indikatoren identifiziert, die eine kartographische Darstellung ermöglichen. Straßensegmente wurden nach den Indikatoren „*Bicycle route density*“

„*Bicycle route separation*“, „*Connectivity of bicycle friendly streets*“, „*Topography*“ und „*Destination density*“ bewertet indem die Indikatoren separat nach einer Punktezahl von 1-10 gewichtet wurden.

Die Punkteanzahl 1 steht für eine geringe, die Zahl 10 für eine hohe Fahrradtauglichkeit. Zur kartographischen Darstellung der Indikatoren wurde zunächst eine separate Bewertung nach dem „*Score*“ vorgenommen, welche anschließend addiert wurde, um den „*Bikeability Index*“ berechnen zu können. Im Anschluss wurde der „*Bikeability Index*“ in ein Geoinformationssystem importiert und gemäß einer zuvor festgelegten Darstellungsform visualisiert. Die Resultate erlauben Rückschlüsse auf die Fahrradfreundlichkeit unterschiedlicher Bereiche. Dabei zeigt sich, dass es sowohl Gebiete mit hoher als auch Regionen mit niedriger Fahrradfreundlichkeit im Untersuchungsraum gibt. (vgl. Winters et al. 2013, 869ff.)

Wie bereits erwähnt, werden zur Bestimmung eines Cargobikeability-Index idente methodische Ansätze herangezogen. Einerseits werden Indikatoren definiert, andererseits ist eine differenzierte Bewertung und Gewichtung dieser Indikatoren notwendig. In der Folge wird für die Berechnung eines Cargobikeability-Index das von Winters et al. vorgestellte Bewertungsmodell verwendet. Die Darstellungsform mittels eines Geoinformationssystem, wird jedoch abweichen. In der Forschungsarbeit von Winters et al. werden die Indexwerte der Straßen innerhalb von einem 10x10-Meter-Netz ins Verhältnis gesetzt. Diese Darstellungsform

erlaubt Rückschlüsse auf die Fahrradfreundlichkeit eines Gebietes, jedoch keine Aussagen über einzelne Straßensegmente. Aufgrund der Tatsache, dass das Ziel dieser Arbeit die Bewertung der Lastenradfreundlichkeit der Wiener

Score ^a	Bicycle route density (m of bicycle routes) ^{b,c}	Bicycle route separation	Connectivity of bicycle-friendly streets (number of intersections) ^{b,c}	Topography	Destination density (number of bicycle-friendly destinations) ^{b,c}
1	0	no	0	> 20	0
2	> 0–250		1	10–20	0
3	> 250–450		2–3	7–10	1–2
4	> 450–600		4–6	5–7	3
5	> 600–750		7–10	3–5	4–5
6	> 750–850		11–15	2–3	6–8
7	> 850–1100		16–20	1–2	9–10
8	> 1100–1400		21–25	0.5–1	11–20
9	> 1400–1800		26–30	0–0.5	21–40
10	> 1800–6000	yes	31–60	0	40–300

^a 1 = low bikeability, 10 = high bikeability.

^b deciles based on empirical data from the Metro Vancouver area.

^c in 400 m (1/4 mile) radial buffer.

Abbildung 9: Bewertung Indikatoren nach einem definierten „Score“;
Quelle: Winters et al. 2013, 872

Verkehrsinfrastruktur ist und nicht der Region Wiens im Allgemeinen, wird die Darstellungsform wie im Kapitel 3.3.4 gewählt.

3. Bewertungsmodell

Die Bestimmung der Cargobikeability-Index relevanten Indikatoren stellt einen der wesentlichen Bestandteile dieser Arbeit dar. Zum einen ist eine Definition der Indikatoren erforderlich, zum anderen ist eine Gewichtung dieser nach verschiedenen Ansätzen notwendig.

Ansätze zu dem Thema lastenradfreundliche Infrastruktur werden in einer Forschungsarbeit von Liu et al. (2020) behandelt, in der quantitative und qualitative Aspekte untersucht werden, die die Routenwahl von Lastenradnutzer:innen beeinflussen können. Es konnte festgestellt werden, dass die Straßen für die Nutzung trotz einiger allgemeiner Präferenzen unter anderem nach subjektiven Wahrnehmungen gewählt werden. Hinzukommend, sei es wichtig, nicht nur zu verstehen, „was“ für Lastenradnutzer:innen wichtig ist, sondern auch „warum“. Darüber hinaus kann die Entscheidung, ob eine Straße für oder gegen eine Lastenradnutzung spricht, von Stadt zu Stadt unterschiedlich getroffen werden. Demzufolge wird eine an die örtlichen Gegebenheiten angepassten Studie von den Autor:innen empfohlen. (vgl. Liu et al. 2020, 941)

Wie bereits im Kapitel 1.1. dargelegt, werden in Forschungsprojekten wie zum Beispiel in der Mobilitätserhebung *„KlimaEntLaster-Projekt HAUSRAD: klimagerechte und zielgruppentaugliche Mobilitätsdienstleistungen im Wohnumfeld mit Transportrad“* sowohl quantitative als auch qualitative Ansätze untersucht, um Aspekte zu identifizieren, die die Nutzung von Lastenrädern fördern oder hemmen. In der Untersuchung werden vor allem allgemeine Themen zum Fahrrad und Lastenrad behandelt. Durch die Verwendung von Fragebögen wird erhoben, ob Radfahrer:innen die vorhandene Radfahrinfrastruktur in der Umgebung als ausreichend ausgebaut wahrnehmen. Aus diesem Forschungsprojekt geht hervor, dass die Teilnehmer:innen aus Wien im Vergleich zu weiteren Städten Österreichs ein eher geringes Sicherheitsgefühl beim Radfahren im Wiener Straßennetz empfinden. Insgesamt gaben 28 % der Befragten an, sich im Wiener Straßenverkehr eher unsicher zu fühlen, während 26 % angaben, sich überhaupt nicht sicher zu fühlen. Lediglich 4 % der Teilnehmer:innen stimmten der Aussage völlig zu, dass sie sich im Straßenverkehr Wiens sicher fühlen. Der Stichprobenumfang beträgt n=297. (vgl. Tanzer et al. 2023)

Ähnliche Untersuchungen, wie beispielsweise die von der *„Radlobby Österreich“* geleitete Studie *„Fahrradklima-Test 2022“*, befassen sich unter anderem mit der Frage, ob sich Bürger:innen beim Radfahren in der österreichischen Verkehrsinfrastruktur sicher fühlen. Die Gesamtbewertung für die Stadt Wien fällt im Vergleich zu den weiteren österreichischen Städten schwach aus. Für Wien wurde eine Gesamtbewertung von 4,05 von 6 Punkten vergeben, wobei die Höchstpunktzahl von 6 als Indikator für eine sehr schwache Bewertung

interpretiert wird. Dies ist auf die 1015 durchgeführten Interviews mit Bewohner:innen Wiens zurückzuführen, bei denen eine Mehrheit der Befragten die Wiener Radfahrinfrastruktur kritisch bewerten. Indikatoren, die sehr stark bemängelt werden, sind unter anderem „*die Breite der Wege für Radfahrende*“ (5,17), das „*Sichere Fahren auf Radwegen und Radfahrstreifen*“ (4,97), sowie „*Konflikte zwischen Radfahrenden und Kfz*“ (4,90). (vgl. Radlobby Österreich o.D.-a)

Mithilfe verschiedener Indikatoren soll infolgedessen analysiert werden, welche Straßensegmente in Wien aktuell lastenradfreundlich oder -unfreundlich sind. Diesbezüglich werden Indikatoren nach unterschiedlichen Anhaltspunkten gewichtet und anschließend ein Cargobikeability-Index berechnet.

Wie bereits erörtert, gestaltet sich eine einheitliche Bewertung des Cargobikeability-Index als äußerst komplex. Die Variabilität der verschiedenen Lastenradmodelle sowie der unterschiedlichen Benutzer:innengruppen erschwert die Entwicklung eines einheitlichen Ansatzes. Zudem wird ein Geoinformationssystem genutzt, um die verschiedenen Straßenabschnitte Wiens bewerten zu können. Dabei ist es bedeutend, dass ausschließlich Indikatoren verwendet werden, die einen Ortsbezug besitzen. Bestimmte Aspekte, die einen potenziellen Einfluss auf die Bewertung haben könnten, jedoch keinen Ortsbezug haben oder nicht kalkulierbar sind, werden in diesem Bewertungsmodell nicht berücksichtigt.

Zudem ist die Entscheidung für oder gegen das Befahren eines bestimmten Straßensegments von individuellen Faktoren abhängig und kann von jeder Lastenradnutzer:in unterschiedlich wahrgenommen werden. Aus diesem Grunde wird in dieser Arbeit versucht, eine objektive Bewertung mittels fundierter Argumentationen vorzunehmen. Es ist ferner zu betonen, dass zum Zeitpunkt dieser Arbeit bestimmte Forschungsergebnisse, beispielsweise hinsichtlich der optimalen Radfahrinfrastruktur für Lastenradnutzer:innen, noch nicht vorliegen.

Die folgende Grafik dient der Veranschaulichung des methodischen Vorgehens zur Erstellung eines Carobikeability-Index. Im ersten Schritt erfolgt die Definition der Indikatoren.

Abbildung 10: Ablaufdiagramm der methodischen Vorgehensweise; eigene Darstellung



3.1. Definition Indikatoren

Die Definition der Indikatoren basiert auf unterschiedliche Forschungsarbeiten, die sich mit den Themen „*Fahrrad*“ und „*Lastenrad*“ befassen. Aufgrund der Tatsache, dass aktuell der Forschungsstand zum Thema Cargobikeability-Index noch begrenzt ist, werden die Indikatoren teilweise nach Studien zur Bestimmung fahrradfreundlicher Infrastruktur definiert und gewichtet. Für das Bewertungsmodell werden insgesamt sieben Indikatoren verwendet, die wie folgt lauten:

- „*Anlageart für die Lastenradnutzung*“,
- „*Breite der Fahrbahn*“,
- „*Steigung des Straßenabschnittes*“,
- „*Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs*“,
- „*Deckschichten des Oberbaus*“,
- „*Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs*“,
- „*Verkehrsmenge des Schwerverkehrs*“.

Der Einfluss der gewählten Indikatoren auf die Qualität der Lastenradnutzung wurden in unterschiedlichen Forschungsarbeiten behandelt. Im Folgenden werden die verschiedenen Quellen, Textverweise und Autor:innen, aus denen die Informationen zu den Indikatoren für diese Forschungsarbeit stammen, in der nächsten Tabelle veranschaulicht.

Quelle	Indikator	Verweis
Broach et al. 2012	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	<i>„...traffic volume of 10,000–20,000 vehicles per day, a cyclist would be willing to travel about 16.2% (9.1% commute) farther on a 1 mile trip...“</i>
Cai et al. 2020	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	<i>„However, the percentage of heavy vehicle was found to decrease bicycle volume.“</i>
Furth et al. 2023	Steigung des Straßenabschnittes	<i>„...mountain barriers with only a few natural corridors with gentle slopes, bike network planning should focus on finding ways to lower traffic stress in those corridors...“</i>
Greibe et al. 2016	Breite der Fahrbahn	<i>„...increased track width is expected to provide an added level of comfort for cyclists, but also a safer traffic flow due to the reduced risk of hitting the curb or other cyclists...“</i>
Hardinghaus et al. 2019	Anlageart für die Lastenradnutzung	<i>„... Dabei schneiden Routen durch Fahrradstraßen noch besser ab als geschützte Radfahrstreifen an Hauptverkehrsstraßen...“</i>
	Anlageart für die Lastenradnutzung	<i>„...preferences for protected bike lanes are nearly twice as strong as for bike paths and bike lanes...“</i>
Hardinghaus et al. 2023	Deckschichten des Oberbaus	<i>„... asphalt as surface is much more valued by cargo bike users, which may be explained by heavier weight and loads that makes riding on cobblestones even more complicated..“</i>
	Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	<i>„...a speed limit of 30 km/h are perceived better than streets with a speed limit of 50 km/h...“</i>
Hölzel et. al. 2012	Deckschichten des Oberbaus	<i>„...asphalt has the lowest effective value...cobblestones with the highest value...“</i>
Hwang et al. 2022	Steigung des Straßenabschnittes	<i>“...striped bike lanes, buffered bike lanes, and protected bike lanes can reduce stress by 50%, 65%, and 75%, respectively...”</i>
	Anlageart für die Lastenradnutzung	<i>„The stress induced by the slope is as follows: 37% in MRS if the slope is 2–4%; 120% if the slope is 4–6%; 320% if the slope is greater than 6%..“</i>
Liu et al. 2020	Anlageart für die Lastenradnutzung	<i>„In both cities, four of the five most important infrastructure elements guiding route choice were the same: type of infrastructure, width of cycling</i>

	Breite der Fahrbahn Verkehrsmenge des Kfz- Verkehrs	<i>space, traffic volume of heavy vehicles, and traffic volume of cars.“</i>
	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	
	Steigung des Straßenabschnittes	<i>„...cargo bike users may be more inclined to avoid routes with steep gradients...“</i>
	Deckschichten des Oberbaus	<i>„...rough surfaces, hills, and bicycle traffic were also mentioned as obstacles encountered when moving around by cargo bike.“</i>
Nobis 2019	Steigung des Straßenabschnittes	<i>„Starke Höhenunterschiede in der unmittelbaren Wohnumgebung senken den Fahrradanteil...“</i>
Nürnberg 2019	Deckschichten des Oberbaus	<i>„There was also a great susceptibility to tilting the bike in the corners and on roads with poor surface, such as pavement...“</i>
Schläger et al. 2016	Anlageart für die Lastenradnutzung	<i>„Geöffnete Einbahnstraßen werden von den Kommunen als sicher wahrgenommen und bewertet.“</i>
Schmid-Querg et al. 2021	Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	<i>„A speedlimit is elemental as well for bikeability, as safety is increased because of the breaking dis-tance...“</i>
Sener et al. 2009	Verkehrsmenge des Kfz- Verkehrs	<i>„... motorized trafficvolume are the most important attributes in bicycle route choice..“</i>
Silva et al. 2024	Steigung des Straßenabschnittes	<i>„...that the existence of slopes caused the electric vehicle’s battery to decrease at a constant rate...“</i>
Szyszkowicz 2018	Anlageart für die Lastenradnutzung	<i>„The three most important factors were: presence of bike routes, co-existence with vehicular traffic, and the connectivity of the street network.“</i>
	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	<i>„...all these qualitative factors strongly point to the existence of a connected route without heavy traffic...“</i>
Teufel et al. 2000	Deckschichten des Oberbaus	<i>„Kopfsteinpflaster ist für den Fahrradverkehr die schlechteste Straßenoberfläche,..“</i>

Tabelle 2: Forschungsarbeiten, Indikatoren und Verweise im Text; eigene Darstellung

3.1.1. Anlageart für die Lastenradnutzung

Zur Bewertung der Qualität eines Straßensegmentes für die Lastenradnutzung ist der verkehrsplanerische Ausbau der Verkehrsinfrastruktur relevant. Aus verschiedenen Studien geht hervor, dass die Routenwahl der Lastenradnutzer:innen von bestimmten Merkmalen abhängt. Ein Einflussfaktor ist beispielsweise die Sicherheit im Straßenverkehr. Nach den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) geht hervor, dass eine überwiegende Mehrheit schwerer Unfälle mit Radfahrer:innen in Ortsgebieten auf Straßen passieren, auf denen keine Radinfrastruktur vorhanden ist. (vgl. FSV 2013, 6) Eine weitere Studie von Szyszkowicz (2018) zeigt, dass insbesondere Radfahranlagen, die separat geführt und physisch vom motorisierten Individualverkehr getrennt sind, bei Radfahrer:innen sehr beliebt sind (vgl. Szyszkowicz 2018, 12f.).

Gemäß den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen ist in Österreich eine Differenzierung des Radverkehrsnetzes nach einer hierarchischen Gliederung sowie nach dem Trenn- und Mischprinzip möglich. Wie in Kapitel 2.4.2. dargelegt, ist das Hauptradverkehrsnetz in Wien in Basisrouten, Grundnetz und erweitertes Grundnetz unterteilt. Straßen der Kategorie „*Erschließungsnetz*“ gehören nicht zu dem Hauptradverkehrsnetz. Straßen dieser Kategorie können beispielsweise „*Anrainerstraßen*“ sein. In Bezug auf die Hierarchie zählen Straßen der Kategorie „*Basisroute*“ zu den wichtigsten Radverkehrsverbindungen und besitzen den höchsten Stellenwert für den Ausbau, Lückenschluss und die Erweiterung bestehender Radfahranlagen. (vgl. Stadt Wien 2015, 122)

Die Begriffe „*Trennprinzip*“ und „*Mischprinzip*“ verweisen auf die Möglichkeit, die Radverkehrsrouten zusätzlich danach zu differenzieren, ob Radfahrer:innen eine eigene Fahrbahn zur Verfügung steht oder ob sie sich eine Fahrbahn mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen teilen müssen. (vgl. FSV 2013, 12)

Unter den jeweiligen Prinzipien können folgenden Anlagearten einordnet werden:



Abbildung 11: Trenn und Mischprinzip verschiedener Anlagearten; Quelle: FSV 2012,13; eigene Darstellung

Gemäß § 2 Abs. 11b StVO der österreichischen Straßenverkehrsordnung werden unter dem Begriff „Radfahranlagen“ verschiedene Arten von Verkehrsflächen für den Radverkehr zusammengefasst, darunter Radfahrstreifen, Mehrzweckstreifen, Radwege, Geh- und Radwege sowie Radfahrerüberfahrten.

Weitere Netzelemente der Radverkehrsinfrastruktur, wie beispielsweise Fahrradstraßen, das Radfahren gegen die Einbahn, Fahrstreifen für den Radverkehr und den öffentlichen Verkehr (ÖV), das Radfahren in Fußgängerzonen, Güterwegen, Wohnstraßen und Begegnungszonen, werden nicht zu dem Begriff „Radfahranlagen“ gezählt. Nach Auswertung älterer Quellen und Forschungsarbeiten lässt sich feststellen, dass zum damaligen Zeitpunkt diese Netzelemente unter dem Begriff „Radverkehrsanlagen“ zusammengefasst wurden. (vgl. Radlobby Österreich, o. D.-b)

Dieser Begriff existiert jedoch nicht mehr in den aktuellen Straßenverkehrsordnungen oder in den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen. Aufgrund dessen werden sämtliche Netzteile des Radverkehrsnetzes, wie sie auch nach der Stadt Wien genannt werden, unter dem Begriff „Anlagearten“ zusammengefasst (Stadt Wien o.D.-a).

Die Frage, welche Anlagenart den Radverkehr effizient fördern kann, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Ein wesentliches Kriterium ist beispielsweise die erlaubte Höchstgeschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs. Des Weiteren ist die Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs sowie der Anteil an Schwerverkehr relevant.

Abbildung 12 legt eine Grafik von der Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (FSV) dar. Diese Abbildung zeigt, ab welchem Verkehrsvolumen und welcher maximalen Höchstgeschwindigkeit das Trennprinzip angewendet werden soll und wann eine gemischte Verkehrsführung adäquat wäre. (vgl. FSV 2013, 14)

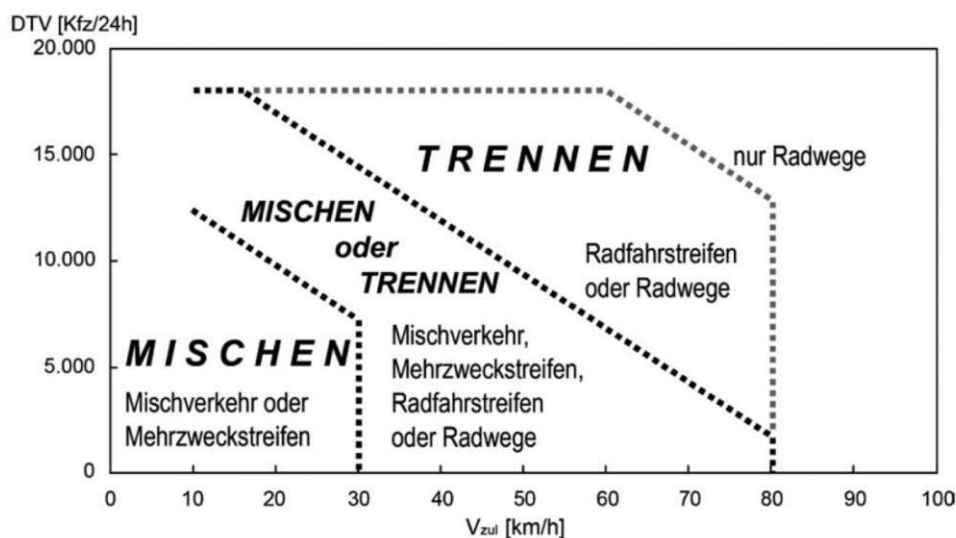


Abbildung 12: Trennen oder Mischen, nach den Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau; Quelle FSV 2013, 14

Die separate Führung einer Anlageart für das Radfahren (Trennprinzip) kann grundsätzlich immer angewandt werden, ist jedoch nicht stets die adäquateste Lösung. Anlagenarten des Mischprinzips, wie beispielsweise Begegnungszonen mit eingeschränktem Kfz-Verkehr, können attraktiv für die Radnutzung sein. Straßen mit einem durchschnittlichen Verkehrsvolumen von 15.000 Autos pro Tag können gemischt geführt werden, sofern die erlaubte Höchstgeschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs niedrig ist (siehe Abbildung 12). (vgl. FSV 2013, 15)

Im nachfolgenden Kapitel werden die grundlegenden Eigenschaften verschiedener Anlagenarten aufgeführt. Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass lediglich Informationen über die Anlagenarten präsentiert werden, die für diese Forschungsarbeit von Relevanz sind. Folglich kann nicht ausgeschlossen werden, dass bestimmte Details unerwähnt bleiben.

3.1.1.1. Einrichtungsweg

Radweg (§2 Absatz.1 Z8 StVO): *„ein für den Verkehr mit Fahrrädern bestimmter und als solcher gekennzeichnete Weg“*



Der Einrichtungsweg gehört zu den Anlagearten, die getrennt und eigenständig geführt werden. Die Trennung zu weiteren Verkehrsteilnehmer:innen kann entweder baulich durch Grünstreifen oder Pflastersteine, oder in Folge einer Markierung mittels eines Trennstreifens stattfinden. Gemäß der Straßenverkehrsordnung (StVO) dürfen auf dem Radweg nur Fahrzeuge verkehren, die als Fahrräder definiert sind. Die Fahrtrichtung ist durch entsprechende Beschilderung festgelegt und lediglich in die vorgeschriebene Richtung erlaubt. Das Risiko einer Kollision mit weiteren Verkehrsteilnehmer:innen ist auf einem Einrichtungsweg verhältnismäßig gering. (vgl. Meschik 2008, 68)

Abbildung 13:
„Radweg“; Quelle:
StVO 2024, online

3.1.1.2. Zweirichtungsweg

Ein Zweirichtungsweg ist dem Einrichtungsweg ähnlich, allerdings ist dieser, wie der Name bereits verrät, in beide Fahrtrichtungen benutzbar. Gemäß den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) beträgt die Mindestbreite von Zweirichtungswegen 2,00 m (vgl. FSV 2013, 1). Lastenräder mit einer Breite von bis zu 100 cm dürfen Radfahranlagen benutzen (§ 68 Absatz 1 Satz 1 StVO). Das Befahren von einem Zweirichtungsweg mit einer Fahrbahnbreite von 2 Metern kann demzufolge bei Nutzer:innen breiterer Lastenrädern zu Schwierigkeiten und Konflikten führen. Aufgrund der Größe von Lastenrädern kann zudem das Manövrieren, wie zum Beispiel das Überholen, das Kreuzen und Abbiegen anlässlich des Gegenverkehrs, erschwert sein. Zweirichtungswege

haben auf Grundlage verschiedener Studien eine hohe Qualität für die Lastenradnutzung, jedoch besteht ein höheres Unfallrisiko im Vergleich zu Einrichtungsradswegen. (vgl. Meschik 2008, 68)

3.1.1.3. Geh- und Radweg

Geh und Radweg (§2 Absatz.1 Z11a StVO): „*ein für den Fußgänger- und Fahrradverkehr bestimmter und als solcher gekennzeichneteter Weg*“

Die Fahrbahn der Anlageart, Geh- und Radweg kann sowohl getrennt als auch gemischt geführt werden. Des Weiteren können beide Varianten nach „*mit*“ - oder „*ohne Benutzungspflicht*“ differenziert werden. Wie bereits aus der Bezeichnung hervorgeht, besteht für Radfahrer:innen die Verpflichtung zur Nutzung von Radwegen mit Benutzungspflicht. Das Befahren von Geh- und Radwegen ohne Benutzungspflicht ist demgegenüber freiwillig. (§53 Absatz 1 Z28a)

Geh- und Radwege sind lediglich für untergeordnete Radrouten zu empfehlen, auf denen ein geringes Verkehrsaufkommen von Fußgänger:innen und Radfahrer:innen zu verzeichnen ist. Für Hauptradrouten werden Geh- und Radwege nicht empfohlen. Die potenziellen Gefahren von Konflikten und Kollisionen mit weiteren Verkehrsteilnehmer:innen beeinträchtigen die Radverkehrsströme. (vgl. FSV 2013, 31)

Verkehrsteilnehmer:innen sind auf getrennten Geh- und Radwegen verpflichtet, die für sie ausgewiesene Verkehrsfläche zu nutzen. Die Beliebtheit von Anlagearten, die getrennt geführt werden, ist unter Radfahrer:innen mittels verschiedenen Studien belegt. Daher lässt sich ableiten, dass für die Nutzer:innen getrennte Geh- und Radwege beliebter sind als gemischte Geh- und Radwege. (vgl. Hardingaus et. al. 2023,4)



Abbildung 14:
„getrennter Geh- und Radweg mit Benutzungspflicht“;
Quelle: StVO 2024, online



Abbildung 15:
„getrennter Geh- und Radweg ohne Benutzungspflicht“
; Quelle: StVO 2024, online

Dennoch besteht eine Kollisionsgefahr mit Fußgänger:innen, die die Vorgaben der Straßenverkehrsordnung (StVO) missachten und die Verkehrsfläche der Radfahrer:innen trotz Verbot begehen. (vgl. Meschik 2008, 83)



Abbildung 16:
„gemischter Geh-
und Radweg mit
Benutzungspflicht“;
Quelle: StVO 2024,
online



Abbildung 17:
„gemischter
Geh- und
Radweg ohne
Benutzungspflic
ht“; Quelle:
StVO 2024,
online

Die Realisierbarkeit eines gemischten Geh- und Radwegs anstelle eines getrennten Geh- und Radwegs auf bestimmten Streckenabschnitten ist maßgeblich vom Verkehrsaufkommen der Radfahrer:innen und Fußgänger:innen abhängig. Bei einem geringen Verkehrsaufkommen kann diese Anlageart realisiert und adäquat sein. (vgl. Meschik 2008, 84)

Dennoch ist die Planung und Errichtung gemischter Geh- und Radwege nur dann zu empfehlen, wenn aufgrund von Platzmangel eine getrennte Variante verkehrsplanerisch

nicht möglich wäre und/oder eine gemeinsame Führung des Radverkehrs entlang der Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs nicht realisierbar ist. (vgl. FSV 2013, 31)

3.1.1.4. Radfahrstreifen

Radfahrstreifen (§2 Absatz.1 Z7 StVO): *„ein für den Fahrradverkehr bestimmter und besonders gekennzeichnete Teil der Fahrbahn, wobei der Verlauf durch wiederholte Markierung mit Fahrradsymbolen angezeigt wird“*

Nutzer:innen der Anlageart „*Radfahrstreifen*“ teilen sich die Fahrbahn mit dem motorisierten Individualverkehr, jedoch ist die Fahrbahnfläche des Radfahrstreifens mittels eines Trennstreifens von der restlichen Fahrbahn abgetrennt. Eine Mitbenutzung der Fahrbahn ist dem motorisierten Individualverkehr untersagt. Radfahrstreifen sind zudem nur in einer Richtung befahrbar. In Bereichen, in denen ein erhöhtes Konfliktpotenzial besteht, beispielsweise bei Kreuzungsbereichen oder in Engstellen, ist es empfehlenswert, Radfahrstreifen durch eine durchgehende, ganzflächig eingefärbte Markierung zu kennzeichnen. (vgl. FSV 2013, 25)

Das Vorkommen und die Gewährleistung der Verkehrssicherheit auf Radfahrstreifen sind maßgeblich von dem ruhenden und fließenden Verkehr abhängig. Die Breiten von Radfahrstreifen können in Streckenabschnitten gering sein, was insbesondere für Lastenradfahrer:innen subjektiv als unsicher empfunden werden kann. Unter der Voraussetzung, dass Radfahrstreifen nicht missbräuchlich benutzt werden, kann diese Anlageart jedoch für Lastenradfahrer:innen eine qualitativ hochwertige Option darstellen. (vgl. Meschik 2008, 62)

3.1.1.5. Radfahren gegen die Einbahn

Einbahnstraße (§2 Absatz.1 Z3b StVO): „eine Straße, deren Fahrbahn für den Verkehr in einer Richtung bestimmt ist“

Wien ist unter anderem bekannt dafür, dass in vielen Straßenabschnitten das Radfahren gegen die Einbahn erlaubt ist. Diese Ausnahmen werden am Anfang jedes Straßensegments mit einer Beschilderung gekennzeichnet. Radfahren gegen die Einbahn soll zu einer direkten Verbindung im untergeordneten Netz führen. Radfahrer:innen stehen dabei in Konflikt mit dem in die Einbahn fahrenden motorisierten Individualverkehr. Laut dem RVS lässt sich jedoch feststellen, dass die erforderliche seitliche Distanz mit höherer Präzision abgeschätzt werden kann, wenn beide Verkehrsteilnehmer:innen in unterschiedliche Richtungen fahren. Darüber hinaus wird nach dem RVS empfohlen, dass auf Einbahnen, auf denen das Fahren gegen die Einbahn erlaubt ist, die maximale Höchstgeschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs nicht höher als 30 km/h ist. (vgl. FSV 2013, 47)

Konflikte können insbesondere dann entstehen, wenn Einbahnen eine zu geringe Fahrbahnbreite haben. Nach Meschik (2008) besteht dabei die Gefahr, dass der Kfz- und Schwerverkehr die erforderlichen Abstände vor allem bei breiteren Lastenrädern falsch einschätzen und dadurch Unfälle hervorgerufen werden können. Des Weiteren können Personen, die in Einbahnen ausparken möchten, die entsprechenden Beschilderungen und Kennzeichnungen übersehen oder diese nicht wahrnehmen. Folglich kann passieren, dass lediglich die Verkehrsströme der Fahrtrichtung der Einbahn berücksichtigt werden und der Radverkehr gegen die Fahrtrichtung übersehen wird. (vgl. Meschik 2008, 98ff.)

3.1.1.6. Mehrzweckstreifen

Mehrzweckstreifen (§2 Absatz.1 Z7a StVO): „ein Radfahrstreifen oder ein Abschnitt eines Radfahrstreifens, der unter besonderer Rücksichtnahme auf die Radfahrer von anderen Fahrzeugen befahren werden darf, wenn für diese der links an den Mehrzweckstreifen angrenzende Fahrstreifen nicht breit genug ist oder wenn das Befahren durch Richtungspfeile auf der Fahrbahn für das Einordnen zur Weiterfahrt angeordnet ist.“

Die Anlageart „Mehrzweckstreifen“ ist ein Bereich der Fahrbahn, der unter Berücksichtigung des Radverkehrs von dem motorisierten Individualverkehr befahren werden darf. Mehrzweckstreifen befinden sich auf dem gleichen Niveau wie die Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs. Der wesentliche Unterschied zwischen einem Mehrzweckstreifen und einem Radfahrstreifen besteht darin, dass der Radfahrstreifen durch eine Sperrlinie von der



Abbildung 18: „Radfahren gegen die Einbahn“;
Quelle: unart/BMK o.D,
online

restlichen Fahrbahn abgegrenzt ist, während der Mehrzweckstreifen lediglich durch eine Warnlinie gekennzeichnet ist. Nach der StVO darf die Sperrlinie des Radfahrstreifens in keinen Umständen von anderen Verkehrsteilnehmer:innen befahren werden. (vgl. FSV 2013, 56)

Die Planung von Mehrzweckstreifen erfolgt insbesondere auf Straßenabschnitten, auf denen eine separat geführte Anlageart aus Platzgründen nicht realisierbar ist. Mehrzweckstreifen werden jedoch teilweise von Radfahrer:innen als eine unsichere Anlageart empfunden. Vor allem eine hohe Verkehrsmenge und hohen Geschwindigkeiten des motorisierten Individualverkehrs, können das Sicherheitsgefühl von Radfahrer:innen beeinträchtigen. Das Risiko, in einen Unfall involviert zu werden, ist vorwiegend für ungeübte Radfahrer:innen erhöht, wenn sich der motorisierte Individualverkehr mit den Radfahrer:innen die Fahrbahn teilen. (vgl. Meschik 2008, 65ff.)

3.1.1.7. **Radfahren auf der Busspur**

Radfahren auf der Busspur (§53 Absatz.24 StVO): *„...Auf einer Zusatztafel kann angegeben werden, dass die betreffende Straße auch mit anderen Fahrzeugarten (zB Omnibusse des Stadtrundfahrten-Gewerbes oder einspurige Fahrzeuge) benützt werden darf; diese Angaben können auch im weißen Feld des Hinweiszeichens angebracht werden, wenn dadurch die Erkennbarkeit des Verkehrszeichens nicht beeinträchtigt wird...“*

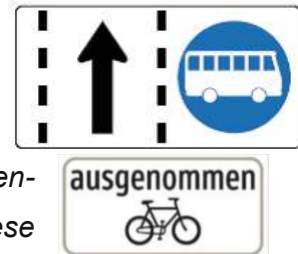


Abbildung 19:
„Radfahren auf der
Busspur“; Quelle:
StVO 2024, online

In einer Studie von Liu et al. (2020) wird darauf verwiesen, dass eine signifikante Anzahl von Lastenradnutzer:innen das Radfahren auf Busspuren als qualitativ hochwertig beurteilen. Als Gründe dafür werden unter anderem die häufig geringere Verkehrsmenge sowie die proportional größere Breite der Fahrbahn angeführt. (vgl. Liu et al. 2020, 954)

In derselben Studie wird zudem erwähnt, dass eine geringe Verkehrsmenge des Schwerverkehrs einen positiven Einfluss auf das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen hat. Die Stadt Wien ist bekannt dafür, dass sie vor allem in den inneren Bezirken ein sehr dichtes Bus-Intervall besitzt. Als Beispiel dazu: Das Intervall der Buslinie 13A liegt zu Spitzenzeiten bei 4 bis 6 Minuten. (vgl. WienMobil 2020) In der Konsequenz kann die Verkehrsmenge des Schwerverkehrs auf Busspuren, die unter anderem auch von Taxifahrer:innen oder Einsatzfahrzeugen befahren werden können, in Wien hoch sein. Meschik (2008) erläutert, dass eine problemlose gemeinsame Führung von Radfahrer:innen und Bussen möglich sei, sofern maximal 15 bis 20 Busse pro Stunde und maximal 50 Radfahrer:innen pro Stunde die Busspur nutzen. (vgl. Meschik 2008, 90f.)

3.1.1.8. Verkehrsberuhigte Zone

Verkehrsberuhigte Zonen sollen die nichtmotorisierte Straßenraumnutzung fördern und können beispielsweise Begegnungszonen, Wohnstraßen oder verkehrsarme Wege sein. (vgl. Meschik 2008, 39) Straßen in verkehrsberuhigten Zonen, sollen die Attraktivität und die Sicherheit für das Radfahren und Zufußgehen fördern, indem Straßen explizit für die aktive Mobilität ausgebaut werden. (vgl. FSV 2013, 6).

Auf Grundlage der verfügbaren Daten werden zu Definition des Cargobikeability-Index die Straßen der Kategorie,

- „Radfahren auf verkehrsarmen Wegen“,
- „Radfahren in Fußgänger:innenzonen“,
- „Verkehrsberuhigte Bereiche“,
- „Anrainerstraßen“,
- „Radfahren in Wohnstraßen“ und
- „Begegnungszonen“ zu den verkehrsberuhigten Straßen gezählt. (vgl. Meschik 2008, 39)

3.1.1.9. Lastenradfreundliche Zone

Unter der Kategorie „Lastenradfreundliche Zone“ werden sämtliche Anlagenarten zusammengefasst, die von allen Lastenfahrrädern, unabhängig von Größe und Länge benutzt werden können. Zudem soll der Radverkehr auf diesen Netzelementen dominieren und die Infrastruktur attraktiv und sicher für die Nutzung durch den Radverkehr konzipiert sein.

In dieser Forschungsarbeit zählen zu dieser Kategorie Straßen, die eine weitgehend hohe Qualität für die Lastenradnutzung haben. Darüber hinaus wird die Qualität für die Lastenradnutzung für Anlagenarten der Kategorie „Lastenradfreundliche Zone“ höher geschätzt als für die Kategorie „Verkehrsberuhigte Zone“. Eine Untersuchung von Hardinghaus (2023) kann teilweise diese Annahme bestätigen. Die Untersuchung der Routenpräferenzen verdeutlicht, dass die „willingness to accept longer traveling time“ für Lastenradfahrer:innen auf Fahrradstraßen durchschnittlich 6 Minuten länger ist als auf Wohnstraßen. (vgl. Hardinghaus 2023, 4)

Auf Grundlage der verfügbaren Daten, die für die Darstellung des Cargobikeability-Index verwendet werden, zählen folgende Anlagearten zu der Kategorie „Lastenradfreundliche Zonen“. Es ist dabei zu beachten, dass der Begriff „Lastenradfreundliche Zone“ aus wissenschaftlicher Sicht unterschiedlich aufgefasst werden kann.



Abbildung 20:
„Fahrradstraße“;
Quelle: StVO 2024,
online

- Fahrradstraße (§67 Absatz.1 Z.1 und 3 StVO): *„...In einer solchen Fahrradstraße ist außer dem Fahrradverkehr jeder Fahrzeugverkehr verboten; ausgenommen davon ist das Befahren mit den in § 76a Abs. 5 genannten Fahrzeugen sowie das Befahren zum Zweck des Zu- und Abfahrens...Die Lenker von Fahrzeugen dürfen in Fahrradstraßen nicht schneller als 30 km/h fahren. Radfahrer dürfen weder gefährdet noch behindert werden.“*
- Radrouten und Hauptradrouten: Radrouten sowie Hauptradrouten werden dem „*bevorragten Radverkehr*“ zugeordnet und weisen in der Regel eine entsprechend ausgestattete Qualität für die Radnutzung auf (vgl. FSV 2013, 63). Wie bereits im Kapitel 2.4.2. dargelegt, erfolgt eine Unterteilung des Hauptradverkehrsnetzes Wiens in Basisroute, Grundnetz und erweitertes Grundnetz (vgl. Stadt Wien 2015, 122). Gemäß den GIP-Daten genießen Straßensegmente, die der Kategorie Radroute oder Hauptradroute zugeordnet werden, höchste Priorität für die Radnutzung. Zudem wird angenommen, dass diese Straßen in besonderem Maße für die Nutzung von Lastenrädern geeignet sind.

3.1.2. Breite der Fahrbahn

Es wird zudem angenommen, dass die Routenwahl einer Lastenradnutzer:in von der Qualität einer Anlage für die Radnutzung abhängig ist. Nach der RVS müssen die Verkehrsflächen von Radfahranlagen in Österreich in der Regel eine Mindestbreite einhalten. In begründeten Fällen können auf kurzen Abschnitten die vorgeschriebenen Breiten unterschritten werden, sofern ein Hinweis dies hervorbringt. Können die vorgeschriebenen Maße der Verkehrsflächen von Radfahranlagen jedoch auf längeren Abschnitten nicht eingehalten werden, müssen andere Formen der Radverkehrsführung gewählt werden. (vgl. FSV 2013, 22)

Die Verkehrsflächenbreiten können für Lastenradfahrer:innen ein sehr wichtiger Indikator zum sicheren Radfahren sein. Liu et al. (2020), legen nahe, dass die Routenwahl von Lastenradfahrer:innen maßgeblich von der Breite der Verkehrsfläche von Anlagearten abhängen sein kann (vgl. Liu et al. 2020, 954). Aufgrund dessen, dass die Länge und Breite von Lastenrädern im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern bedingt größer sein können,

müssen Anlagearten in der Regel eine ausreichende Breite aufweisen, um einen gefahrlosen Verkehr für Lastenradfahrer:innen zu gewährleisten. Die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen in Österreich unterscheiden dabei die Ausbauqualität der Breiten verschiedener Radfahranlagen nach den Ausbaustufen A-D.

Die Ausbaustufe A kennzeichnet Radfahranlagen mit den breitesten Verkehrsflächen, welche gemäß der Richtlinie die höchste Qualität aufweisen. Als Referenzwert dient ein Lastenrad mit einer Breitenabmessung von 100 cm. Auf Straßensegmente der Ausbaustufe A können im Regelfall ein Lastenrad ein weiteres Lastenrad überholen. Radfahranlagen der Ausbaustufe B hingegen ermöglichen kein Nebeneinander fahren zweier Lastenräder im Richtungsverkehr. Dennoch besteht die Möglichkeit, dass ein einspuriges Fahrrad ein Lastenrad oder umgekehrt ohne Gefahr überholen kann. Die Benutzung von Radfahranlagen mit einer Ausbaustufe C durch Lastenräder ist möglich, allerdings ist sowohl das Überholen als auch das Überholt werden von der Breitendimensionierung nicht möglich. Radfahranlagen der Ausbaustufe D sind ausschließlich für einspurige Fahrräder vorgesehen, sodass sie die Stufe mit den geringsten Verkehrsflächenbreiten darstellen. Eine Nutzung durch Lastenräder ist aufgrund der baulichen Gegebenheiten nicht möglich. (vgl. FSV 2013, 23)

3.1.3. Deckschicht des Oberbaus

Für diese Forschungsarbeit wird angenommen, dass die Ausbaustufe von den Fahrbahnen einen Einfluss darauf haben kann, ob eine Straße mittels Lastenrad befahren wird oder nicht. Aufgrund der Unterschiede zu herkömmlichen Fahrrädern, können Lastenradnutzer:innen Schwierigkeiten bei dem Befahren von schmalen Anlagen oder Fahrbahnen haben. Darüber hinaus kann die Qualität der Deckschicht des Oberbaus, die oberste Schicht der Fahrbahn, einen Effekt auf das Fahrgefühl von Lastenradnutzer:innen haben. Aufgrund der Dimensionen und der Masse von Lastenrädern kann die Nutzung von Straßen mit Pflastersteinen erschwert sein.

Eine Studie von Hardinghaus et al. (2023) zeigt, dass Radfahrer:innen asphaltierte Straßen bevorzugen und teilweise deren Route nach der Beschaffenheit der Deckschicht des Oberbaus wählen. Straßensegmente mit einer glatten und rutschfesten Oberflächen sind bei Lastenradfahrer:innen am beliebtesten. Die Studie bringt hervor, dass Lastenradnutzer:innen 16min länger fahren würden, um auf einer asphaltierten Straße fahren zu können. Die Bereitschaft, einen längeren Weg zu akzeptieren, um auf einer asphaltierten Straße fahren zu können, ist bei Lastenradfahrer:innen deutlich höher als bei Nutzer:innen herkömmlicher Fahrräder und E-Bikes. (vgl. Hardinghaus et. al. 2023, 5)

Gründe für die Wichtigkeit des glatten Untergrundes können unter anderem das höhere Gewicht und die erschwerte Wendigkeit von Lastenrädern sein. Je nach Lastenradmodell könnten neben dem Eigengewicht gesetzlich weitere 250 kg Nutzlast transportiert werden. Je schwerer ein Lastenrad ist, umso schwieriger kann das Fahren auf unbefestigten und gepflasterten Deckschichten sein. (vgl. Nürnberg 2019, 363) Unebene Straßen werden zudem

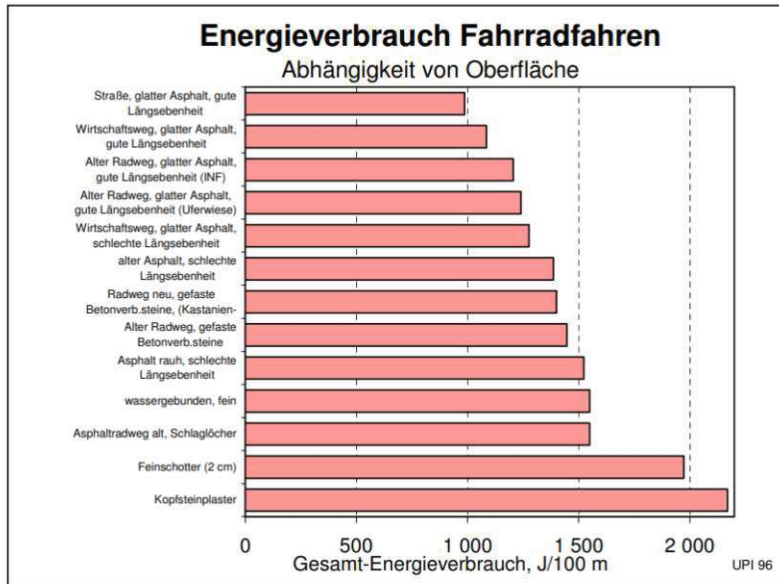


Abbildung 21: Energieverbrauch nach unterschiedlichen Straßenbelägen; Quelle: Teufel et al. 2000, 18

von Lastenradnutzer:innen als Barriere wahrgenommen und in bestimmten Fällen umfahren (vgl. Liu et al. 2020, 954).

Ein weiterer Grund, weshalb eine asphaltierte Deckschicht für Lastenradfahrer:innen ein wichtiger Indikator für die Routenwahl sein kann, ist der erhöhte Energieaufwand bei der Benutzung von nicht

asphaltierten Straßen. Bei Straßen mit einer gepflasterten Deckschicht ist der Energieverbrauch, im Vergleich zu weiteren Straßenbelägen am höchsten. Eine Studie von Teufel et al. (2000) legt nahe, dass der Gesamt-Energieverbrauch, gemessen in Joule pro 100 m, beim Radfahren auf Straßen mit Kopfsteinpflastern deutlich über 2000 Joule pro 100 m liegt. Im Vergleich dazu liegt der Gesamt-Energieverbrauch auf einer Straße mit glattem Asphalt und guter Längsebenheit unter 1000 Joule pro 100 m. Die durchgeführte Studie fokussiert sich auf den Energieverbrauch bei der Nutzung von herkömmlichen Fahrrädern. In Anbetracht der vergleichsweise höheren Masse von Lastenrädern ist davon auszugehen, dass der Energieverbrauch beim Befahren von Kopfsteinpflasterstraßen mit Lastenrädern noch höher ausfallen könnte. Weitere Gründe, warum glatte, rutschfeste Oberflächen beliebter sein können, ist die Tatsache, dass auf asphaltierten Deckschichten eine erhöhte Vibration oder eine beeinträchtigte Mobilität bei Nässe und Vereisung wahrgenommen werden kann. (vgl. Teufel et. al 2000, 18ff.)

3.1.4. Steigung des Straßenabschnittes

Eine weitere Barriere für Lastenradnutzer:innen können Straßen mit hoher Steigung sein. Studien, ab welchem Steigungswinkel eine Straße von Lastenradnutzer:innen nicht benutzt

wird, existieren in diesem Kontext noch nicht. Nichtsdestotrotz wurde in der Forschung von Liu et. al. zu dieser Thematik folgendes geschrieben:

“Similarly, cargo bike users may be more inclined to avoid routes with steep gradients or excessively busy cycle paths.” (Liu et al. 2020, 944)

Straßen mit einem hohen Neigungswinkel werden von Lastenradnutzer:innen eher gemieden oder umfahren. Ein Bericht des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (2019) bringt hervor, dass ein hohes Gefälle oder eine hohe Steigung von Straßen in der unmittelbaren Wohnumgebung den Anteil an Fahrradnutzer:innen senken kann (vgl. Nobis 2019, 10).

Eine weitere Studie von Hwang et al. (2022) zeigt, dass je nach Steigungswinkel einer Straße der Stressfaktor bei Radfahrer:innen erhöht ist. Der Stressfaktor wird anhand des „*Marginal Rate of Substitution*“ (MRS) gemessen. MRS gibt das Verhältnis an, zu dem eine Person bereit ist, eine bestimmte Menge eines Gutes zugunsten einer größeren Menge eines anderen Gutes bei gleichem Nutzen aufzugeben. Ein Beispiel dazu wäre, dass eine Person einen größeren Umweg hinnehmen würde, statt eine Straße zu nutzen, die einen hohen Steigungswinkel hat. Die Studie zeigt, dass mit einer Zunahme des Steigungswinkels einer Straße eine signifikante Erhöhung des Stressfaktors für Radfahrer:innen einhergeht.

Das Verhältnis der „*Marginal Rate of Substitution*“ liegt bei einer Steigung von 2 bis 4 % bei 37 %, von 4 bis 6 % bei 120 % und von über 6 % bei 320 %. Dies impliziert, dass mit einer Erhöhung der Steigung einer Straße die Wahrscheinlichkeit besteht, dass die Radfahrer:in einen potenziellen Umweg in Kauf nehmen würde. (vgl. Hwang et al. 2022, 3f.)

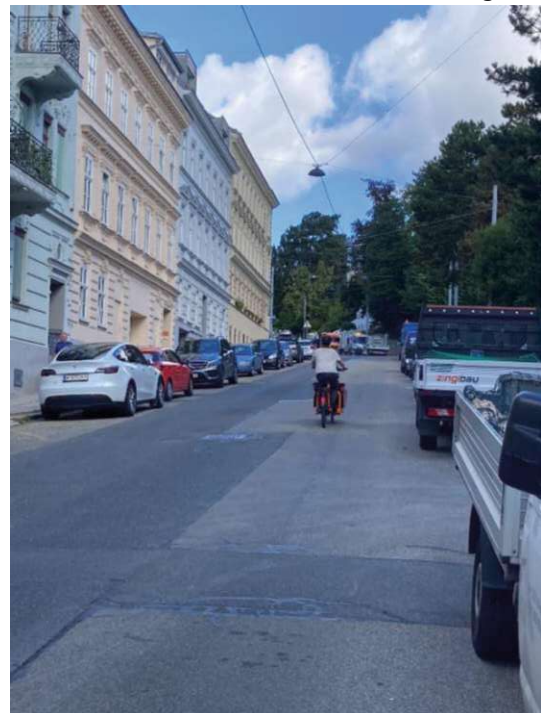


Abbildung 22: Hoher Steigungswinkel (>6%), entlang Türkenschanzstraße, 18. Bezirk; eigene Aufnahme

Darüber hinaus belegt eine Studie, dass ein hoher Steigungswinkel einen negativen Einfluss sowohl auf Lastenräder mit Elektromotor als auch auf Lastenräder ohne Elektromotor haben kann. Das Vorhandensein von Steigungen kann dazu führen, dass die Batterie des E-Lastenrads bei konstanter Geschwindigkeit schneller entladen wird. Ein Experiment zeigt, dass die Reichweite von 165 km in der Ebene auf 95 km bei einer höheren Steigung sinken kann. Außerdem kann sich die Fahrzeit verlängern, was sich zum Beispiel für Unternehmen,

die Lastenräder für die Paketzustellung einsetzen, negativ auswirken kann. (vgl. Silva et al. 2024, 2)

3.1.5. Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs

Wie bereits in den Unterkapiteln 3.1.1.8 und 3.1.1.9 dargelegt, sind verkehrsberuhigte Straßen und Straßen mit einem Tempolimit von 30 km/h bei Lastenradfahrer:innen deutlich beliebter als Straßen mit einem Tempolimit von 50 km/h und höher (vgl. Hardinghaus et. al. 2023, 4). Zudem wird erwähnt, dass der Radverkehr gefördert werden kann, wenn innerstädtisch maximale Geschwindigkeiten von 20 bis 30 km/h erlaubt sind (vgl. Meschik 2008, 56).

Eine weitere Studie von Schmid-Querg et al. (2021) belegt, dass Straßen ohne Radwege, jedoch mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von maximal 50 km/h für Radfahrer:innen beliebter sein können als Straßen mit höherer Geschwindigkeitsbeschränkung (> 50 km/h), jedoch mit beidseitigen Radwegen. Es sei darauf hingewiesen, dass die Studie auf subjektiven Wahrnehmungen basieren kann und nicht verallgemeinert werden sollte. Jedoch geht aus dieser Forschung hervor, dass eine niedrigere maximale Höchstgeschwindigkeit zu einer Steigerung des Sicherheitsgefühls im Straßenverkehr führen kann. (vgl. Schmid-Querg et al. 2021, 4ff.)

Isaksson-Hellman (2019) berichtet in einer Studie, dass auf Straßen mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 bis 40 km/h das Risiko für mittelschwere bis tödliche Verletzungen deutlich geringer ist als auf Straßen mit einem Geschwindigkeitslimit von 50 bis 60 km/h. Die Ergebnisse dieser Studie wurden durch eine weitere Untersuchung bestätigt, in der die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf Straßen von 50 bis 60 km/h auf 30 bis 40 km/h reduziert wurde. Das Risiko für Radfahrer:innen an mittelschweren bis tödlichen Verletzungen nach einem Unfall zu erleiden, sank dabei um 25 %. Folglich kann angenommen werden, dass das Wohlbefinden von Lastenradfahrer:innen auf Straßen mit einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von maximal 30 bis 40 km/h, statt 50 km/h oder höher, deutlich größer ist. (vgl. Isaksson-Hellman. et al. 2019, 39)

Die in der Studie von Isaksson-Hellman et al. und Schmid-Querg et al. präsentierten Daten und Fakten beziehen sich auf sämtliche Fahrradmodelle. Dennoch wird vermutet, dass die genannten Argumente, die für ein niedrigeres Geschwindigkeitslimit von beispielsweise 30 km/h oder weniger angeführt sind, auch für Lastenräder Gültigkeit besitzen und möglicherweise sogar einen stärkeren Einfluss auf die Routenwahl ausüben können. Es kann lediglich eine Vermutung angestellt werden, da bislang keine Forschungsergebnisse zu den Auswirkungen von Geschwindigkeitsreduzierungen auf beispielsweise das Verletzungsrisiko von Lastenradfahrer:innen bei Kollisionen mit dem motorisierten Individualverkehr vorliegen.

Dennoch kann das Sicherheitsgefühl ein wesentlicher Faktor sein, der dazu führt, dass verkehrsberuhigte Straßen und Straßen mit einem Tempolimit von 30 km/h bei Lastenradfahrer:innen deutlich beliebter sind als Straßen mit einem Tempolimit von 50 km/h und höher. (vgl. Hardinghaus et al. 2023,4)

3.1.6. Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs und Schwerverkehrs

Darüber hinaus kann die Verkehrsmenge des Kfz- und Schwerverkehrs in diesem Kontext einen signifikanten Einfluss auf das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen haben. In Forschungsarbeiten wird das Verkehrsaufkommen auf Straßen als einer der ausschlaggebendsten Faktoren erachtet, ob eine Straße mit dem Lastenrad befahren wird oder nicht. In diesem Kontext ist eine Differenzierung zwischen der Verkehrsmenge des Schwerverkehrs und des Kfz-Verkehrs erforderlich.

Die Studie von Liu et al. präsentiert, dass seitens der Teilnehmer:innen die Verkehrsmenge des Schwerverkehrs als wesentlichster Indikator für oder gegen die Nutzung von Lastenrädern auf einem Straßensegment angesehen wird. Über eine Befragung von Lastenradnutzer:innen aus Stockholm wurde ersichtlich, dass das gemeinsame Benutzen der Fahrbahn sowie das nebeneinander fahren mit Schwerfahrzeugen als sehr unangenehm empfunden wird. In Amsterdam hingegen wurde seitens der Lastenradnutzer:innen häufiger darauf verwiesen, dass Schwierigkeiten beim Überholen von Schwerfahrzeugen auftreten können. Aufgrund dessen, dass laut den Teilnehmer:innen die Fahrbahnen in Amsterdam schmaler sind, kann das Passieren parkender Schwerfahrzeuge Unfälle verursachen. Insbesondere, wenn Gegenverkehr vorhanden ist. (vgl. Liu et al. 2020, 959)

Eine weitere Studie von Broach et al. (2012) zeigt, dass Radfahrer:innen im Allgemeinen Straßen ohne Anlagearten für die Radnutzung mit hohem Verkehrsaufkommen – unabhängig von der Art des Fahrzeugs (mehr als 20.000 Fahrzeuge pro Tag) – ausschließlich befahren, wenn keine Alternativroute vorhanden ist (Broach et al. 2012, 1737).

Die Arbeit von Sener et al. (2009) thematisiert die Gründe für die Wahl einer Alternativroute, die durch ein geringeres Verkehrsaufkommen gekennzeichnet ist. Die dargestellte Studie zeigt, dass ein Großteil der Radfahrer:innen ein hohes Unwohlsein auf Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen empfinden. Unabhängig von der Art des Fahrzeugs ist die Unfallgefahr auf Straßen mit erhöhter Verkehrsmenge höher als auf Straßen mit niedrigerem Verkehrsaufkommen. Dies wird auch in dieser Studie als wesentlicher Indikator für die Routenwahl erachtet. (vgl. Sener et al. 2009, 22 ff.)

3.2. Gewichtung Indikatoren

Aus den vorherigen Kapiteln dieser Forschungsarbeit wird ersichtlich, dass insgesamt sieben Indikatoren zur Ermittlung des Cargobikeability-Index herangezogen werden. Dazu wird der Indikator „*Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs und Schwerverkehrs*“ in die Kategorien für Schwerverkehr und Kfz-Verkehr unterteilt. In der Folge werden die Straßensegmente insgesamt anhand von sieben Attributen auf ihre Qualität für die Lastenradnutzung überprüft.

Das Bewertungsmodell zur Bestimmung des Cargobikeability-Index wurde nach den Ansätzen von Winters et al. gewählt. Wie bereits im Kapitel 2.5.2 erläutert, beschäftigt sich die Studie von Winters et al. mit der Thematik der Bestimmung eines Bikeability-Index und der Darstellung dieses mittels eines Geoinformationssystems (vgl. Winters et al. 2013: 870ff.). Zur Berechnung des Cargobikeability-Index für Wien, müssen zuerst die Gewichtungen der einzelnen Indikatoren bestimmt werden.

Im Gegensatz zur Vorgehensweise von Winters et al. ist vorgesehen, dass die maximale Punktzahl der gewichteten Indikatoren bei 3 anstatt 10 liegt. Die gewählte Punktevergabe ermöglicht eine präzisere Einordnung der Straßensegmente in die Kategorien

- „*ausgezeichnete Qualität* (3 Punkte)“,
- „*gute Qualität* (2 Punkte)“,
- „*ausreichende Qualität* (1 Punkt) und
- „*mangelnde Qualität* (0 Punkte).

Indikator	Gewichtung	Bewertung	
Anlageart für die Lastenradnutzung	Einrichtungsrادweg	Ausgezeichnete Qualität (3)	
	Zweirichtungsrادweg	Ausgezeichnete Qualität (2,8)	
	Getrennter Geh- und Radweg	Ausgezeichnete Qualität (2,5)	
	Radfahrstreifen	Gute Qualität (2,2)	
	Radfahren gegen die Einbahn	Gute Qualität (1,9)	
	Gemischter Geh- und Radweg	Gute Qualität (1,6)	
	Mehrzweckstreifen	Ausreichende Qualität (1,3)	
	Radfahren auf der Busspur	Ausreichende Qualität (1,0)	
	Verkehrsberuhigte Zone	Gute Qualität (2,0)	
	Lastenradfreundliche Zone	Ausgezeichnete Qualität (3)	
Breite der Fahrbahn	Einrichtungsrادweg	≤1,2m Ausbaustufe D	Mangelnde Qualität (0)
		1,3-2,2m Ausbaustufe C	Ausreichende Qualität (1)
		2,3-2,5m Ausbaustufe B	Gute Qualität (2)
		≥2,6m Ausbaustufe A	Ausgezeichnete Qualität (3)
	Zweirichtungsrادweg	≤2,5m Ausbaustufe D	Mangelnde Qualität (0)
		2,6-3,2m Ausbaustufe C	Ausreichende Qualität (1)
		3,3-3,9m Ausbaustufe B	Gute Qualität (2)
		≥4,0m Ausbaustufe A	Ausgezeichnete Qualität“ (3)
	Mehrzweckstreifen	≤0,9m Ausbaustufe D	Mangelnde Qualität (0)
		1,0-1,2m Ausbaustufe C	Ausreichende Qualität (1)
		≥1,3m Ausbaustufe B	Gute Qualität (2)
	Gemischter Geh- und Radweg	≤2,9m Ausbaustufe D	Mangelnde Qualität (0)
		3,0-3,2m Ausbaustufe C	Ausreichende Qualität (1)
		≥3,3m Ausbaustufe B	Gute Qualität (2)
	Radfahren gegen die Einbahn	≤3,4m	Mangelnde Qualität (0)
		3,5-4,4m	Ausreichende Qualität (1)
		4,5-4,9m	Gute Qualität (2)
	Getrennter Geh- und Radweg (Breite Einrichtungsrادweg)	≤1,2m Ausbaustufe D	Mangelnde Qualität (0)
		1,3-2,2m Ausbaustufe C	Ausreichende Qualität (1)
		2,3-2,5m Ausbaustufe B	Gute Qualität (2)
		≥2,6m Ausbaustufe A	Ausgezeichnete Qualität (3)
		≤2,5m Ausbaustufe D	Mangelnde Qualität (0)

	Getrennter Geh- und Radweg (Zweirichtungsradweg)	2,6-3,2m Ausbaustufe C 3,3-3,9m Ausbaustufe B ≥4,0m Ausbaustufe A	Ausreichende Qualität (1) Gute Qualität (2) Ausgezeichnete Qualität (3)
	Radfahren auf der Busspur	≤4,24m 4,25-4,74m ≥4,75m	Mangelnde Qualität (0) Ausreichende Qualität (1) Gute Qualität (2)
	Fahrbahn motorisierter Individualverkehr	≤2,3m 2,4-2,9m ≥3m	Mangelnde Qualität (0) Ausreichende Qualität (1) Gute Qualität (2)
Deckschicht des Oberbaus	„Befestigt“ „Unbefestigt“ „Pflaster“ und „Gelände“ „Unbekannt“		Ausgezeichnete Qualität (3) Gute Qualität (2) Ausreichende Qualität (1) Mangelnde Qualität (0)
Steigung des Straßenabschnittes	0-1% 1-4% 4-6% >6%		Ausgezeichnete Qualität (3) Gute Qualität (2) Ausreichende Qualität (1) Mangelnde Qualität (0)
Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	„<30 km/h“ o. „abgetrennte Radverkehrsanlage“ o. „verkehrsberuhigte Zone“ o. „lastenradfreundliche Zone“ „30-40 km/h“ „41-49 km/h“ „≥50 km/h“		Ausgezeichnete Qualität (3) Gute Qualität (2) Ausreichende Qualität (1) Mangelnde Qualität (0)
Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	Kein Verkehr wegen Fahrverbot oder „verkehrsberuhigte Zone“, „Lastenradfreundliche Zone“, vom MIV getrennte Radfahranlage <20.000 Fahrzeuge pro Tag oder Straßen mit MIV gemischte Radfahranlage >20.000 Fahrzeuge ohne Radfahranlage		Ausgezeichnete Qualität (3) Gute Qualität (2) Ausreichende Qualität (1)
Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	Straßen ohne Schwerverkehr (3) oder „verkehrsberuhigte Zone“, „Lastenradfreundliche Zone“, vom MIV getrennte Radfahranlage		Ausgezeichnete Qualität (3)

	Straßen <50 Busse/LKWs pro Stunde oder Straßen mit MIV gemischte Radfahranlage	Gute Qualität (2)
	Straßen >50 Busse/LKWs pro Stunde ohne Radfahranlage	Ausreichende Qualität (1)

Tabelle 3: Gewichtung und Bewertung der einzelnen Indikatoren; eigene Darstellung

3.2.1. Gewichtung Anlageart für die Lastenradnutzung

Wie bereits im Kapitel 3.1.1.9 beschrieben, zeigt die Studie von Hardinghaus et al., dass Lastenradnutzer:innen einen Umweg hinnehmen würden, wenn sie stattdessen eine adäquat ausgebaute Anlage nutzen könnten. Vor allem Fahrradstraßen oder physisch abgegrenzte Radwege besitzen für die Teilnehmer:innen dieser Studie eine hohe Qualität. (vgl. Hardinghaus et. al. 2023,4)

Aufgrund der Tatsache, dass aktuell jedoch noch keine konkreten Daten oder Forschungen existieren, welche Anlageart am beliebtesten bzw. unbeliebtesten bei Lastenradfahrer:innen sind, können die Gewichtungen der verschiedenen Anlagenarten subjektiv unterschiedlich interpretiert werden.

Die zwei Studien von Hardinghaus et al. und Szyszkowicz belegen, dass insbesondere Anlagearten, die separat geführt oder physisch vom motorisierten Individualverkehr getrennt sind, bei Radfahrer:innen äußerst beliebt sind.

“Thereby, physically separated infrastructures along main streets such as bike paths and protected bike lanes are of major importance for the specific user group” (Hardinghaus et al. 2023)

“From both the literature and software projects, the safety rating of the road as experienced by the cyclist (mainly based on physical separation from traffic) is of primary concern for determining whether a cycle trip will be taken, followed by time and distance.” (Szyszkowicz 2018)

Folglich wird vermutet, dass Anlagearten, die eine physisch abgetrennte, eigene Fahrbahn haben oder deren Fahrbahn allgemein für den Radverkehr ausgelegt ist (z.B. Fahrradstraße), eine höhere Gewichtung haben, als Anlagearten, deren Fahrbahn keine physische Abgrenzung zu anderen Verkehrsteilnehmer:innen besitzen.

Je höher die Gewichtung der Anlageart, umso höher die Qualität für die Lastenradnutzung.

3.2.1.1. Einrichtungsrادweg

Einrichtungsrادweg= „ausgezeichnete Qualität“ (3)

Nach Hardinghaus et al. sind Radwege bei Lastenradnutzer:innen sehr beliebt. Aufgrund des niedrigen Risikos, mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen zu koalieren, sind

Einrichtungsradswege zudem eine der sichersten Arten von Radfahranlagen. (vgl. Meschik 2008, 68)

Die Radwegoffensive von Wien 2024 ist ein Projekt der Stadt Wien zur Förderung des Radverkehrs innerhalb der Stadt Wien. Einerseits ist eine qualitative Verbesserung des Hauptradverkehrsnetzes für die Nutzer:innen vorgesehen, andererseits die Planung und Umsetzung neuer Anlagearten für die Radnutzung. Im Jahr 2024 ist beispielsweise der Bau von 20 Kilometern neuer Radwege und Radfahranlagen geplant. (vgl. Stadt Wien a.D.-b)

Bei einer näheren Betrachtung des Bauprogramms der Stadt Wien für den Ausbau der Radinfrastruktur wird ersichtlich, dass ein signifikanter Anteil der Projekte der Bau neuer Ein- oder Zweirichtungsradswege umfasst. Dies lässt den Schluss zu, dass dem Radweg als Element der Verkehrsplanung sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht eine hohe Relevanz zukommt. (vgl. Stadt Wien o.D.-a)

Für diese Forschung, zur Bestimmung des Cargobikeability-Index, wird demzufolge davon ausgegangen, dass Einrichtungsradswege die höchste Qualität für die Lastenradnutzung haben, da hier das Risiko auf Konflikten mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen am niedrigsten ist. Des Weiteren kann das Fahrgefühl als positiv bewertet werden, da eine eigene Fahrbahn vorhanden ist, demzufolge keine Gefahr vom Gegenverkehr ausgehen sollte. Nichtsdestotrotz kann in der Bewertung und Gewichtung zwischen Einrichtungsradswegen und Zweirichtungsradswegen unterschieden.

3.2.1.2. Zweirichtungsradsweg

Zweirichtungsradsweg= „ausgezeichnete Qualität“ (2,8)

Wie im Kapitel 3.1.1.2. beschrieben, kann das Manövrieren mittels Lastenrad auf Zweirichtungsradswegen erschwert sein, sofern dieser lediglich die Mindestbreite von 2,0 m aufweist. Aufgrund des Gegenverkehrs, kann insbesondere das Überholen, Kreuzen und Abbiegen für Lastenradnutzer:innen zu Problemen führen.

Vorausgesetzt, die Fahrbahnbreite des Zweirichtungsradswegs ist jedoch größer dimensioniert, kann das Fahrgefühl für Lastenradfahrer:innen sehr positiv sein. Primär deshalb, weil diese



Abbildung 23: Rechtswidrige Nutzung Einrichtungsradsweg; eigene Aufnahme

Anlageart lediglich von Fahrrädern benutzt werden darf und demzufolge ein schnelles Vorankommen möglich ist. Eine Kollision mit dem motorisierten Individualverkehr und Fußgänger:innen ist in der Regel zudem nur in Kreuzungsbereichen möglich. (vgl. Meschik 2008, 68)

Für diese Forschungsarbeit wird angenommen, dass das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen auf der Anlageart „Zweirichtungsradweg“ aufgrund der physischen Trennung zu weiteren Verkehrsteilnehmer:innen hoch ist. Bedingt durch den Gegenverkehr, bekommt diese Anlageart dennoch eine minimal geringere Bewertung als die Anlageart „Einrichtungsradsradweg“.

3.2.1.3. Getrennter Geh- und Radweg

Getrennter Geh- und Radweg= „ausgezeichnete Qualität“ (2,5)

Eine weitere Anlageart, die das Trennprinzip verfolgt, sind getrennte Geh- und Radwege. Wie in Kapitel 3.1.1.3. dargelegt, bieten getrennte Geh- und Radwege den Vorteil, dass sie vom



Abbildung 24: Rechtswidrige Nutzung Getrennter Geh- und Radweg; eigene Aufnahme

motorisierten Individualverkehr getrennt sind und nur wenige Konflikte zwischen den Verkehrsteilnehmer:innen entstehen sollten. Dennoch birgt die Nutzung getrennter Geh- und Radwege das Risiko, dass diese von den Radfahrer:innen und Fußgänger:innen, nicht vorschriftsmäßig genutzt werden. Fußgänger:innen können beispielsweise aufgrund fehlender oder mangelnder Markierungen und Abgrenzungen die Radverkehrsflächen nicht erkennen und diese ordnungswidrig mitbenutzen. Dies kann zu Konfliktpunkten führen. (siehe Abbildung 24)

In der Forschung zur Bestimmung des Cargobikeability-Index wird dennoch davon ausgegangen, dass getrennte Geh- und Radwege von den Verkehrsteilnehmer:innen ordnungsgemäß benutzt werden und dass die Qualität dieser Anlageart, je nach Dimensionierung der Verkehrsfläche, hoch ist. Des Weiteren sind getrennte Geh- und Radwege vom übrigen Verkehr getrennt, sodass Konflikte entlang der Anlage mit dem motorisierten Individualverkehr minimiert werden. (vgl. Meschik 2008: 80 ff.)

3.2.1.4. Radfahrstreifen

Radfahrstreifen= „gute Qualität“ (2,2)

Radfahrstreifen sind im Allgemeinen nur in einer Fahrtrichtung befahrbar und Nutzer:innen haben demzufolge mit keinem Gegenverkehr zu rechnen. (Ausgenommen Radfahrstreifen gegen die Einbahn) Der Radfahrstreifen verläuft auf derselben Fahrbahn wie des motorisierten Individualverkehrs, darf jedoch von diesem nicht befahren werden. Dennoch besteht die Gefahr, dass Fahrzeuge den auf gleicher Höhe gelegenen Radfahrstreifen ordnungswidrig mitnutzen, was das Unfallrisiko erhöhen kann. Des Weiteren kann das Wohlbefinden der Lastenradnutzer:innen beeinträchtigt werden, wenn der Radfahrstreifen eine geringe Breite besitzt und die zulässige Maximalgeschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs hoch ist. (vgl. Meschik 2008:62ff.)

In Bezug auf die Gewichtung des Indikators „Anlageart“ wird die Vermutung geäußert, dass Radfahrstreifen eine hohe Qualität für die Lastenradnutzung haben. Es wird jedoch angenommen, dass Radwege und getrennte Geh- und Radwege eine höhere Qualität aufweisen, was auf die Trennung zum motorisierten Individualverkehr zurückzuführen ist.

Eine Studie von Hardinghaus et al. (2019) belegt die Annahme, dass Radfahrstreifen eine hohe Qualität für die Lastenradnutzung haben können. Ergebnisse der Studie legen nahe, dass selbst ein geschützter Radfahrstreifen bei den Teilnehmer:innen dieser Forschung (Stichprobenumfang: 35.704) beliebter ist als die Anlageart „Radweg“. Geschützte Radfahrstreifen werden durch eine bauliche Trennung von dem motorisierten Individualverkehr getrennt. Radfahrstreifen ohne Schutzvorkehrung zum motorisierten Individualverkehr weisen jedoch eine etwas geringere Beliebtheit auf als Radwege. (vgl. Hardinghaus et al. 2019, 13)

Trotz der Tatsache, dass die GIP-Daten keine Informationen darüber offenlegen, ob ein Radfahrstreifen geschützt ist oder nicht, kann dennoch angenommen werden, dass diese Radfahranlage trotz möglicher Interaktion mit dem motorisierten Individualverkehr eine hohe Qualität für die Lastenradnutzung aufweisen kann.

3.2.1.5. Radfahren gegen die Einbahn

Radfahren gegen die Einbahn=“gute Qualität“ (1,9)

Die Freigabe der Einbahnstraße für den Radverkehr verfolgt das Ziel, das übergeordnete Radwegenetz zu optimieren und zu verdichten. Die Kennzeichnung der Straßen, auf denen das Radfahren gegen die Einbahn erlaubt ist, erfolgt mittels Beschilderung am Ende jeder Einbahnstraße. Die Gefahr, die von ausparkenden Personen ausgeht, welche ausschließlich die Fahrtrichtung des motorisierten Individualverkehrs wahrnehmen und dadurch Unfälle verursachen können, führt zu einer schlechteren Bewertung dieser Anlageart im Vergleich zu Radfahrstreifen, die in Fahrtrichtung des motorisierten Individualverkehrs geführt werden. (vgl. Meschik 2008:62ff.)

Aus einem Bericht vom Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e. V. Unfallforschung der Versicherer (2016) geht hervor, dass die Freigabe der Einbahnstraße für den Radverkehr diesen fördert. Die Ergebnisse der Studie legen nahe, dass lediglich ein Prozent der Einbahnen, auf denen das Radfahren gegen die Fahrtrichtung erlaubt ist, von den befragten Gemeinden als problematisch erachtet wird. Diese Einschätzung basiert jedoch auf subjektiven Wahrnehmungen der befragten Gemeinden. Eine aufbauende Studie zeigt dennoch, dass lediglich 36 % der Unfälle in den als problematisch eingestuften geöffneten Einbahnstraßen mit Unfällen mit Radverkehr in Gegenrichtung assoziiert werden können. (vgl. Schläger et al. 2016, 131)

Die Ergebnisse der Studie lassen den Schluss zu, dass das Radfahren gegen die Einbahn für die Nutzung von Lastenrädern eine vielversprechende Option darstellen könnte. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Wahrnehmung dieser Möglichkeit subjektiv assoziiert werden kann. So wurden in der Studie lediglich herkömmliche Fahrräder untersucht, nicht jedoch Lastenräder. Zudem können Lastenradnutzer:innen auf Grenzen stoßen, die sich aus dem Gegenverkehr ergeben. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Lastenräder eine größere Breite aufweisen als herkömmliche Fahrräder.



Abbildung 25: Radfahren gegen die Einbahn entlang parkender Autos 9. Bezirk; eigene Aufnahme

3.2.1.6. Gemischter Geh- und Radweg

Gemischter Geh und Radweg= „gute Qualität“ (1,6)

Gemäß der StVO ist es zulässig, dass sowohl Fußgänger:innen als auch Radfahrer:innen gemeinsam die Fahrbahn nutzen, sofern diese als gemischte Geh- und Radwege ausgewiesen sind. Wie in Kapitel 3.1.1.3. dargelegt, findet diese Anlagenart in der Regel auf Strecken mit geringem Verkehrsaufkommen beider Verkehrsteilnehmer:innen Anwendung. Dennoch können bei gemeinsamer Nutzung der Anlageart Unfälle nicht gänzlich ausgeschlossen werden. (vgl. FSV 2013, 40)

Kollisionen zwischen Radfahrer:innen oder Fußgänger:innen können zu Verletzungen führen, dennoch ist die Gefahr für schwerwiegende Verletzungen deutlich geringer als bei Unfällen mit dem motorisierten Individualverkehr (vgl. Isaksson-Hellman et al. 2019, 39).

Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass Unfälle nicht gänzlich vermeidbar sind, jedoch aufgrund des in der Regel geringeren Verkehrsaufkommens attraktiver sein kann als Anlagearten, die mit dem motorisierten Individualverkehr gemischt geführt sind, werden gemischte Geh- und Radwege zur Bestimmung des Cargobikeability-Index besser als die Anlageart „*Mehrzweckstreifen*“ bewertet.

3.2.1.7. Mehrzweckstreifen

Mehrzweckstreifen= „ausreichende Qualität“ (1,3)

Wie in Kapitel 3.1.1.6. dargelegt, erfolgt eine gemeinsame Nutzung der Fahrbahn durch den motorisierten Individualverkehr und den Radverkehr auf gleicher Ebene bei der Anlageart „*Mehrzweckstreifen*“. Mehrzweckstreifen werden in der Regel auf Straßen, auf denen aus Platzgründen keine alternative Anlageart realisierbar und planbar ist, errichtet. (vgl. FSV 2022, 15)

Lastenradnutzer:innen können bei einer hohen Verkehrsmenge des Kfz- und Schwerverkehrs und einer hohen zulässigen Höchstgeschwindigkeit ein Gefühl der Unsicherheit entwickeln. Des



Abbildung 26: Gefahr des „Dooring“ entlang Liechtensteinstraße 9. Bezirk?; eigene Aufnahme

Weiteren besteht die Gefahr des „*Dooring*“ beim Passieren parkender Fahrzeuge. Die Gefahr besteht darin, dass Insass:innen parkender Fahrzeuge den Mehrzweckstreifen übersehen und die Fahrzeugtür unerwartet öffnen. Um eine Kollision zu vermeiden, ist von der Radfahrer:in ein schnelles Reagieren erforderlich, wobei die geöffnete Tür umfahren oder davor gebremst werden muss. Das Umfahren ist jedoch aufgrund der in der Regel geringen Breite von Mehrzweckstreifen und der möglichen kleinen Überholabstände des motorisierten Individualverkehrs mit einem gewissen Risiko verbunden. Besonders das Überholen und das Manövrieren mit Lastenrädern kann dabei erschwert sein. (vgl. Sawitzky 2022, 1f.)

Infolgedessen werden Mehrzweckstreifen als „*gut*“ beziehungsweise „*ausreichend*“ bewertet. Der Radverkehr wird auf Straßen, auf denen eine abgetrennte Anlageart aus Platzgründen nicht möglich ist, gefördert. Die Qualität des Radfahrens auf dem Mehrzweckstreifen kann jedoch beeinträchtigt werden, wenn der motorisierte Individualverkehr keine ausreichende Rücksicht auf die Benutzer:innen dieser Anlageart nimmt.

3.2.1.8. Radfahren auf der Busspur

Radfahren auf der Busspur= „ausreichende Qualität“ (1,0)

In Forschungen wird darauf verwiesen, dass eine Anzahl an Lastenradnutzer:innen das Radfahren auf Busspuren als attraktiv bewertet. Gründe dafür sind unter anderem die breitere Fahrbahn der Busspuren sowie das geringere Verkehrsvolumen (vgl. Liu et al. 2020, 954).

Die Ergebnisse der gleichen Studie legen dennoch nahe, wie bereits im Kapitel 3.1.1.7. erörtert, dass die Verkehrsmenge des Schwerverkehrs einen entscheidenden Einfluss darauf hat, ob eine Straße mit dem Lastenrad befahren wird oder nicht. Dies bezieht sich auf Straßen, auf denen eine gemeinsame Nutzung der Fahrbahn von Schwerverkehr und Radverkehr stattfindet. Folglich wirkt sich eine höhere Verkehrsmenge des Schwerverkehrs negativ auf die Qualität eines Straßensegments für die Lastenradnutzung aus. (vgl. Liu et al. 2020, 955).

Für diese Forschungsarbeit wird jedoch davon ausgegangen, dass die Nutzung der Busspur durch ein Lastenrad weniger attraktiv ist. Primär, wenn ein Bus das Rad überholen möchte und ein Ausweichen auf die Fahrbahn aufgrund des Platzes oder einer hohen Verkehrsmenge auf der anliegenden Fahrbahn nicht möglich ist, besteht die Gefahr von risikoreichen Überholmanövern.

Diese Annahme basiert jedoch auf einer subjektiven Einschätzung. Eine Vor-Ort-Einschätzung könnte diese Hypothese bestätigen oder widerlegen.

3.2.1.9. Verkehrsberuhigte Zone

Verkehrsberuhigte Zone = „gute Qualität“ (2,0)

Anlagearten der Klasse „Verkehrsberuhigte Zone“, sollen die Attraktivität und die Sicherheit für Radfahrer:innen und Fußgänger:innen fördern, indem die Straßen explizit für den nicht motorisierten Individualverkehr ausgebaut und gestaltet werden. (vgl. FSV 2013, 37).

Dennoch sei angemerkt, dass auf diesen Anlagearten sowohl der Fuß- als auch der Radverkehr gefördert werden soll. Infolgedessen können bei einer gemeinsamen Führung gegenseitige Störungen auftreten, wie beispielsweise bei gemischten Geh- und Radwegen. Das Öffnen von Fußgänger:innenzonen für die Radnutzung kann als Initiative zur Schließung von Netzlücken sinnvoll erachtet werden, jedoch wird diese Maßnahme nicht als hochwertiges Netzelement betrachtet. (vgl. Meschik 2008, 85f.)

Dennoch sind diese Anlagearten für die aktive Mobilität ausgelegt, sodass auch verkehrsberuhigte Abschnitte, die beispielsweise nicht entlang der hoch frequentierten Mariahilfer Straße im 6. und 7. Gemeindebezirk verlaufen, eine gute Qualität für die Lastenradnutzung aufweisen.

3.2.1.10. Lastenradfreundliche Zone

Lastenradfreundliche Zone = „ausgezeichnete Qualität“ (3,0)

Wie bereits im Kapitel 3.1.1.9. erläutert, wird unter dem Begriff „Lastenradfreundliche Zone“ Anlagenarten zusammengefasst, die von allen Lastenradnutzer:innen, unabhängig von deren Abmessungen, benutzt werden dürfen. Zudem soll der Radverkehr auf diesen Netzelementen dominieren und die Straßen in Lastenradfreundlichen Zonen für den Radverkehr attraktiv und sicher gestaltet sein.

Fahrradstraßen zählen zu dieser Kategorie und sind gemäß der Studie von Hardinghaus et al. (2019) bei Radfahrer:innen außerordentlich beliebt. (vgl. Hardinghaus et al. 2019, 27)

“...while dedicated cycle streets are valued even three times higher than living streets.”
(Hardinghaus et al. 2023)



Abbildung 27: Fahrradstraße
Argentiniierstraße 4. Bezirk; eigene
Aufnahme

Eine weitere Studie von Hardinghaus et al. (2023) zeigt, dass zudem Fahrradstraßen bei den Teilnehmer:innen der Umfrage deutlich beliebter sind als Wohnstraßen. Wohnstraßen werden in dieser Forschungsarbeit zu der Kategorie „Verkehrsberuhigte Zone“ gezählt. Wohnstraßen verfügen bereits über eine hohe Qualität für die Nutzung von Lastenrädern, jedoch werden Fahrradstraßen und Radrouten attraktiver bewertet. (vgl. Hardinghaus et al. 2023, 4)

Des Weiteren lässt sich aus einer anderen Studie ableiten, dass das Sicherheitsgefühl für Radfahrer:innen insbesondere auf Radrouten und Fahrradstraßen als sehr hoch wahrgenommen wird. Zudem fördern Fahrradstraßen den Radverkehr in erheblichem Maße. Aufgrund der Tatsache, dass diese

Anlagearten der Kategorie „Lastenradfreundliche Zonen“ explizit für den Radverkehr geplant sind, wird dieser Kategorie mit drei von drei Punkten bewertet. (vgl. Dankmar et al. 2016, 81)

3.2.2. Gewichtung Breite der Fahrbahn

Lastenräder sind durchschnittlich 10 bis 40 cm breiter als herkömmliche Fahrräder und beanspruchen folglich überdies mehr Platz auf der Fahrbahn. Lastenräder, mit Breiten bis zu 100 cm dürfen nach der StVO Radfahranlagen benutzen. (§ 68 Absatz 1 Satz 1 StVO) In Österreich besteht die Möglichkeit, dass Radfahranlagen unter Umständen eine geringere Breite aufweisen, sodass Lastenräder mit einer Breite von beispielsweise 100 cm diese nur schwer nutzen können. Nach den RVS erfolgt die Klassifizierung von Radfahranlagen nach Breitendimensionierung in unterschiedlichen Ausbaustufen. In Anbetracht der Tatsache, dass die angegebenen Dimensionierungen nach den RVS für die Anwendung im Bereich des Straßen- und Verkehrswesens erarbeitet wurden und für die Verkehrsplanung als wesentlich wichtige Grundlagen dienen, erfolgt die Bewertung und Gewichtung der Breiten der Fahrbahnen nach diesem Schema. (vgl. FSV 2013, 23)

Für die Bewertung der Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs werden gleichermaßen die Vorschriften der RVS verwendet. Straßen der Kategorie „Lastenradfreundliche Zone“ und „Verkehrsberuhigte Zone“ haben für die Radnutzung bereits eine sehr hohe Qualität. Diese Straßen sind explizit für den nicht motorisierten Individualverkehr ausgelegt. Demzufolge wird angenommen, dass diese Straßen bereits hervorragend für die Lastenradnutzung, in Bezug auf die Breite der Fahrbahn, ausgebaut sind.

Diese Annahme ist nicht belegt, kann jedoch durch weitere Forschungsarbeiten bestätigt oder widerlegt werden.

Im Folgenden werden nach den RVS die unterschiedlichen Ausbaustufen für die jeweiligen Radfahranlagen dargestellt.

Ausbaustufe	Radfahranlage				
	Einrichtungsrادweg	Zweirichtungsrادweg	Radfahrstreifen	Mehrzweckstreifen	Gemischter Geh- und Radweg
A	2,6	4,0	($\geq 2,0$) ¹⁾	–	–
B	2,3	3,3	1,3 ²⁾	1,3 ²⁾	(3,3) ³⁾
C	1,3	2,6	1,0	1,0	3,0 ⁴⁾
D ⁵⁾	(1,0)	(2,0)	(1,0)	(1,0)	2

Abbildung 28: Grundbreiten für Radfahranlagen ohne Schutzstreifen (Zuschläge) [m], Klammerwerte nur in Ausnahmefällen; Quelle FSV 2013, 23

Fahrbahnen mit breiteren Flächen verbessern den Komfort für Radfahrer:innen. Zudem verringert sich das Risiko von Zusammenstößen mit anderen Verkehrsteilnehmer:innen sowie die Gefahr des Abkommens von der Fahrbahn. Studien belegen, dass das Unfälle insbesondere beim Überholen auf engen Passagen passieren können. (vgl. Greibe et al. 2016, 129)

Wie im Kapitel 3.1.2. erläutert, können Lastenradnutzer:innen auf Anlagearten der Ausbaustufe A nebeneinander fahren oder sich überholen. Auf Anlagearten der Ausbaustufe B haben einspurige Fahrräder die Möglichkeit, ein Lastenrad in Fahrtrichtung zu überholen oder parallel neben diesem - wenn dies nach der StVO erlaubt ist - zu fahren. Radfahranlagen der Ausbaustufe C können mittels Lastenfahrrädern benutzt werden, jedoch ist platztechnisch eine Überholung nicht möglich. Anlagearten der Ausbaustufe D werden bei der Bestimmung des Cargobikeability-Index nicht berücksichtigt beziehungsweise mit 0 von 3 Punkten bewertet, da sie lediglich von einspurigen Fahrrädern problemlos befahren werden können. Für die Bewertung des Cargobikeability-Index wird zudem angenommen, dass die problemlose Nutzung von Straßen der Ausbaustufe D mit einspurigen Lastenrädern nicht gegeben ist. (vgl. FSV 2013, 23)

Demzufolge werden die jeweiligen ausgewählten Anlagearten, die bereits in den vorherigen Kapiteln nach der angenommenen Qualität für die Lastenradnutzung gewertet wurden, nach den jeweiligen Ausbaustufen A-D gewichtet und bewertet. Die Anlagearten werden wie folgt nach der Breite gewichtet:

Anlageart	Breite/Ausbaustufe	Qualität/Gewichtung
Einrichtungsrادweg	≤1,2m Ausbaustufe D	„mangelnde Qualität“ (0)
	1,3-2,2m Ausbaustufe C	„ausreichende Qualität“ (1)
	2,3-2,5m Ausbaustufe B	„gute Qualität“ (2)
	≥2,6m Ausbaustufe A	„sehr gute Qualität“ (3)
Zweirichtungsrادweg	≤2,5m Ausbaustufe D	„mangelnde Qualität“ (0)
	2,6-3,2m Ausbaustufe C	„ausreichende Qualität“ (1)
	3,3-3,9m Ausbaustufe B	„gute Qualität“ (2)
	≥4,0m Ausbaustufe A	„sehr gute Qualität“ (3)
Mehrzweckstreifen	≤0,9m Ausbaustufe D	„mangelnde Qualität“ (0)
	1,0-1,2m Ausbaustufe C	„ausreichende Qualität“ (1)
	≥1,3m Ausbaustufe B	„gute Qualität“ (2)
Gemischter Geh- und Radweg	≤2,9m Ausbaustufe D	„mangelnde Qualität“ (0)
	3,0-3,2m Ausbaustufe C	„ausreichende Qualität“ (1)
	≥3,3m Ausbaustufe B	„gute Qualität“ (2)

Tabelle 4: Gewichtung nach den Breiten verschiedener Anlagearten; Quelle:FSV 2013, 23; eigene Darstellung

3.2.2.1. Breite Radfahren gegen die Einbahn

Für die Anlagearten „Radfahren gegen die Einbahn“, „getrennter Geh- und Radweg“ und „Radfahren auf der Busspur“ wurde nach den RVS nicht explizit angeführt, welche Breitendimensionierung der Fahrbahnen, welche Ausbaustufe hätten. Demgemäß werden die Anlagearten wie folgt bewertet:

Anlageart	Breite	Qualität/Gewichtung
Radfahren gegen die Einbahn	≤3,4m	„mangelnde Qualität“ (0)
	3,5-4,4m	„ausreichende Qualität“ (1)
	4,5-4,9m	„gute Qualität“ (2)
	≥5,0m	„sehr gute Qualität“ (3)

Tabelle 5: Gewichtung nach den Breiten von Einbahnstraßen mit erlaubter Befahrung gegen die Einbahnrichtung mittels Fahrrad; Quelle: FSV 2013, 47; eigene Darstellung

Für das Radfahren gegen die Einbahn werden nach den RVS Mindestbreiten angeführt. Die Mindestbreiten für die Fahrbahnen können sich jedoch nach den zulässigen Höchstgeschwindigkeiten und der Verkehrsmenge des motorisierten Individualverkehrs unterscheiden. Hinzukommend können Breitenzuschläge erforderlich sein, wenn beispielsweise Längsparkstreifen auf den Streckenabschnitten vorhanden sind. (vgl. FSV 2013, 47)

Die zur Verfügung gestellten GIP-Daten, die als Grundlage für die Berechnung des Cargobikeability-Index dienen, geben jedoch keine Informationen darüber, welche Art an Parkfläche entlang eines jeweiligen Segments vorhanden wäre. Eine Verknüpfung mit den Daten zur Verkehrsmenge im Rahmen dieser Analyse wäre für diese Anlageart zudem mit einem zu hohen Komplexitätsgrad verbunden. Infolgedessen werden die Mindestbreiten gemäß der RVS angegeben, wobei davon ausgegangen wird, dass nicht mehr als 3.000 Fahrzeuge pro Tag auf diesen Abschnitten verkehren. Demzufolge kann angenommen werden, dass die Qualität der Breite für das Radfahren gegen die Einbahn hoch ist, wenn die Fahrbahnbreite mindestens 5 Meter betragen würde. (vgl. FSV 2013, 47)

3.2.2.2. Breite Getrennter Geh- und Radweg

Für die Mindestbreite von getrennten Geh- und Radwegen geben die RVS keine expliziten Angaben vor. Mittels einer Recherche konnten zudem diesbezüglich keine entsprechenden Ergebnisse erlangt werden. Demzufolge wird eine Bewertung dieser Anlagenart nach den Ausbaustufen von Radwegen durchgeführt. Es wird angenommen, dass die Fahrbahnen für die Radfahrer:innen von getrennten Geh- und Radwegen eine idente Breite wie die Anlageart „Radweg“ aufweisen sollten.

Mittels einer Berechnung der GIP-Daten erfolgt eine Differenzierung zwischen getrennten Geh- und Radwegen, auf denen eine Nutzung in beide Richtungen erlaubt ist, und solchen, auf denen nur in eine Richtung gefahren werden darf. Infolgedessen werden die Breiten für getrennte Geh- und Radwege wie folgt klassifiziert und bewertet.

Anlageart	Breite/Ausbaustufe	Qualität/Gewichtung
Getrennter Geh- und Radweg (Breite Einrichtungsrادweg)	≤1,2m Ausbaustufe D	„mangelnde Qualität“ (0)
	1,3-2,2m Ausbaustufe C	„ausreichende Qualität“ (1)
	2,3-2,5m Ausbaustufe B	„gute Qualität“ (2)
	≥2,6m Ausbaustufe A	„sehr gute Qualität“ (3)
Getrennter Geh- und Radweg (Zweirichtungsrادweg)	≤2,5m Ausbaustufe D	„mangelnde Qualität“ (0)
	2,6-3,2m Ausbaustufe C	„ausreichende Qualität“ (1)
	3,3-3,9m Ausbaustufe B	„gute Qualität“ (2)
	≥4,0m Ausbaustufe A	„sehr gute Qualität“ (3)

Tabelle 6: Gewichtung nach den Breiten getrennter Geh- und Radwege; Quelle: FSV 2013, 23; eigene Darstellung

3.2.2.3. Breite Radfahren auf der Busspur

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird angenommen, dass die Qualität der Lastenradnutzung auf Busspuren als eher gering einzustufen ist. Es sei jedoch anzumerken, dass es sich um eine Annahme handelt. Weitere Forschungsarbeiten konnten beispielsweise genau das Gegenteil aufzeigen (vgl. Liu et al. 2020, 954).

Die Breite der Busspur, ähnlich der Einbahnstraße, die für Radfahrer:innen geöffnet wird, hängt von der Verkehrsmenge des Schwerverkehrs und der maximalen Höchstgeschwindigkeit ab. Die Fahrbahnbreite soll mindestens eine Breite von 4,25 bis 4,75 Metern haben, sofern Radfahrer:innen diese mitnutzen dürfen. Auf Fahrbahnen, die eine geringere Breite haben, muss die Möglichkeit gegeben werden, auf angrenzenden Fahrstreifen ausweichen zu können. (vgl. FSV 2013, 42)

Mittels der GIP-Daten kann dies jedoch nicht analysiert werden. Folglich liegen keine Informationen darüber offen, ob neben Busspuren Fahrbahnen uneingeschränkt zum Ausweichen vorhanden wären. Aus Folge dessen wird lediglich von den Mindestbreiten von 4,25–4,75 Metern ausgegangen. (vgl. FSV 2013, 42)

Anlageart	Breite/Ausbaustufe	Qualität/Gewichtung
Radfahren auf der Busspur	≤4,24m	„mangelnde Qualität“ (0)
	4,25-4,74m	„ausreichende Qualität“ (1)
	≥4,75m	„gute Qualität“ (2)

Tabelle 7: Gewichtung nach den Breiten von Busspuren; Quelle: FSV 2013, 42; eigene Darstellung

3.2.2.4. Breite Fahrbahn „verkehrsberuhigte“ und „lastenradfreundliche“ Zone

Es wird angenommen, dass die Breiten der Straßensegmente in Bereichen der Kategorie „Verkehrsberuhigte Zone“ und „Lastenradfreundliche Zone“ bereits eine exzellente Eignung für die Nutzung durch Lastenräder haben. Gemäß den RVS ist bei der Planung und Strukturierung von Straßensegmenten, die zu verkehrsberuhigten Bereichen zählen, darauf zu achten, dass das Radfahren so attraktiv wie möglich gestaltet wird. (vgl. FSV 2013, 37)

Darüber hinaus lässt sich aus der Studie von Hardinghaus et al. (2019) ableiten, dass die Beliebtheit von Radrouten und Fahrradstraßen bei den Nutzer:innen außerordentlich hoch ist. Es wird angenommen, dass vor jeder Errichtung dieser Anlagearten eine umfassende Evaluierung stattgefunden hat, wobei auch bereits die Breiten so berechnet wurden, dass sie für Lastenräder gut befahrbar sind. (vgl. Hardinghaus et al. 2019, 27)

Infolgedessen, wird der Indikator „Breite der Fahrbahn“ bei den Anlagearten, die den „Verkehrsberuhigte Zonen“ und „Lastenradfreundliche Zonen“ zugehörig sind, mit der maximalen Punktezahl von 3 Punkten bewertet.

3.2.2.5. Breite Fahrbahn motorisierter Individualverkehr

Ähnlich der Gewichtung des Indikators Breite für die Fahrbahnen der Busspuren, auf denen das Radfahren erlaubt ist, erfolgt die Bewertung der Breiten der Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs. Gemäß den RVS ist für den Kfz-Verkehr eine Mindestbreite von 2,3 bis 3 Metern bei einspurigen Fahrbahnen vorgesehen. Inwieweit breitere Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs die Sicherheit von Radfahrer:innen erhöhen können, liegen keine Informationen vor. Breite Fahrbahnen können sogar das Fahren mit hohen Kfz-Geschwindigkeiten und das Überholen von Radfahrer:innen ohne ausreichenden Sicherheitsabstand fördern (vgl. FSV 2013, 26f.).

Infolgedessen lässt sich festhalten, dass ein positiver Zusammenhang zwischen der Breite einer Fahrbahn für den motorisierten Individualverkehr und dem Wohlbefinden von Lastenradfahrer:innen nicht nachweisbar ist. Dennoch wird davon ausgegangen, dass eine gewisse Mindestbreite von Fahrbahnen erforderlich ist, um überhaupt ein Überholen des motorisierten Individualverkehrs bei breiteren Lastenrädern gewährleisten zu können. Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnis wird angenommen, dass Straßen mit einer Breite von über 3 Metern eine „gute Qualität“ aufweisen, Straßen zwischen 2,3 und 3 Metern eine „ausreichende Qualität“ und Straßen mit einer Breite unter 2,3 Metern eine „mangelnde Qualität“ für die Nutzung von Lastenrädern haben.

Anlageart	Breite/Ausbaustufe	Qualität/Gewichtung
Fahrbahn motorisierter Individualverkehr	≤2,3m	„mangelnde Qualität“ (0)
	2,4-2,9m	„ausreichende Qualität“ (1)
	≥3m	„gute Qualität“ (2)

Tabelle 8: Gewichtung nach Breite der Fahrbahn des MIVs; Quelle: FSV 2013, 26; eigene Darstellung

3.2.3. Gewichtung Deckschicht des Oberbaus

Die Deckschicht des Oberbaus der Fahrbahn ist ein unverzichtbarer Indikator, der zur Bestimmung des Cargobikeability-Index verwendet wird. In Studien wie in etwa von Liu et al., Teufel et al. und Hardinghaus et al. wurden die Motive untersucht, warum glatte Oberflächen bei Radfahrer:innen und insbesondere Lastenradfahrer:innen eine hohe Beliebtheit genießen. Dabei wurde analysiert, inwiefern Umwege toleriert werden, um auf Fahrbahnen fahren zu können, die einen glatten Untergrund besitzen. (vgl. Hardinghaus et. al. 2023, 5)

„This amounts up to nearly 16 min for cargo bikes having an asphalt street instead of cobblestones.“ (Hardinghaus et al. 2023)

Ein glatter Untergrund kann das Fahrverhalten positiv beeinflussen, da beispielsweise Kopfsteinpflasterungen Vibrationen beim Befahren verursachen können. Zudem begünstigen unebene Untergründe das Risiko auf Unfälle, vorwiegend bei schlechten Witterungen (vgl. Teufel et. al 2000, 18ff.).

„In both cities, the type of infrastructure, smoothness, traffic volume of cars, and traffic volume of heavy vehicles are among the five most important elements.“ (Liu et al. 2020)

Die Abkürzung „Smoothness“ steht für „Smoothness of the road surface“ und bedeutet wörtlich übersetzt „Glätte der Fahrbahnoberfläche“. In der Studie von Liu et al. zeigt sich zum Beispiel, dass die Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche zu den 5 wichtigsten Aspekten zählt, die für oder gegen die Nutzung von Lastenrädern sprechen. (vgl. Liu et al. 2020, 948)

Zur Gewichtung des Indikators „*Deckschicht des Oberbaus*“ für die jeweiligen Straßensegmente werden die GIP-Daten verwendet. Die Anlagearten werden im Zuge dessen in die Kategorien

- „*Befestigt*“,
- „*Unbefestigt*“,
- „*Pflaster*“,
- „*Gelände*“ und
- „*Unbekannt*“ unterteilt.

Wie auf das Kapitel 3.1.3. zurückzuführen ist, sind Fahrbahnen mit befestigten Oberflächen am qualitativ hochwertigsten für die Lastenradnutzung. Des Weiteren wird in einer Studie von Hölzel et al. (2012) gezeigt, welche Einflüsse unterschiedliche Oberflächen auf das Fahrverhalten von Radfahrer:innen haben.



Abbildung 29: Deckschicht aus Betonplatten „*Concrete Slabs*“, Kutschkergasse, 18. Bezirk; eigene Aufnahme

Gemessen werden hierbei Effektivwerte der verschiedenen Oberflächen in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Das Ergebnis der Studie bringt hervor, dass asphaltierte Straßen den niedrigsten Effektivwert, demnach den geringsten Einfluss auf das Fahrverhalten haben und Straßen mit Kopfsteinpflasterungen den höchsten Effektivwert besitzen. Straßen mit sogenannten „*Concrete Slabs*“, haben den zweitniedrigsten Effekt auf das Fahrverhalten. Die Deckschicht von Straßen, mit der Oberflächenbeschaffenheit „*Concrete Slabs*“ besteht aus Betonplatten. Diese Art der Deckschicht ist zum Beispiel oft entlang von Fußgänger:innenzonen auffindbar. (Siehe Abbildung 29) Zudem wird das Radfahren auf Straßen mit selbst bindendem Schotter etwas stärker beeinflusst als auf Straßen mit Betonplatten. Jedoch hat diese Befestigungsart einen niedrigeren Einfluss auf das Fahrverhalten als beispielsweise Straßen mit gepflasterten Deckschichten. (vgl. Hölzel et. al. 2012, 483)

Nach den GIP-Daten ist eine Klassifizierung der Deckschicht des Oberbaus lediglich nach den Kategorien „*Befestigt*“, „*Unbefestigt*“, „*Pflaster*“, „*Gelände*“ und „*Unbekannt*“ möglich. Demzufolge ist keine genauere Einteilung in beispielsweise asphaltierten Oberbau oder Straßen aus „*Concrete Slabs*“ durchführbar.

Infolgedessen werden asphaltierte Straßen und Straßen aus „*Concrete Slabs*“ gleich stark gewichtet, da stichprobenartig festgestellt werden konnte, dass die zwei Deckschichtarten zur Kategorie „*Befestigt*“ zählen. Des Weiteren konnte zudem identifiziert werden, dass Straßen der Kategorie „*Unbefestigt*“ in der Regel aus selbstbindendem Schotter bestehen. Straßen der

Kategorie „*Gelände*“ sind hingegen meist nicht befestigt und bestehen häufig aus naturbelassenem Boden. Abhängig von der Art des naturbelassenen Untergrunds können starke Regenfälle den Boden durchweichen, was die Wahrscheinlichkeit für Straßen- und Fahrbahnschäden erhöht. Diese Schäden können wiederum das Unfallrisiko signifikant steigern und somit Einfluss auf das Wohlbefinden der Radfahrenden haben. (vgl. Hölzel et. al. 2012, 483)

Demnach wird zur Bestimmung des Cargobikeability-Index davon ausgegangen, dass Straßen der Kategorie:

- „*Befestigt*“ eine ausgezeichnete Qualität (3),
- „*Unbefestigt*“ eine gute Qualität (2),
- „*Pflaster*“ und „*Gelände*“ eine ausreichende Qualität (1) und
- „*Unbekannt*“ eine mangelnde Qualität (0) haben, beziehungsweise nicht gewertet werden.

Ferner muss betont werden, dass lediglich für die Anlagearten der Radfahrer:innen Informationen zum Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ vorliegen. Die GIP-Daten erhalten keine Information über die Oberflächenbeschaffenheit von Verkehrsflächen des motorisierten Individualverkehrs. Demzufolge wird angenommen, dass die Verkehrsflächen in Wien, die vom motorisierten Individualverkehr benutzt werden und keine Radfahrinfrastruktur per se enthalten, eine asphaltierte Oberfläche haben oder aus „*Concrete Slabs*“ bestehen. Aus diesem Grunde wird die Vermutung aufgestellt, dass sämtliche Verkehrsflächen Wiens, die keine Radfahrinfrastruktur besitzen, der Kategorie „*Befestigt*“ angehören und demgemäß eine ausgezeichnete Qualität der Deckschicht des Oberbaus haben.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass zudem keine Details bekannt sind, in welchem Zustand sich die jeweiligen Deckschichten befinden. So lässt sich beispielsweise nicht mit Sicherheit sagen, ob die Bewertung von Anlagearten mit „*befestigter*“ Oberfläche mit 3 von 3 Punkten angemessen ist, da der Zustand der Deckschicht möglicherweise aufgrund von Unebenheiten oder Schäden beeinflusst wird.

Zudem können auf Fahrbahnen zusätzliche Schienen der Straßenbahn verlegt sein. Wie im Kapitel 4.3. dargelegt, lässt sich anhand einer Vor-Ort-Analyse im 9. Gemeindebezirk feststellen, dass die Schienen von Straßenbahnen einen maßgeblichen Einfluss auf die Cargobikeability haben könnte.

Da mittels der GIP-Daten die genannten Faktoren jedoch nicht erkannt werden können, werden sie für die Gewichtung des Indikators „*Deckschicht des Oberbaus*“ nicht berücksichtigt.

3.2.4. Gewichtung Steigung des Straßenabschnittes

In diesem Kapitel werden verschiedene Studien angeführt, weshalb steile Straßenabschnitte von Lastenradfahrer:innen und herkömmlichen Radfahrer:innen gemieden und in gewissen Fällen umfahren werden. Die Studie von Hwang et al. zeigt beispielsweise, weshalb eine höhere Steigung das Wohlbefinden von Radfahrer:innen beeinflussen kann. Je höher die Steigung ist, umso niedriger ist der Fahrkomfort von den Radfahrer:innen. (vgl. Hwang et al. 2022, 3)

Studien von Hwang et al. unterscheiden das Wohlbefinden der Radfahrer:innen nach unterschiedlichen Längsneigungswinkeln eines Straßensegments:

- 0-1%,
- 1-4%,
- 4-6% und
- >6%.

Die Wahrscheinlichkeit, dass eine Radfahrer:in eine Straße umfährt, steigt signifikant mit zunehmendem Steigungswinkel eines Straßensegmentes (vgl. Hwang et al. 2022, 3).

Die Studie von Silva et al. (2024) zeigt auf, dass Steigungen einen negativen Einfluss auf die Lastenradnutzung haben können, insbesondere im Bereich der Logistik. Allerdings wird hier nicht weiter darauf eingegangen, ab welchem Steigungswinkel Straßen möglicherweise umfahren werden. (vgl. Silva et al. 2024, 2ff.)

Infolgedessen, dass bislang keine weiteren Forschungen veröffentlicht wurde, die sich spezifisch mit den Auswirkungen von Straßen mit hohen Steigungswinkeln auf Lastenradnutzer:innen beschäftigt, werden zur Bestimmung des Cargobikeability-Index die gleichen Gruppen nach der Forschungsarbeit von Hwang et. al. verwendet.

Demzufolge werden die Straßensegmente Wiens wie folgt bewertet:

- 0-1% ausgezeichnete Qualität (3)
- 1-4% gute Qualität (2)
- 4-6% ausreichende Qualität (1)
- >6% mangelnde Qualität (0).

Die Steigungen der einzelnen Straßensegmente Wiens wurden mithilfe der zur Verfügung gestellten GIP-Daten berechnet. (Siehe Kapitel 3.3.) Bedauerlicherweise konnte mittels der Berechnung nicht identifiziert werden, ob eine Steigung oder ein Gefälle in Fahrtrichtung vorzufinden sind.

In einer weiteren Studie von Furth et al. (2023), werden die Steigungswinkel in Abhängigkeit auf das Wohlbefinden der Radfahrer:innen nach sehr ähnlichen Kategorien wie in der Forschung von Hwang et al. klassifiziert. In dieser Studie werden jedoch ebenfalls nur die Streckensegmente analysiert, auf denen hangaufwärts gefahren werden muss. Radfahrer:innen betrachten das Bergauffahren als Barriere, während das Bergabfahren weitgehend in der Forschungsarbeit unberücksichtigt bleibt (vgl. Furth et al. 2023, 2).

Folglich kann zur Bestimmung des Cargobikeability-Index lediglich der vorhandene Längsneigungswinkel der Straße ermittelt werden, jedoch nicht, ob der Lasteradnutzer:in ein Gefälle oder eine Steigung überwinden muss. Nichtsdestotrotz kann, wie bereits im Kapitel 3.1.4. beschrieben, das Bergabfahren bei Lastenradfahrer:innen sogleich Stress auslösen, da infolge der Größen und dem erhöhten Gewicht im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern, andere Kräfte wirken. Der Bremsweg kann beispielsweise länger sein und aufgrund der erhöhten Geschwindigkeit können plötzliche Hindernisse schwieriger umfahren werden. (vgl. Schmid-Querg et al. 2021, 4ff.)

3.2.5. Gewichtung Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs

Wie bereits im vorherigen Kapitel kurz erwähnt, kann hohes Gefälle dazu führen, dass Lastenräder eine erhöhte Geschwindigkeit erreichen. Erhöhte Geschwindigkeiten von Lastenradfahrer:innen können das Unfallrisiko wiederum steigern, da aufgrund der Dimensionen von Lastenrädern und der beschränkten Wendigkeit unerwartete Hindernisse schwieriger umfahren werden können. (vgl. Schmid-Querg et al. 2021 ,7f.)

Zudem kann das Wohlbefinden von Lastenradnutzer:innen von den Geschwindigkeiten des motorisierten Individualverkehrs abhängig sein. Wie im Kapitel 3.1.1.9. erwähnt, geht aus der Studie von Hardinghaus et al. hervor, dass besonders verkehrsberuhigte Bereiche und Straßen mit niedriger maximaler Geschwindigkeitsbeschränkung sehr beliebt bei Lastenradfahrer:innen sind (vgl. Hardinghaus et. al. 2023, 4).

„. Similarly, living streets and those with a speed limit of 30 km/h are perceived better than streets with a speed limit of 50 km/h...”(Hardinghaus et al. 2023)

In der Studie von Isaksson- Hellman et al. wird gezeigt, welchen Einfluss bereits geringe Geschwindigkeitsunterschiede im Straßenverkehr auf das Unfallrisiko und das Risiko schwerwiegender Verletzungen haben. Die Grafik zeigt die kumulative Verteilung der geschätzten

Aufprallgeschwindigkeit des Autos (in den Fällen, in denen das Fahrrad auf das Auto aufprallt), für verschiedene Verletzungsgrade. Bereits ab einer Geschwindigkeit von über 30 km/h ist das Risiko für schwerwiegende bis tödliche Verletzungen für Radfahrer:innen bei einer Kollision mit dem motorisierten Individualverkehr deutlich gegeben. Ab 50 km/h beträgt das Risiko bei einem Unfall

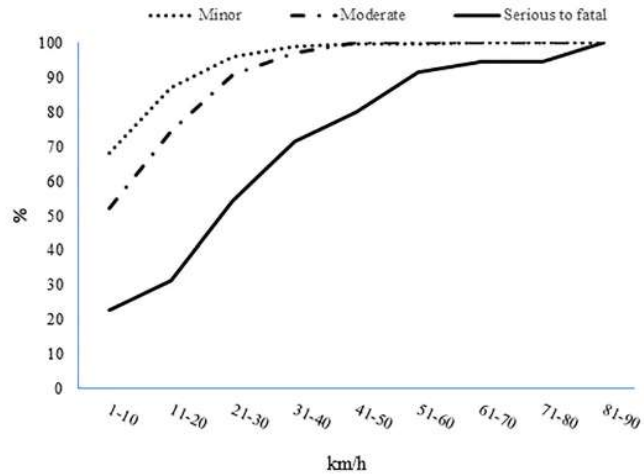


Abbildung 30: Verletzungsrisiko bei Unfällen verschiedener Geschwindigkeiten des MIVs; Quelle: Isaksson-Hellman et al. 2019, 40

schwerwiegende bis tödliche Verletzungen zu erleiden, bereits bei 90 %. (vgl. Isaksson-Hellman et al. 2019, 40)

Da die Forschung von Isaksson- Hellman et. al. allgemein Bezug auf sämtliche Fahrradmodelle nimmt, kann nicht explizit repräsentiert werden, ob das Verletzungsrisiko bei Lastenradnutzer:innen gleich hoch wäre. In Studien, wie beispielsweise von Hardinghaus et al., wird primär festgestellt, dass Lastenradnutzer:innen Straßen mit niedrigeren Geschwindigkeitsbeschränkungen bevorzugen. Es wird jedoch nicht analysiert, ab welcher spezifischen Geschwindigkeit eine Straße eher gemieden oder umfahren wird. (vgl. Hardinghaus et. al. 2023:4)

In Anlehnung an die Forschungen können folgende Gewichtungen der Geschwindigkeiten, in Abhängigkeit von der Qualität für die Lastenradnutzung, vergeben werden:

- <30 km/h ausgezeichnete Qualität (3)
- 30-40 km/h gute Qualität (2)
- 41-49 km/h ausreichende Qualität (1)
- >50 km/h mangelnde Qualität (0)

Wie bereits im Kapitel 3.1.5. beschrieben, geht aus der Arbeit von Meschik (2008) hervor, dass je nach zugelassener Höchstgeschwindigkeit, der Radverkehr vom motorisierten Individualverkehr getrennt geführt werden sollte. Bei niedriger Geschwindigkeit ist eine

gemeinsame Führung möglich und in bestimmten Fällen auch adäquat. (vgl. Meschik 2008, 55f.)

Demzufolge können Straßen, auf denen eine hohe maximale Geschwindigkeitsbeschränkung für den motorisierten Individualverkehr erlaubt sind, dennoch eine hohe Qualität für Lastenradfahrer:innen besitzen, insofern eine abgetrennte Radfahranlage auf dem Straßensegment vorhanden ist.

Diese Annahme wird bestätigt durch Meschik, der besagt, dass das Radfahren auf Straßen mit hohen Maximalgeschwindigkeiten eine hohe Qualität haben kann, wenngleich abgetrennte Radfahranlagen vorhanden sind. Demzufolge werden die Straßenabschnitte für diesen Indikator wie folgt bewertet und gewichtet:

- „<30 km/h“ oder „abgetrennte Anlageart“ oder „Verkehrsberuhigte Zone“ oder „Lastenradfreundliche Zone“ ausgezeichnete Qualität (3)
- „30-40 km/h“ gute Qualität (2)
- „41-49 km/h“ ausreichende Qualität (1)
- „≥50 km/h“ mangelnde Qualität (0)

3.2.6. Gewichtung Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs

Ein weiterer wichtiger Indikator zur Bestimmung des Cargobikeability-Index ist die durchschnittliche Anzahl an Fahrzeugen, die täglich eine Straße benutzen. In verschiedenen Studien, wie in etwa von Liu et. al. wird erwähnt, dass die Verkehrsmenge des Kfz- und Schwerverkehrs einen sehr hohen Stellwert bei der Routenwahl von Lastenradfahrer:innen einnimmt. Vor allem die Verkehrsmenge des Schwerverkehrs ist für viele Befragte einer der relevantesten Indikatoren für die Bewertung von lastenradfreundlichen oder -unfreundlichen Straßen. (vgl. Liu et al. 2020, 959)

“The traffic volume of heavy vehicles is the most important element in both cities.”(Liu et al. 2020)

Weitere Studien zeigen, dass eine hohe Verkehrsmenge des Schwerverkehrs das Aufkommen an Fahrrädern verringern kann. Das Wohlbefinden der Radfahrer:innen ist eingeschränkt, wenn sie neben oder in der Nähe eines Schwerfahrzeuges fahren müssen. (vgl. Cai et al. 2020, 599)

Gemessen wird das Verkehrsvolumen in der Einheit DTV, der durchschnittliche tägliche Verkehr pro Tag auf einem Querschnittsbereich einer Straße. Wie im Kapitel 3.1.1. beschrieben, soll die Wahl, ob die Radfahranlage gemischt oder getrennt geführt werden soll, abhängig von dem Verkehrsvolumen und der Geschwindigkeit des motorisierten

Individualverkehrs sein. Ein Mischverkehr ist auf Straßen mit einem Volumen von 15.000 Fahrzeugen pro Tag weiterhin möglich, wenn die Maximalgeschwindigkeit dagegen gering ist. Demgegenüber wird nach den RVS bereits bei einem Verkehrsvolumen von 2000 Fahrzeugen pro Tag das Trennprinzip empfohlen, angenommen, die erlaubte Höchstgeschwindigkeit ist höher als 80 km/h. (vgl. FSV 2013, 14)

In der Arbeit von Broach et. al. wird beschrieben, welche Routen für Radfahrer:innen am beliebtesten sind. Die Studie aus dem Jahr 2012 zeigt, dass Radfahrer:innen Straßen mit einem Verkehrsvolumen des motorisierten Individualverkehrs mit mehr als 20.000 Fahrzeuge pro Tag nur befahren, wenn keine Alternativrouten vorhanden sind, die größere Hindernisse wie in etwa höhere Steigungen enthalten, oder wenn stattdessen keine weiteren Wegdistanzen zurückgelegt werden müssen. Radfahrer:innen reagieren zudem besonders sensibel auf Straßen mit einem hohen Verkehrsvolumen und ohne einer separat geführten Radfahranlage. (vgl. Broach et al. 2012, 1737)

Dennoch finden sich keine Belege dafür, ob Radfahrer:innen Straßen mit abgetrennter Radfahranlage und hohem Verkehrsaufkommen oder Straßen ohne getrennte Radfahranlage und geringem Verkehrsaufkommen präferieren. Diesbezüglich sei auf die Studie von Hardinghaus et al. (2023) verwiesen, dass das Radfahren im Mischverkehr auf Straßen mit geringem Autoverkehrsaufkommen für bestimmte Radfahrer:innen eine erstrebenswerte Option darstellt (vgl. Hardinghaus et al. 2023, 1).

Die Ermittlung, ab welchem Verkehrsvolumen eine Straße von Lastradnutzer:innen eher umfahren wird, geht mit einer hohen Komplexität einher. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Quellen sowie der RVS lässt sich feststellen, dass ein hohes Verkehrsaufkommen nicht zwangsläufig mit einer geringen Attraktivität der Straße einhergehen muss (vgl. FSV 2013, 14). Dies kann beispielsweise der Fall sein, wenn die Geschwindigkeit auf dieser Straße vergleichsweise niedrig ist oder wenn entlang der Fahrbahn eine Anlageart vorhanden ist.

In der Folge wird die Gewichtung des Indikators auf Grundlage der Datenbasis wie folgt berechnet:

- Kein Verkehr wegen Fahrverbot (3) oder
- „Verkehrsberuhigte Zone“, „Lastenradfreundliche Zone“, vom MIV getrennte Radfahranlage (3)
- <20.000 Fahrzeuge pro Tag (2) oder
- Straßen mit MIV gemischte Radfahranlage (2)
- >20.000 Fahrzeuge ohne Radfahranlage (1)

In verschiedenen Studien konnte festgestellt werden, dass Radfahrer:innen eine Präferenz für den Verkehr auf Straßen mit geringem Verkehrsaufkommen durch den motorisierten Individualverkehr aufweisen. Folglich werden Straßensegmente, auf denen kein Verkehr stattfindet, mit 3 von 3 Punkten bewertet.

Des Weiteren können zudem Straßen mit einem hohen Verkehrsvolumen eine hohe Qualität aufweisen, sofern entsprechende Anlageart vorhanden sind. Dementsprechend können solche Straßen, die eine von der Fahrbahn abgetrennten Anlageart haben, ebenfalls eine hohe Qualität für die Lastenradnutzung aufzeigen und mit 3 von 3 Punkten bewertet werden. (vgl. FSV, 2013, 15)

Zudem wird angenommen, dass auf Straßensegmente, die als „Lastenradfreundliche Zone“ oder „Verkehrsberuhigte Zone“ ausgewiesen sind, nur wenig Verkehr herrscht, was ebenfalls zu einer sehr guten Bewertung führt.

In der Studie von Broach et al. findet sich die Aussage, dass Straßen mit einem Verkehrsvolumen von mehr als 20.000 Fahrzeugen umfahren werden, sofern hochrangige Alternativrouten zur Verfügung stehen. Daher wird angenommen, dass alle Straßen mit weniger als 20.000 Fahrzeugen pro Tag als gut bewertet werden können. (vgl. Broach et al. 2012, 1737)

„Striped bike lanes were only preferred when low-traffic neighborhood streets were not an option, though they were highly valued compared to high traffic streets (20,000 AADT or higher) without a striped lane.”(Broach et al. 2012)

Zudem legen Broach et al. nahe, dass Anlagearten, die mit dem motorisierten Individualverkehr gemischt geführt werden, wie beispielsweise Mehrzweckstreifen, zudem eher umfahren werden, wenn in der Umgebung Alternativrouten, die für das Radfahren attraktiver sind, existieren. Dennoch würden Straßen mit sogenannten „striped bike lanes“ (Mehrzweckstreifen) trotz eines hohen Verkehrsaufkommens des motorisierten Individualverkehrs eher genutzt werden als Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen ohne einer geteilten Anlageart. (vgl. Broach et al. 2012, 1738)

Gemäß Studien, wie von von Liu et al., zeigen eine Tendenz bei Lastenradfahrer:innen, Straßen mit hohem Verkehrsaufkommen zu meiden. Allerdings wird in diesen Studien keine klare Aussage darüber getroffen, ab welchem Verkehrsaufkommen diese Beeinträchtigungen einsetzen. (vgl. Liu et al. 2020, 959) Folglich kann nur durch eine gebietsbezogene Studie oder Umfrage eine detaillierte Aussage getroffen werden.

3.2.7. Gewichtung Verkehrsmenge des Schwerverkehrs

Stattdessen wird nach den RVS eine Trennung der Radfahranlage und der Fahrbahn für den Fall vorgesehen, dass eine bestimmte Verkehrsstärke von Bussen und LKWs erreicht wird.

„Starker LKW- und Busverkehr beeinträchtigt die Führung des Radverkehrs im Mischprinzip. Daher ist bei einer Verkehrsstärke ab 50 LKW und Bussen pro Stunde und Richtung das Trennprinzip zu bevorzugen.“ (FSV, 2013)

Für Straßen, mit einer Verkehrsmenge von mehr als 50 Fahrzeuge des Schwerverkehrs pro Stunde, wird die Einrichtung einer separat geführten Anlageart empfohlen. In Studien wird darauf hingewiesen, dass die Wahl der Route von Lastenradnutzer:innen in hohem Maße von der Verkehrsmenge des Schwerverkehrs abhängig ist (vgl. Liu et al. 2020, 959). Obwohl sich die Forschung bislang nicht mit der Frage befasst hat, bei welcher Verkehrsmenge eine Strecke eher gemieden wird oder nicht, lässt sich auf Basis der RVS-Richtlinien eine Gewichtung der Straßensegmente wie folgt vornehmen.

- Straßen ohne Schwerverkehr (3) oder
- „Verkehrsberuhigte Zone“, „Lastenradfreundliche Zone“, vom MIV getrennte Radfahranlage (3)
- Straßen <50 Busse/LKWs pro Stunde (2), oder
- Straßen mit MIV gemischte Radfahranlage (2),
- Straßen >50 Busse/LKWs pro Stunde ohne Radfahranlage (1).

3.2.8. Zusammenfassung Gewichtung Indikatoren

In den vorherigen Kapiteln wurde auf Grundlage verschiedener Studien und Forschungsarbeiten versucht, die Indikatoren nach Qualitätsstandards für Lastenradnutzer:innen zu gewichten. Dazu wurde durch eine objektive Sichtweise, jegliche Merkmale, die relevant für die Gewichtung sein können analysiert. Wie bereits erwähnt, können subjektive Wahrnehmungen verschiedener Lastenradnutzer:innen den Ansichten der Gewichtungen widersprechen.

Darüber hinaus werden lediglich Indikatoren für die Berechnung des Cargobikeability-Index verwendet, die kalkulier- und visualisierbar sind. Dementsprechend werden Merkmale, die gegebenenfalls für bestimmte Benutzer:innengruppen essenziell sind, nicht berücksichtigt. Dies könnten beispielsweise die Beschattung der Radfahrinfrastruktur, die Dauer der Ampelschaltung oder die Kurvenradien bei Kreuzungsbereichen sein.

Des Weiteren konnten mittels der Recherche und Analyse zur Definition und Gewichtung der Indikatoren potenzielle Einschränkungen untersucht werden. Aufgrund des frühen

Entwicklungsstadiums dieser Forschung sind Einschränkungen in der Datenverfügbarkeit und qualitative Defizite der Indikatoren erkennbar. Diese Limitierung kann jedoch als Grundlage weiterer Forschungsarbeiten dienen, indem qualitative Anpassungen der Indikatoren und Daten möglich wären. Diese Grenzen der Datenquellen und der Indikatoren werden ausführlich im Kapitel 5. erläutert.

3.3. GIS-Analyse

Mittels einer objektiven Sichtweise, indem verschiedene Ansätze aus unterschiedlichen Quellen analysiert wurden, wurde der Versuch unternommen, die für Lastenradnutzer:innen bedeutsamsten Indikatoren für die Qualität eines Straßensegments zu ermitteln. Für die Berechnung des Cargobikeability-Index je Straßensegments, indem die verschiedenen Indikatoren summiert werden, müssen vorab die GIP-Daten und die zur Verfügung gestellten Daten vom Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) Ges.m.b.H. - Bereich ITS Vienna Region aufbereitet werden. Diese werden einerseits mithilfe des Geoinformationssystems „ArcGIS Pro“, andererseits durch die Berechnung mit Microsoft Excel vorbereitet.

Die verwendeten GIP-Daten sind öffentlich zugängliche Daten, vom Verein ÖVDAT - Österreichisches Institut für Verkehrsdateninfrastruktur. Diese Daten beinhalten ein intermodales, amtliches Verkehrsreferenzsystem von Österreich, das von jeweiligen Partner:innen aus den unterschiedlichen Bundesländern gewartet und aktualisiert wird. Das Verkehrsreferenzsystem beinhaltet Daten zu sämtlichen Straßen Österreichs. Mittels der Daten besteht beispielsweise die Möglichkeit, Informationen darüber zu erlangen, wie breit oder lang ein Straßensegment ist. (vgl. IST-Vienna Region 2023)

Zur Berechnung des Cargobikeability-Index je Straßensegments wurden die GIP-Daten im Januar 2024 heruntergeladen und in das Geoinformationssystem „ArcGIS Pro“ importiert. ArcGIS Pro ist ein Geoinformationssystem von dem Unternehmen ESRI. Die Software ist kostenpflichtig und hebt sich aufgrund etlicher Funktionen im Bereich der räumlichen Analyse und Kartographie von unentgeltlichen Programmen ab. Sobald geeignete kostenlose oder gebührenpflichtige Daten in das ArcGIS Programm importiert werden, können

- Karten visualisiert,
- räumliche Analysen durchgeführt,
- räumliche Daten verwaltet oder bearbeitet oder
- geostatistische Analysen durchgeführt werden.

Darüber hinaus können mittels Programmiersprachen, wie in etwa „JavaScript“ und „Python“ benutzerdefinierte GIS-Anwendungen und Werkzeuge entwickelt werden. (vgl. Singh 2020)

Im Anschluss an das Importieren der GIP-Daten in das Geoinformationssystem werden weitere Layer von der Website „*data.gv.at*“, welche vom Bundeskanzleramt Österreich administriert wird, in die Software geladen. Die zusätzlichen Daten ermöglichen eine Selektion der Gesamtdaten auf das Bundesland Wien, da ausschließlich ein Cargobikeability-Index für Wien berechnet wird. Überschüssige Daten können die Ladegeschwindigkeit des Programms reduzieren und demzufolge die Arbeit mit den Daten erschweren.

Die GIP-Daten umfassen zahlreiche Attribute, die in einem zusätzlichen Dokument ausführlich beschrieben werden (siehe IST-Vienna Region 2023). Welche Informationen Attribute offenlegen, werden beispielhaft in den nächsten Absätzen veranschaulicht.

Für die Berechnung werden folgende Attribute der GIP-Daten verwendet:

- Indikator „Anlageart für die Lastenradnutzung“- Attribute: „BIKE_TOW“ und „BIKE_BKW“

Die Attribute „BIKE_TOW“ und „BIKE_BKW“ der GIP-Daten werden zur Bestimmung der Anlagearten verwendet. Da die Links (Straßensegmente) der GIP-Daten lediglich in eine Richtung digitalisiert sind, folglich nur eine Geometrie für ein beidseitig befahrbares Straßensegment verfügbar ist, müssen sowohl die Anlagearten in und gegen die Digitalisierungsrichtung des Links identifiziert werden. Aufgrund dessen werden sowohl die Anlageart in Digitalisierungsrichtung, „BIKE_TOW“ als auch gegen die Digitalisierungsrichtung „BIKE_BKW“ zur Berechnung herangezogen. (vgl. IST-Vienna Region 2023) Wie anschließend im Kapitel 5.2.1. erörtert wird, beinhalten die Daten zur Bestimmung des Indikators „Anlageart für die Lastenradnutzung“, methodische Einschränkungen. Die positive Bewertung eines Straßensegments erfolgt unter der Voraussetzung, dass in einer Richtung eine Anlageart vorhanden ist. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass die Gewichtung dieses Indikators für einen Straßenabschnitt höher ausfällt, wenn zum Beispiel in einer Richtung ein „Radfahrstreifen“ und in die andere Richtung keine Anlageart für die Lastenradnutzer:in zur Verfügung steht. Dieser Abschnitt wird positiv bewertet.

In der Konsequenz ist lediglich eine Bewertung möglich, ob Lastenradfahrer:innen auf einem Straßenabschnitt eine Anlageart zur Verfügung haben, jedoch nicht, in welche Richtungen diese genutzt werden kann.

- Indikator „*Breite der Fahrbahn*“- Attribut: „*WIDTHMIN*“

Das Attribut „*WIDTHMIN*“ der GIP-Daten wird für die Bestimmung der Fahrbahnbreite gewählt, um die Mindestbreite ermitteln zu können. Gegen das Attribut „*WIDTHAVERAGE*“, das den Straßenabschnitt nach der durchschnittlichen Breite bemisst, wurde sich deswegen entschieden, weil nach den RVS die Qualität der Fahrbahnbreiten mittels der Mindestbreite und nicht der Durchschnittsbreite gewertet werden kann. (vgl. FSV 2013, 15ff.) Des Weiteren kann die Breite der Fahrbahn auf einem Straßensegment variieren, weshalb es von fundamentaler Bedeutung ist, die Mindestbreite der jeweiligen Anlagenart zu kennen. Nur so lässt sich beurteilen, ob ein Lastenrad durchgehend eine Anlageart problemlos benutzen kann.

- Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“- Attribut: „*surface*“

Das Attribut „*surface*“ beinhaltet Informationen zu der Deckschicht des Oberbaus. Wie bereits im Kapitel 3.2.3. erwähnt, gibt das Attribut Aufschluss über verschiedene Beschaffenheitsarten eines Straßensegments. Nichtsdestotrotz erlauben die Daten keine detaillierten Aussagen über den Zustand des Untergrunds der Fahrbahn. Die Untergründe werden lediglich nach „*Befestigt*“, „*Unbefestigt*“, „*Pflaster*“, „*Gelände*“ und „*Unbekannt*“ kategorisiert, wobei keine Informationen darüber gegeben werden, ob eine Straße asphaltiert ist oder aus „*Concrete Slabs*“ besteht.

- Indikator „*Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs*“- Attribute: „*MAXSPEED_TOW_CAR*“ und „*MAXSPEED_BKW_CAR*“, sowie „*BIKE_TOW*“ und „*BIKE_BKW*“

Zur Bestimmung des Indikators „*Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs*“ werden die Attribute „*BIKE_TOW*“ und „*BIKE_BKW*“ sowie „*MAXSPEED_TOW_CAR*“ und „*MAXSPEED_BKW_CAR*“ verwendet. Wie in Kapitel 3.1.1. dargelegt, ist die Gewichtung der Geschwindigkeitsbeschränkung abhängig von der Einordnung der Straße in die Kategorien „*Verkehrsberuhigte Zone*“ oder „*Lastenrad-freundliche Zone*“ sowie davon, ob eine gegebenenfalls vorhandene Anlageart physisch von der Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs getrennt ist. Zudem beschreibt Meschik in seiner Arbeit, dass bei niedriger Geschwindigkeit eine gemeinsame Führung mit dem motorisierten Individualverkehr möglich und in bestimmten Fällen auch ratsam wäre. (vgl. Meschik 2008:55f.) Infolgedessen wird einerseits mit den Attributen „*MAXSPEED_TOW_CAR*“ und „*MAXSPEED_BKW_CAR*“ die Maximalgeschwindigkeit in und gegen Fahrtrichtung identifiziert, andererseits mit den Attributen „*BIKE_TOW*“ und „*BIKE_BKW*“ berechnet, ob der Lastenradfahrer:in eine

„Verkehrsberuhigte Zone“, eine „Lastenradfreundliche Zone“ oder eine eigens geführte Anlageart im Straßenabschnitt zur Verfügung steht.

Um die genannten Attribute zu erhalten, beziehungsweise mit diesen arbeiten zu können, sind zuvor diverse Schritte durchzuführen. Im Anschluss an das Importieren des gesamten Datensatzes von GIP in das Programm „ArcGIS Pro“, erfolgt die Darstellung unterschiedlicher sogenannter „Geopackage Layers“ im Geoinformationssystem. Es existieren zwei verschiedene Arten von Layern: Punkte und lineare Layer, die unterschiedliche Attribute enthalten. In Abhängigkeit von der Zielsetzung der Analyse ist die Verwendung unterschiedlicher Layer erforderlich. Die in der Abbildung 31 dargestellten Layer „B_gip_network_ogd“ und „C_gip_references_ogd“ werden für die Berechnung benötigt.

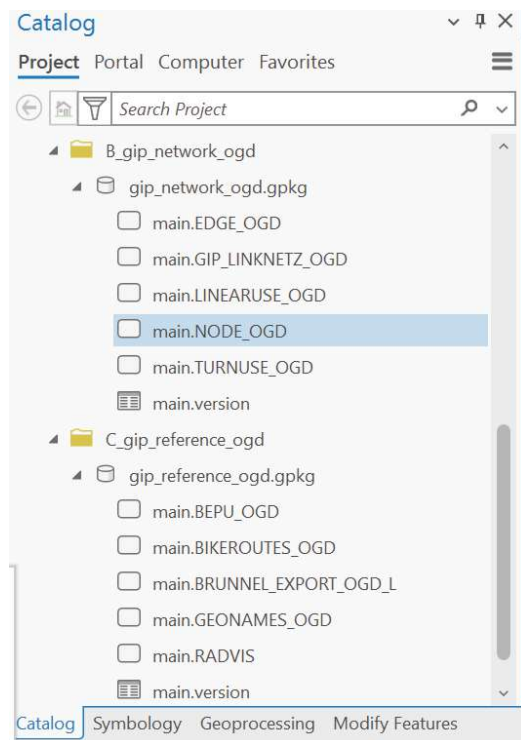


Abbildung 31: Darstellung Geopackage Layers, ArcGIS; Quelle: IST-Vienna Region o.D.

Um alle Daten, die für die Berechnung erforderlich sind, in einem Layer verknüpfen zu können, müssen die benötigten Layer über ein gemeinsames Attribut miteinander verbunden werden. Zur Lösung der vorliegenden Aufgabe wird in ArcGIS Pro die Funktion „Add Join“ durchgeführt. Die für die Berechnung erforderlichen Attribute der Daten sind im Dokument GIP (siehe IST-Vienna Region 2023) detailliert beschrieben.

In der Folge wurde eine Unterteilung der Layer in Straßensegmente mit Anlagearten und Straßen ohne Anlagearten für die Lastenradnutzung vorgenommen. Der Datensatz wurde deshalb in zwei Gruppen klassifiziert, um einerseits eine präzisere Identifikation von „Ausreißern“ zu ermöglichen. Die Analyse lässt die Identifikation von Straßensegmenten zu, die trotz Vorhandensein einer Anlageart Schwachstellen aufweisen. Andererseits stellt die Selektion eine komfortablere und übersichtlichere Methode zur Datenverarbeitung dar, da der Prozess des Exports, der Bearbeitung und des Imports großer Datensätze somit optimiert werden kann.

Die Selektion kann in ArcGIS Pro unter anderem mittels des Befehls „Definition Query“ durchgeführt werden. Zudem müssen Straßensegmente, die für die Arbeit irrelevant sind, wie beispielsweise Straßen, auf denen das Radfahren verboten ist, oder nicht öffentlich zugängliche Straßen, von der Analyse ausgeschlossen werden.

- Indikator „*Steigung des Straßenabschnittes*“- Attribute: „*Max_Slope*“

Für den Indikator „*Steigung des Straßenabschnittes*“ ist in den Geodaten von GIP kein eigenes Attribut verfügbar. Jedoch unterstützt ArcGIS Pro verschiedene Funktionen, mit einer ferner der Längsneigungswinkel von Straßen berechnen werden kann. Dazu wird das Werkzeug „*Add Surface Information*“ verwendet. Die Berechnung der Steigungswinkel entlang der Straße erfolgt durch Unterteilung des Straße in Segmente und anschließender Messung des zugehörigen Neigungswinkels. Um die Funktion verwenden zu können, muss ein digitales Höhenmodell in das Geoinformationssystem importiert werden. Aufgrund dessen wurde über „*data.gv.at*“ ein Geländemodell mit einer Rastergröße von 10 x 10 m in das Geoinformationssystem eingeladen. Auf Grundlage der aus der Rasterebene abgeleiteten Höheninformationen kann die Steigung eines Straßensegmentes berechnet werden.

Die Ergebnisse der ArcGIS Pro Funktion umfassen die minimalen, maximalen und durchschnittlichen Steigungswerte jedes Linienabschnitts in Prozentangabe. Für die Berechnung des Cargobikeability-Index wird das Attribut "*Max_Slope*", welches den maximalen Steigungswert beschreibt, verwendet. Die Wahl der „*maximalen Steigung*“ eines Straßensegmentes wurde aufgrund von Stichproben getroffen. Bei der Analyse der Werte dieses Attributs ausgewählter Straßenabschnitte ergab, dass „*Max_Slope*“ sich am besten für den Indikator „*Steigung des Straßenabschnittes*“ eignet.

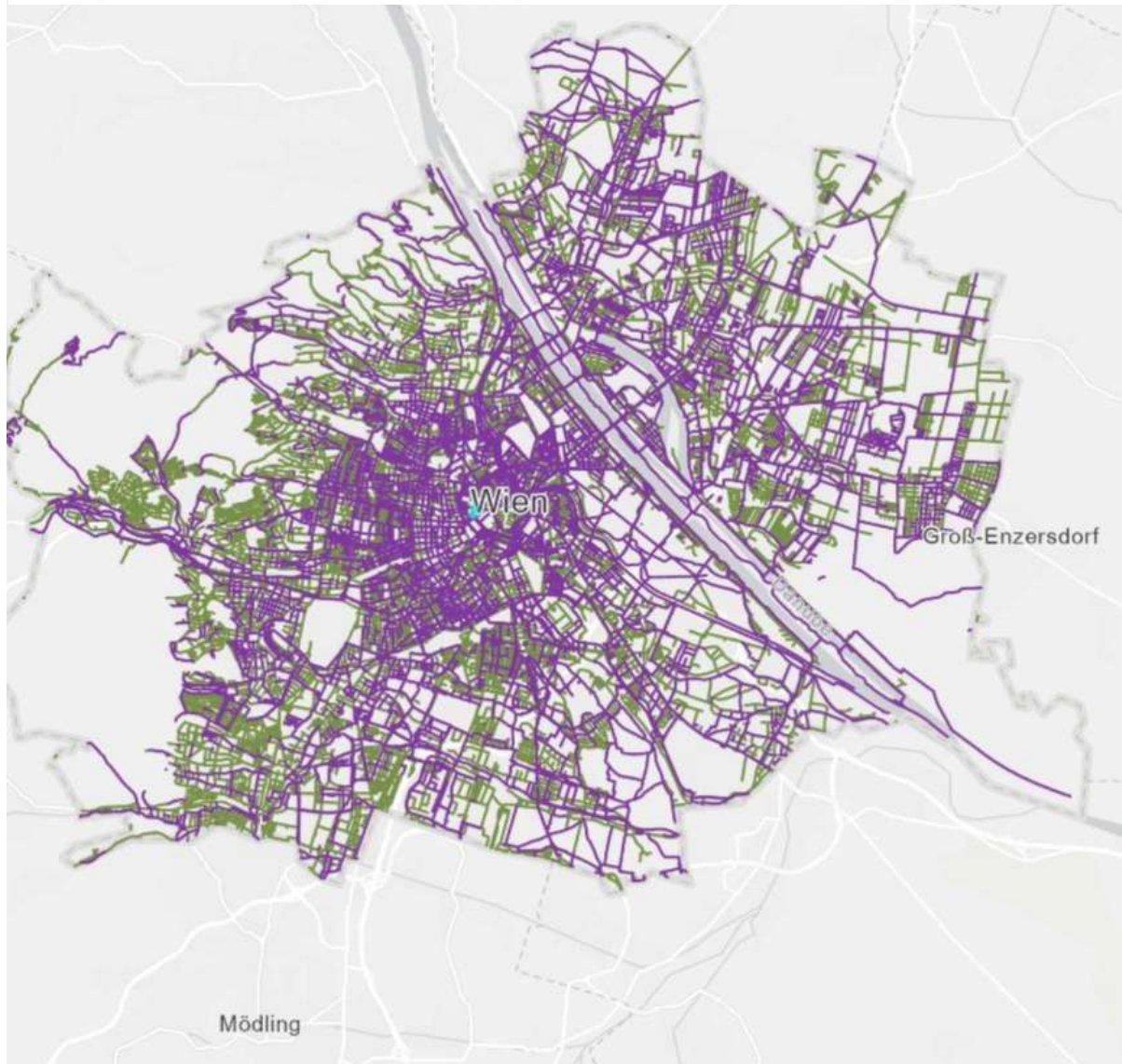
- Indikator „*Verkehrsmenge des Pkw- und Schwerverkehrs*“

Überdies verfügen der GIP-Datensatz keine Informationen darüber, wie hoch die Verkehrsmenge pro Straßensegment ist. Für die Indikatoren „*Verkehrsmenge des Pkw-Verkehrs*“ und „*Verkehrsmenge des Schwerverkehrs*“ wurden zusätzliche Daten vom Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) Ges.m.b.H. - Bereich ITS Vienna Region erworben, da lediglich Verkehrsvolumendaten an höherrangigen Straßenabschnitte Wiens frei zugänglich sind. Die Daten wurden vertraulich erworben und dürfen ausschließlich für den Nutzungszweck dieser Diplomarbeit verwendet werden. Die Verkehrszählungsdaten enthalten Daten zur Verkehrsmenge des Pkw- und Lkw-Verkehrs. Mittels einer Formel wurden die Verkehrszählungsdaten mit den vorhandenen GIP-Daten über das Attribut „*EDGE_ID*“ verknüpft, sodass die Daten zum Volumen den jeweiligen Straßensegmenten verortet werden konnte.

Nach Bereitstellung und Verknüpfung aller notwendigen Attribute können die Links, wie anhand der Grafik dargestellt wird, in Straßensegmente mit und ohne Anlagearten für die Lastenradnutzung unterteilt werden. Die in der Grafik grün dargestellten Segmente sind Straßenabschnitte, die keine Anlagen für die Lastenradnutzung besitzen, jedoch mit dem

Lastenrad befahren werden dürfen. Die violett dargestellten Segmente sind hingegen Straßen, auf denen in oder gegen die Fahrtrichtung Anlagen existieren.

Abbildung 32: Darstellung Infrastrukturnetz Wien nach verschiedenen Typen von Straßensegmenten; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung



Zur weiteren Bearbeitung und Berechnung des Cargobikeability-Index werden die Daten von ArcGIS Pro in ein Excel File importiert. Dies kann unter anderem mit dem Befehl „Export Table“ durchgeführt werden, indem die Attributstabelle von ArcGIS Pro, in der alle Attribute, die für die Berechnung notwendig sind, in eine für Excel komprimierbare Form exportiert wird. Es soll zudem erwähnt werden, dass mittels ArcGIS Pro zugleich Berechnungen durchgeführt werden können. Die Entscheidung für die Verwendung und Berechnung mit Excel anstelle von ArcGIS Pro basiert auf einer subjektiven Beurteilung. Die Berechnung mittels Excel ist aufgrund der Vielzahl an Befehlen und Formeln aus eigener Abwägung heraus einfacher durchzuführen.

3.3.1. Formel zur Gewichtung Indikator „Anlageart für die Lastenradnutzung“

Die Berechnung des Cargobikeability-Index in Wien erfordert zunächst die Gewichtung der Attribute (Indikatoren) nach den vergebenen Bewertungen, wie im Kapitel 3.2.1 beschrieben. Dies setzt jedoch voraus, dass die exportierten GIP-Daten mittels Excel aufbereitet werden.

Ein exemplarisches Beispiel für die Aufbereitung ist die Aufstellung einer Formel zur Bestimmung der unterschiedlichen Anlagenarten.

Gewichtung Anlageart für die Lastenradnutzung

```
=WENN(„BIKE_TOW“=„RW“;3;WENN(„BIKE_TOW“=„RWO“;3;  
WENN(ODER(„BIKE_TOW“=„FRS“;„BIKE_TOW“=„RR“;  
„BIKE_TOW“=„RRN“);3;WENN(ODER(„BIKE_TOW“=„BGZ“;„BIKE_TOW“=„FUZO“;  
„BIKE_TOW“=„FUZO_N“;„BIKE_TOW“=„RVW“;„BIKE_TOW“=„VK_BE“;„BIKE_TOW“=„WSTR“;  
„BIKE_TOW“=„WSTR_N“);2;WENN(ODER(„BIKE_TOW“=„GRW_T“;„BIKE_TOW“=„GRW_TO“);  
2,5;WENN(„BIKE_TOW“=„RF“; 2,2;WENN(„BIKE_TOW“=„RFGE“;  
1,9;WENN(ODER(„BIKE_TOW“=„GRW_M“;  
„BIKE_TOW“=„GRW_MO“;„BIKE_TOW“=„GRW_MOV“;„BIKE_TOW“=„GRW_MV“);  
1,6;WENN(„BIKE_TOW“=„MZSTR“; 1,3;WENN(„BIKE_TOW“=„BS“; 1;0))))))))))
```

Die Abkürzungen:

- Einrichtungsweg
 - „RW“- Baulicher Radweg
 - „RWO“- Radweg ohne Benützungspflicht
- Lastenradfreundliche Zone
 - „FRS“- Fahrradstraße
 - „RR“- Radroute
 - „RRN“- Hauptradroute
- Verkehrsberuhigte Zone
 - „BGZ“- Begegnungszone
 - „FUZO“- Radfahren in Fußgängerzone
 - „FUZO_N“- Radfahren in Fußgängerzone (Nebenfahrbahn)
 - „RR“- Radroute
 - „RRN“- Hauptradroute
 - „RVW“- Radfahren auf verkehrsarmen Wegen
 - „VK_BE“- Verkehrsberuhigte Bereiche
 - „WSTR“- Radfahren in Wohnstraße
 - „WSTR_N“- Radfahren in Wohnstraße (Nebenfahrbahn)
- Getrennter Geh- und Radweg
 - „GRW_T“- Getrennter Geh- und Radweg
 - „GRW_TO“- Getrennter Geh- und Radweg ohne Benützungspflicht
- Radfahrstreifen
 - „RF“- Radfahrstreifen
- Radfahren gegen die Einbahn
 - „RFGE“- Radfahren gegen die Einbahn
- Gemischter Geh- und Radweg
 - „GRW_M“- Gemischter Geh- und Radweg

- „GRW_MO“- Gemischter Geh- und Radweg ohne Benützungspflicht
- „GRW_MV“- Gemischter Geh- und Radweg verordnet (nur Visualisierung)
- „GRW_MOV“- Gemischter Geh- und Radweg ohne Benützungspflicht verordnet (nur Visualisierung)
- Mehrzweckstreifen
 - „MZSTR“- Mehrzweckstreifen
- Radfahren auf der Busspur
 - „BS“- Radfahren auf der Busspur

Diese Formel muss zudem für das Attribut „BIKE_BKW“ angewandt werden, um die Anlagearten gegen die Digitalisierungsrichtung des Straßensegments identifizieren zu können. Insofern die Ergebnisse der Formeln für „BIKE_TOW“ und „BIKE_BKW“ ident sind, kann davon ausgegangen werden, dass in beiden Fahrrichtungen die gleiche Anlageart der Lastenradnutzer:in zur Verfügung steht.

Mittels der GIP-Daten kann jedoch nicht unterschieden werden, ob ein vorhandener Radweg in einer oder zwei Richtungen genutzt werden kann. Nach der im Kapitel 3.2.1. beschriebenen Gewichtung ist es dennoch erforderlich, zwischen Ein- und Zweirichtungsradwegen zu unterscheiden. Diese Information muss demzufolge mittels eines Befehls identifiziert werden.

Sofern die Abkürzung für eine bestimmte Anlageart sowohl für „BIKE_TOW“ als auch für „BIKE_BKW“ identisch sind, kann angenommen werden, dass in und gegen die Fahrtrichtung eines Straßensegments die gleiche Anlageart vorhanden ist. Durch die Auswertung von Stichproben konnte identifiziert werden, falls die Abkürzung RW (Radweg) sowohl für „BIKE_TOW“ als auch „BIKE_BKW“ vermerkt ist, in der Regel ein Zweirichtungsradweg den Lastenradnutzer:innen zur Verfügung steht. Es sei jedoch angemerkt, dass auch der Fall denkbar sein kann, dass auf einer Straße sowohl ein Einrichtungsradweg in als auch gegen die Fahrtrichtung existiert, was mittels Stichproben jedoch nicht erkannt werden konnte.

Auf höherrangigen Straßen, wie beispielsweise der Wiedener Hauptstraße im 4. und 5. Gemeindebezirk werden die Einrichtungsradwege in Richtung Karlsplatz und Matzleinsdorfer Platz ebenfalls entsprechend erkannt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sowohl in Richtung Karlsplatz als auch in Richtung Matzleinsdorfer Platz ein eigener Link für die jeweilige Straße existiert. Demzufolge lässt sich festhalten, dass die jeweiligen Einrichtungsradwege in Richtung Karlsplatz und umgekehrt als solche auch identifiziert werden können.

Diese Vorgehensweise kann und muss bei getrennten Geh- und Radwegen ebenfalls angewandt werden.

3.3.2. Formel Cargobikeability-Index

Die Formel zur Berechnung der Cargobikeability jedes Straßensegmentes Wiens ist an die Formel von Winters et al. angelehnt. In der Forschung von 2012 setzt sich Winters et al. mit der Thematik auseinander, einen Bikeability-Index für die Metro Vancouver zu entwickeln. (vgl. Winters et al. 2012, 870)

In der Forschung wurden verschiedene Indikatoren identifiziert und gewichtet.

Die Berechnung des Cargobikeability-Index erfolgt auf Basis der in Kapitel 2.5.2. beschriebenen Ansätze. Zu diesem Zweck werden die Indikatoren der jeweiligen Straßensegmente mittels Excel zuvor gewichtet, wie im Kapitel 3.2. erläutert. Im Anschluss erfolgt die Ermittlung des Index durch Berechnung der gewichteten Indikatoren gemäß folgender Formel:

$$\sum_{\text{Cargo}} ag + bg + cg + dg + e_k g + e_s g + fg$$

$$\sum_{\text{Cargo}} \text{Cargobikeability – Index}$$

<i>ag</i>	<i>Gewichtungswert Anlageart fuer die Lastenradnutzung</i>
<i>bg</i>	<i>Gewichtungswert Breite der Fahrbahn</i>
<i>cg</i>	<i>Gewichtungswert Deckschicht des Oberbaus</i>
<i>dg</i>	<i>Gewichtungswert Steigung des Straßenabschnittes</i>
<i>e_kg</i>	<i>Gewichtungswert Verkehrsmenge des Kfz – Verkehrs</i>
<i>e_sg</i>	<i>Gewichtungswert Verkehrsmenge des Schwerverkehrs</i>
<i>fg</i>	<i>Gewichtungswert Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs</i>

Tabelle 9: Formel zur Berechnung des Cargobikeability-Index nach Winters et al (2013), eigene Darstellung

Die maximale Punktzahl eines Straßensegments, die im Rahmen der Berechnung des Cargobikeability-Index erreicht werden kann, beträgt 21 Punkte. Dies setzt sich aus sieben gewichteten Indikatoren mit je drei Punkten zusammen. Die Summe von 21 Punkten kann erreicht werden, wenn jeder Indikator des jeweiligen Straßensegments mit einer maximalen Punktezahl gewichtet und somit jeder Indikator für die Lastenradnutzung mit einer ausgezeichneten Qualität bewertet wird. Straßensegmente können 21 Punkte haben, wenn dieses:

- In einer „Lastenradfreundlichen Zone“ liegt,
- die Steigung nicht höher als 1% ist und
- die Deckschicht des Oberbaus der Fahrbahn „Befestigt“ ist.

Eine negative Beurteilung des Straßensegments wäre stattdessen denkbar, wenn beispielsweise:

- keine Anlageart für die Lastenradnutzung zu Verfügung steht,
- die Fahrbahnbreite unter 2,3 Metern liegt,
- die Deckschicht des Oberbaus der Fahrbahn gepflastert ist (*),
- der Steigungswinkel höher als 6% beträgt,
- die erlaubte Höchstgeschwindigkeit 50 km/h oder höher ist,
- mehr als 20.000 Fahrzeuge pro Tag und
- mehr als 50 Busse oder LKW's pro Stunde auf der Straße fahren.

** In Anbetracht der im vorherigen Kapitel dargelegten Umstände können keine Aussagen über die Deckschicht des Oberbaus von Fahrbahnen, auf denen der motorisierte Individualverkehr verkehrt, getroffen werden. Da diese in der Regel asphaltiert sind, kann dieser Indikator für die vorliegende Annahme nicht berücksichtigt werden.*

Die Berechnung der Werte des Cargobikeability-Index für jedes einzelne Straßensegment erfolgt mittels Excel. In der Folge werden die Cargobikeability-Werte mittels der Funktion „Add Join“ ein weiteres Mal in das Programm ArcGIS Pro zur Darstellung, importiert. Die Farbwerte zur Darstellung der unterschiedlichen Cargobikeability-Indexwerte werden mittels der ArcGIS-Funktion „Symbology“ definiert.

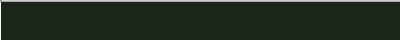






Indexwert	Qualität	Farbe
21-19 Punkte	Ausgezeichnete Qualität	
18-16 Punkte	Ausgezeichnete Qualität	
15-13 Punkte	Ausgezeichnete/gute Qualität	
12-10 Punkte	Gute Qualität	
9-8 Punkte	Gute/ ausreichende Qualität	
7 Punkte	Ausreichende Qualität	
<7 Punkte	Mangelnde Qualität	

Tabelle 10: Farbwahl je nach Indexwert eines Straßensegmentes; eigene Darstellung

Die Gruppen je Indexwert, sowie die damit verbundene Farbkodierung basieren auf der Methodik der Forschungsarbeit von Winters et al. Allerdings unterscheidet sich die Darstellungsform der Indexwerte. In der Studie von Winters et al. werden die Werte auf Rasterblöcke von 10 x 10 Metern hochgerechnet. (vgl. Winters et al. 2013, 876f.) Diese Visualisierung ist besonders für die Analyse größerer geografischer Gebiete geeignet. Im Gegensatz dazu werden in der vorliegenden Forschungsarbeit sämtliche Straßensegmente direkt anhand ihres Indexwertes visualisiert, weshalb eine andere Veranschaulichung gewählt wurde.

Eine exakte Richtlinie zur Zuordnung von Indexwerten zu Farbwerten lässt sich aus der Arbeit von Winters et al. nur bedingt ableiten. Es wird jedoch ersichtlich, dass Werte, die oberhalb der Hälfte des Skalenbereichs liegen, in Grüntönen dargestellt werden, während Werte unterhalb der Hälfte in Rot visualisiert sind. Dabei gilt: Je intensiver die Farbe, desto höher (grün) oder niedriger (rot) ist der Cargobikeability-Indexwert.

3.3.3. Singuläre Sensitivitätsanalyse

Das Bewertungsmodell zur Berechnung des Cargobikeability-Index basiert auf der Grundlage der Forschungsarbeit von Winters et al., in der ein Bikeability-Index berechnet wurde. Die Berechnung erfolgt durch eine Addition der einzelnen gewichteten Indikatoren. (vgl. Winters et. al. 2012, 870)

Wie im Kapitel 5. erläutert, können potenzielle Fehlerquellen im Bewertungsmodell nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Aufgrund dessen, dass im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit keine an die lokalen Gegebenheiten angepasste Studie durchgeführt wurde, wie sie beispielsweise von den Autor:innen Liu et al. empfohlen wird, besteht die Möglichkeit, dass die Gewichtung der gewählten Indikatoren methodische Schwächen beinhaltet. (vgl. Liu et al. 2020, 941)

Angenommen, auf Grundlage dieser Forschungsarbeit werden weitere Studien durchgeführt, muss das Bewertungsmodell auf die Robustheit von Änderungen analysiert werden. In der vorliegenden Diplomarbeit sollte demzufolge validiert werden, wie sich möglicherweise das Ergebnis des Cargobikeability-Index verändern würde, wenn ein oder mehrere Indikatoren verschiedenartig gewichtet werden würden.

Dafür eignet sich die singuläre Sensitivitätsanalyse, bei dieser je ein Gewichtungswert eines Indikators verändert wird. Die Werte der weiteren Indikatoren und der Berechnungsansatz bleiben unverändert. Das Ziel dieser Analyse besteht darin, mögliche Veränderungen des Indexwertes feststellen zu können, wenngleich einzelne Indikatoren eine alternative Gewichtung zugeteilt bekommen. Sofern das Ergebnis der Analyse eine deutliche Veränderung zum Indexwert des Bewertungsmodells zur Folge hätte, kann angenommen werden, dass das gewählte Bewertungsmodell sensibel ist. Dies würde darauf hindeuten, dass dieser Indikator einen hohen Einfluss auf das System einnehmen kann. (vgl. Preuß 2011, 169)

Der Vorteil der singulären Sensitivitätsanalyse liegt unter anderem darin, eindeutig erkennen zu können, welche Indikatoren eine deutliche Auswirkung auf das Endergebnis haben könnten. Das Risiko bei Indikatoren mit hohem Einfluss liegt darin, dass möglicherweise eine widersprüchliche Gewichtung des Indikators ein abweichendes Resultat verursachen kann. (vgl. Kausche 2017, 72)

Im Rahmen der singulären Sensitivitätsanalyse werden die Gewichtungen der Indikatoren verändert, um deren Einfluss auf den Cargobikeability-Index bewerten zu können. Insbesondere wird analysiert, wie sich der durch die Sensitivitätsanalyse ermittelte Indexwert vom Indexwert des Bewertungsmodells unterscheidet, wenn die Indikatoren schrittweise verändert werden.

Für die Sensitivitätsanalyse wurde folgende Formeln erstellt:

$$\sum \text{Prozentuale Veränderung} = \frac{(\text{Mittelwert Index Bewertungsmodell} - \text{Mittelwert Index Sensitivitätsanalyse})}{\text{Mittelwert Index Bewertungsmodell}} \times 100$$

Berechnet wurde die singuläre Sensitivitätsanalyse nach dem „Brute-Force-Approach“ Ansatz. Bei diesem Verfahren erfolgt eine Erhöhung des Gewichtungswertes in konstanten Schritten zwischen einer minimalen und einer maximalen Vorgabe. Anschließend werden die Resultate mit den Werten des Bewertungsmodells verglichen. (vgl. Preuß 2011, 170)

Die Sensitivitätsanalyse erlaubt die Identifikation sensibler oder robuster Indikatoren. Beispielsweise können Indikatoren mit hoher Sensitivität das Ergebnis stärker beeinflussen, sodass eine Änderung ihrer Gewichtung eine deutliche Veränderung des Gesamtergebnisses zur Folge hätte.

Im Rahmen dieser Analyse wurden nach den Ansätzen von „Brute-Force-Approach“ die Werte des zu analysierenden Indikators verändert. In diesem Zusammenhang wurde analysiert, welchen Einfluss dieser Indikator auf das durchschnittliche Gesamtergebnis des Cargobikeability-Index haben kann, wenn der Gewichtungswert dieses Indikators jeglicher Straßensegmente auf 1, 2 und 3 Punkte modifiziert werden würde. Diesbezüglich werden die Durchschnittswerte der Indikatoren sowohl mit einer Erhöhung als auch einer Verringerung der Gewichtungsfaktoren konfrontiert.

Die Resultate der singulären Sensitivitätsanalyse lassen sich wie folgt interpretieren.

	Mittelwert Bewertungsmodell 15,16 Punkte					
	Veränderung 3 von 3 Punkten		Veränderung 2 von 3 Punkten		Veränderung 1 von 3 Punkten	
	Punkte	%	Punkte	%	Punkte	%
Anlageart für die Lastenradnutzung	1,70	11,33	0,70	4,67	-0,30	-1,96
Breite der Fahrbahn	1,55	10,29	0,55	3,66	-0,45	-2,97
Deckschichten des Oberbaus	0,08	0,51	-0,92	-6,13	-1,92	-12,76
Steigungswinke des Straßenabschnittes	0,64	4,25	-0,36	-2,38	-1,36	-9,01
Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	0,47	3,12	-0,53	-3,51	-1,53	-10,15
Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	0,56	3,70	-0,44	-2,93	-1,44	-9,56
Geschwindigkeit des MIVs	0,92	6,08	-0,08	-0,56	-1,08	-7,19

Tabelle 11: Ergebnisse der singulären Sensitivitätsanalyse; eigene Darstellung

Die Tabelle 11 präsentiert die Resultate der singulären Sensitivitätsanalyse. Auf Grundlage der vorliegenden Untersuchung wurde analysiert, inwiefern sich das durchschnittliche Ergebnis des Cargobikeability-Index ändern würde, wenn die beeinflussenden Indikatoren nach unterschiedlichen Werten verändert werden. Bei einer Erhöhung des Gewichtungswertes eines Indikators auf durchschnittlich drei Punkte würde der Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ am robustesten und die „*Anlageart für die Lastenradnutzung*“ am sensibelsten reagieren. Ein Grund dafür ist, wie bereits im Kapitel 3.2.3. erwähnt, die unbekannte Oberflächenbeschaffenheit des Oberbaus bei Straßen des motorisierten Individualverkehrs. Es wird angenommen, dass in Wien die überwiegende Mehrheit der Straßen für den motorisierten Individualverkehr, asphaltiert ist. Demzufolge werden sämtliche Deckschichten des Oberbaus der Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs mit drei von drei Punkten bewertet. Eine Erhöhung des Gewichtungswertes hätte aufgrund des bereits hohen durchschnittlichen Wertes, einen weniger starken Einfluss auf das durchschnittliche Ergebnis des Cargobikeability-Index. Die hohe Sensitivität des Indikators „*Anlageart für die Lastenradnutzung*“ bei einer Steigerung des Wertes auf 3 von 3 Punkten könnte, wie in Kapitel 3.2.1 dargelegt, darauf zurückzuführen sein, dass sämtliche Straßensegmente des motorisierten Individualverkehrs für diesen Indikator 0 von 3 Punkten erhalten haben und demzufolge der durchschnittliche Gewichtungswert tendenziell niedriger ist.

Eine Reduzierung des Gewichtungswertes auf 1 von 3 Punkten zeigt, dass der Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ die höchste Sensitivität aufweist. Zudem würde eine Reduzierung des Gewichtungswertes der Indikatoren „*Breite der Fahrbahn*“ und „*Anlageart für die Lastenradnutzung*“ lediglich eine Veränderung von ca. 2–3 % zur Folge haben.

Angenommen, der Gewichtungswert würde sich durchschnittlich auf 2 von 3 Punkten verändern, würde der Indikator „*Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs*“ am robustesten und der Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ am sensibelsten reagieren.

Die Ergebnisse der singulären Sensitivitätsanalyse legen nahe, dass eine Veränderung der abhängigen Variablen (Indikatoren) eine signifikante Veränderung des Cargobikeability-Indexwertes zur Folge hätte. Speziell die Indikatoren „*Anlageart für die Lastenradnutzung*“ und „*Deckschicht des Oberbaus*“ reagieren äußerst sensibel auf Änderungen.

Im Kontext der vorliegenden Forschungsarbeit konnte festgestellt werden, dass beispielsweise eine Adaptation des Gewichtungswertes auf 1 von 3 Punkten für den Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ eine Auswirkung auf den Gesamtindexwert von durchschnittlich mehr als 12 % zur Folge hätte.

In Konsequenz dazu hätte eine Veränderung des Gesamtergebnisses von ca. 12 % lediglich eine Zu- oder Abnahme der Punkteanzahl von ca. 1,9 Punkten. In Bezug auf das Bewertungsmodell hätte diese Veränderung lediglich eine marginale Auswirkung auf das Gesamtergebnis des Cargobikeability-Indexes.

Für weitere Forschungsarbeiten auf Grundlage dieser Arbeit wird jedoch empfohlen, eine standortbezogene Erhebung und Untersuchung durchzuführen. Dadurch können die zum Teil auf Annahmen basierenden Gewichtungen der einzelnen Indikatoren mit wissenschaftlichen und erhobenen Daten bestätigt oder widerlegt werden.

3.3.4. Darstellung Cargobikeability-Index

Es kann dennoch angenommen werden, dass das Bewertungsmodell für die Zwecke dieser Forschungsarbeit hinreichend robust ist. Das Modell dient im Wesentlichen dazu, einen allgemeinen Überblick über die Qualität der Infrastruktur Wiens für die Lastenradnutzung zu gewinnen. Des Weiteren erfolgt im Kapitel 3.3.5. eine weitere Anpassung der Gewichtungen der Indikatoren nach verschiedenen Nutzer:innengruppen. Dadurch sollen die Auswirkungen der Veränderungen mittels Karten dargestellt werden. Für die qualitative Analyse ist eine zusätzliche Vor-Ort-Analyse vorgesehen, um potenzielle Einflussfaktoren im Bewertungsmodell zu bestimmen, oder um möglicherweise Aspekte, die für oder gegen die Lastenradnutzung sprechen, identifizieren zu können.

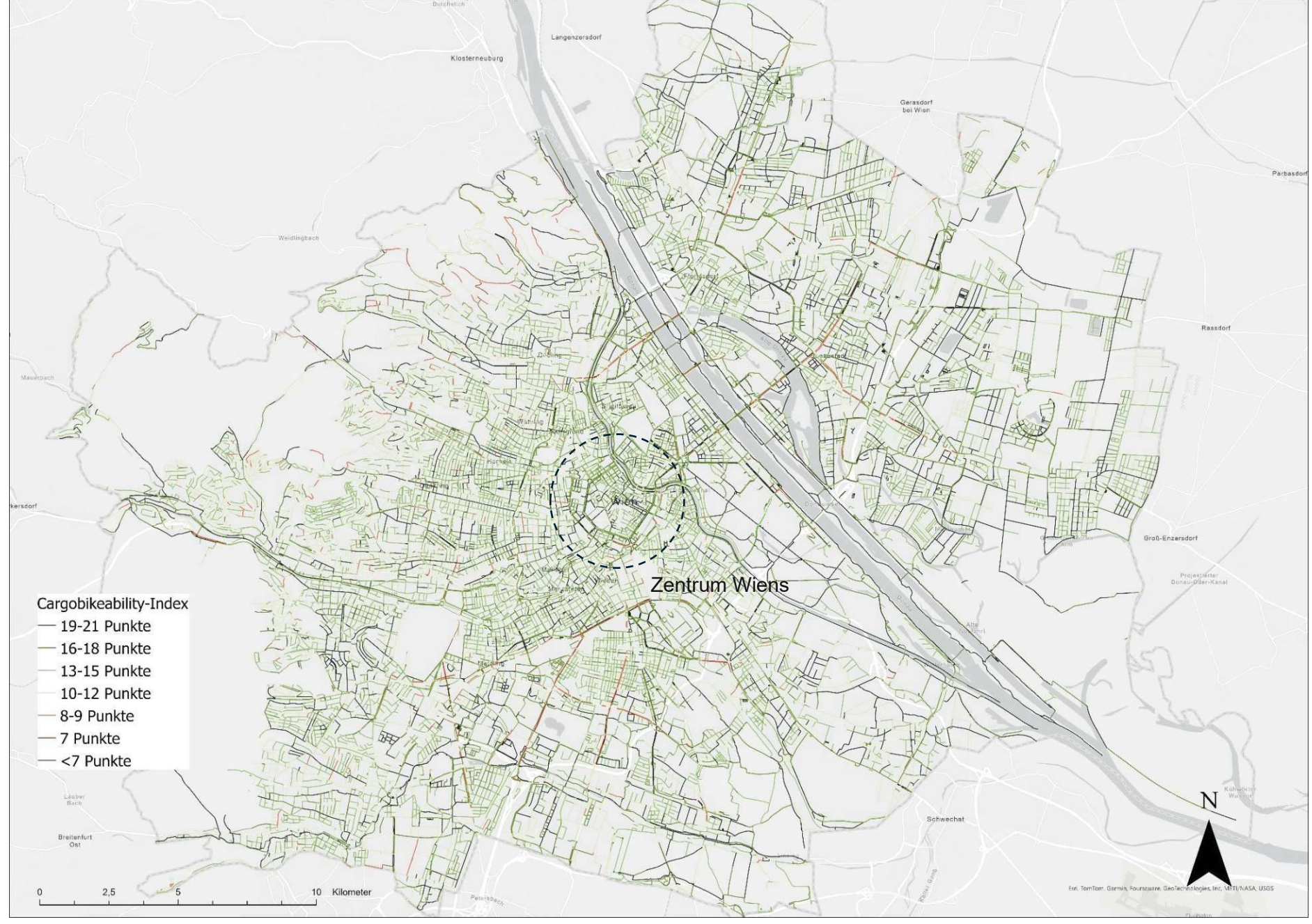


Abbildung 33: Darstellung Cargobikeability-Index Wien gesamt; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung

Die Abbildung 33 bietet einen Überblick über die Cargobikeability sämtlicher Straßensegmente Wiens. Dabei werden die Straßen abhängig von deren Indexwert in verschiedenen Farben dargestellt. Segmente in Rot sind Straßen mit niedriger, hingegen Segmente in Grün Straßen mit hoher Cargobikeability.

Die Werte des Cargobikeability-Index setzen sich aus der Gewichtung und Addition der Indikatoren „Anlageart für die Lastenradnutzung“, „Breite der Fahrbahn“, „Steigung“ des Straßenabschnittes“, „Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs“, „Deckschicht des Oberbaus“, „Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs“ und „Verkehrsmenge des Schwerverkehrs“ zusammen.

Anhand der Karte kann festgestellt werden, dass eine überproportionale Anzahl an Straßensegmenten Wiens in grüner Farbe präsentiert werden. Vorwiegend im Zentrum Wiens und in den umliegenden Bezirken ist die Cargobikeability sehr hoch. (Siehe Kapitel 3.3.6. „Cargobikeability-Index nach Bezirken“) Mithilfe der Legende kann festgestellt werden, dass die Summe der Berechnung von Straßen in Grün, mindestens 10-12 Punkte beträgt und nach dem Schema 3.3.2. diese eine gute Qualität für die Lastenradnutzung haben.

Stattdessen ist die Qualität der Cargobikeability auf Straßen in Rot tendenziell suboptimal. Diese genannten Straßen haben ihren Standort jedoch überwiegend entlang von Straßensegmenten mit hoher Cargobikeability. Anhand der Abbildung 34 kann beispielsweise erkannt werden, dass die Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs entlang der Praterallee im 2. Gemeindebezirk nach dem Bewertungsmodell als rote Linie dargestellt werden. Dennoch stehen in der Praterallee sowohl in als auch gegen die Fahrtrichtung Anlagen für die Radnutzung zur Verfügung. Für Nutzer:innen von Lastenrädern, die Radfahranlagen benutzen dürfen, würde die Praterallee nach diesem Bewertungsmodell, eine hohe Cargobikeability haben.

Zudem kann festgestellt werden, dass entlang der Straßen Museumsplatz und Getreidemarkt die Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs für die Nutzung von Lastenrädern suboptimal sind. Allerdings sind entlang dieser Straße in beiden Richtungen Anlagen mit hoher Cargobikeability für die Lastenradnutzung, sofern diese rechtlich benutzt werden dürfen, vorhanden.



Abbildung 34: Darstellung Cargobikeability-Index, Innere Stadt; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung

Mithilfe der beiden Karten lassen sich zudem Straßensegmente mit einer „ausgezeichneten Qualität“ für die Lastenradnutzung identifizieren. Diese Straßen sind in Bereichen, die bekannterweise eine qualitativ hochwertige Infrastruktur für Radfahrer:innen bieten. Als exemplarisches Beispiel soll der Abschnitt des Donauradweges, welcher sich entlang des Donauufers erstreckt, erwähnt werden. Der Donauradweg ist Bestandteil des EuroVelo-Netzes und erfüllt eine wesentliche Funktion im Kontext des grenzüberschreitenden Nahtourismus. Das Netzwerk ist für Radreisen quer durch Europa ausgelegt und wird unter anderem mit EU-Mitteln finanziert. Dieses Netz ist bekannt für eine hohe Qualität für die Radnutzung. (vgl. Weston et al. 2012, 25)

Die auf der Karte verzeichneten Straßensegmente, welche eine orange-rötliche Farbe besitzen, können zudem insbesondere in grenznahen Gebieten zu Niederösterreich identifiziert werden. In Bezug auf die genannten Bereiche wäre zunächst zu eruieren, wie hoch der Anteil an Lastenradfahrer:innen in diesen Bereichen ist und welche Bedeutung Lastenräder in der dortigen Umgebung haben. Es wird angenommen, dass vergleichsweise der Einsatz von Lastenrädern sowohl im privaten als auch im gewerblichen Bereich weitgehend in den inneren Gemeindebezirken erfolgt, da im Ballungsraum Wiens das Netz an sozialen Einrichtungen, wie Kindergärten, Schulen, aber auch Geschäften und Dienstleistungen, enger gestrickt ist und dafür keine allzu weiten Distanzen mit dem Lastenrad

überwunden werden müssten. Folglich wird vermutet, dass der Anteil an Wegen, welche mittels Lastenrädern zurückgelegt werden, in den inneren Bezirken höher ist als in den Randbereichen Wiens. Es wird angenommen, dass die Priorisierung zum Lückenschluss im Radverkehrsnetz in inneren Bezirken höher liegt als beispielsweise in Grenzbereichen, wie im 19. Wiener Gemeindebezirk.

Die Priorisierung des Lückenschlusses ist darüber hinaus von der Relevanz des betreffenden Straßensegments im Wiener Hauptradverkehrsnetz abhängig.

Wie bereits im Kapitel 2.4. beschrieben, ist das Wiener Hauptradverkehrsnetz in unterschiedliche Kategorien eingeteilt. Je nach Wichtigkeit eines Straßensegmentes für den Radverkehr wird dieses nach verschiedenen Kriterien beurteilt und als „*Basisroute*“, „*Grundnetz*“, „*Erweitertes Grundnetz*“ oder „*Erschließungsnetz*“ klassifiziert. Als Beispiel stellen Straßensegmente der Kategorie „*Basisroute*“ das Rückgrat des Wiener Radverkehrsnetzes dar und sollen aus diesem Grunde eine sehr hohe Qualität für das Radfahren bieten. Dies soll unter anderem hervorgerufen werden durch eine qualitativ hochwertige Radfahrinfrastruktur. (vgl. Stadt Wien 2015, 122)

Die nachfolgenden Karten visualisieren die Cargobikeability der Straßensegmente Wiens und die Straßen des Wiener Hauptradverkehrsnetzes. Die Darstellung des Hauptradverkehrsnetzes erfolgt in Form weißer Umrandungen entlang der jeweiligen Straßensegmente. Je intensiver die Kontur der Umrandung, umso relevanter ist dieses Straßensegment für das Hauptradverkehrsnetz. Die Ausführung der Stärke erfolgt anhand der zuvor erwähnten Kategorien. Die Wahl eines grauen Hintergrunds dient der Verbesserung der Übersichtlichkeit der dargestellten Straßensegmente. Die Abbildungen 35 und 36 zeigen, dass die Straßensegmente entlang des Hauptradverkehrsnetzes in der Regel bereits eine hohe Cargobikeability besitzen. Vereinzelt können zudem Lücken im Hauptradverkehrsnetz

identifiziert werden, beispielsweise südlich des Türkenschanzparks im 18. Wiener Gemeindebezirk.

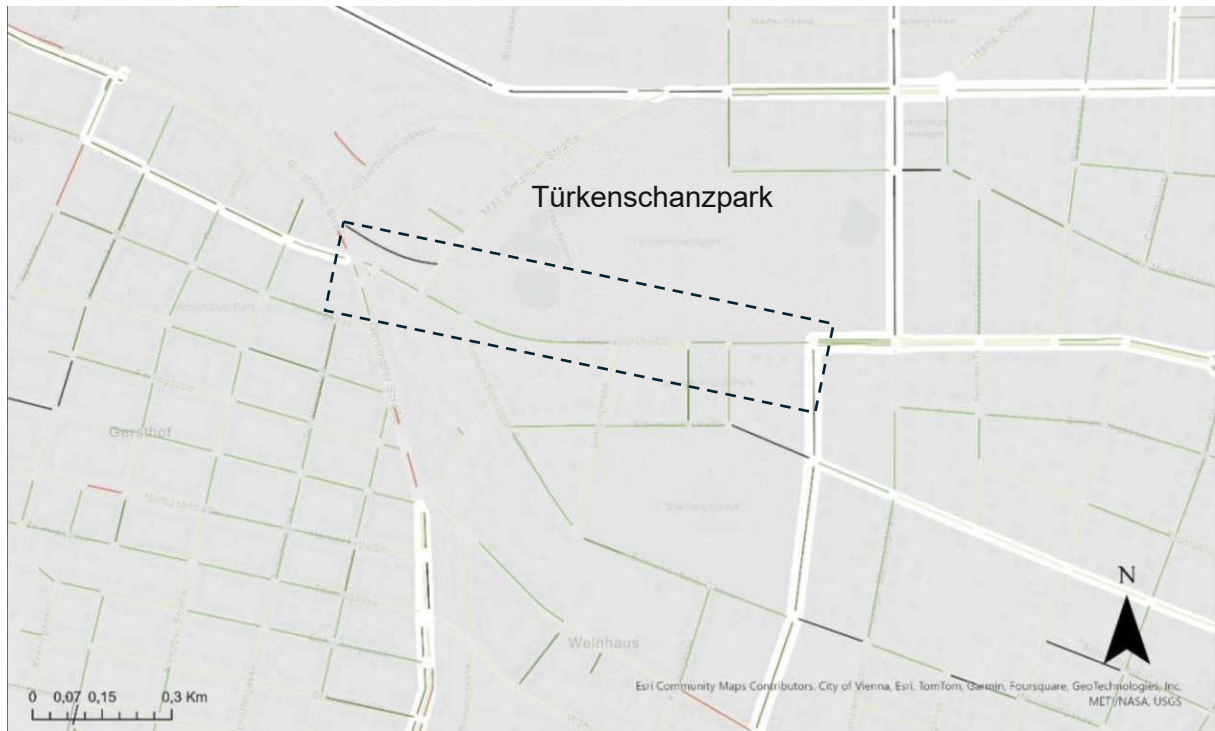


Abbildung 35: Lücke im Hauptverkehrsnetz südlich des Türkenschanzparks, 18. Bezirk; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung

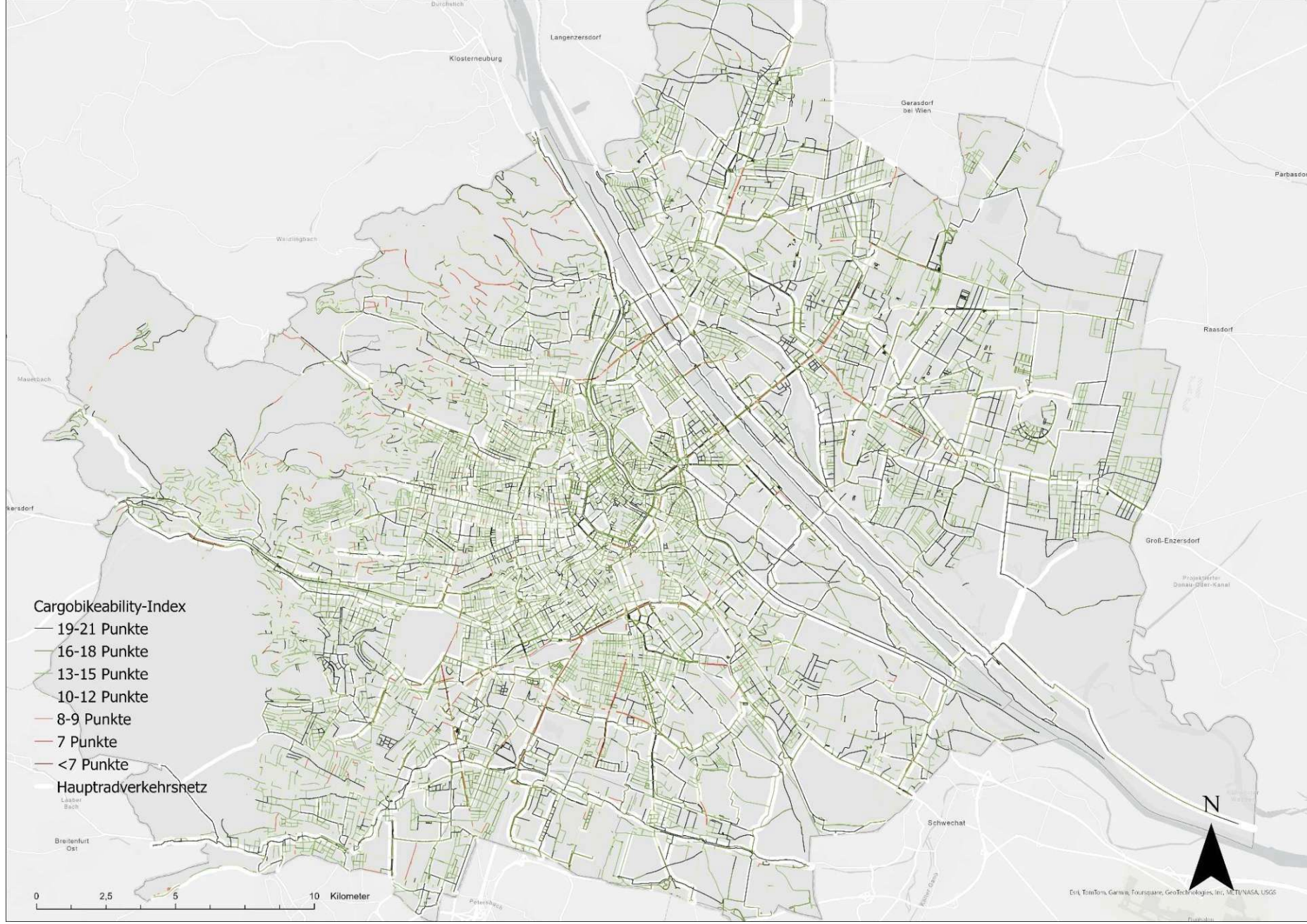


Abbildung 36: Darstellung Cargobikeability-Index Wien gesamt; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung

Die Analyse zur Bestimmung des Cargobikeability-Index zeigt, dass die Infrastruktur entlang des Hauptradverkehrsnetzes bereits eine gute Qualität für Lastenradnutzung besitzt. Dennoch zeigen sich Lücken im Netz. Aus den vergangenen Projekten sowie aktuellen Beschlüssen, wie beispielsweise der Radoffensive Wiens, geht jedoch hervor, dass dem Lückenschluss des Hauptradverkehrsnetzes eine hohe Priorität beigemessen wird. (vgl. Stadt Wien a.D.-b)

Darüber hinaus, müsste zudem die Darstellung des Bewertungsmodells infrage gestellt werden. Nach dem gewählten Schema werden Straßen mit einem Cargobikeability-Indexwert von 10 Punkten, daher weniger als die Hälfte der Punkteanzahl, noch in Grün dargestellt. Würde man beispielsweise Straßensegmente mit einem Indexwert von 10 Punkten, jedoch in orange-rot visualisieren, könnte sich das Gesamtergebnis der Visualisierung ändern.

3.3.5. Cargobikeability-Index der Nutzer:innengruppen

Wie bereits im Kapitel 2.2. beschrieben, zählen Lastenräder zur Kategorie Spezialrad. Es existieren einspurige und mehrspurige Modelle und eine Vielzahl an verschiedenen Nutzungsmöglichkeiten, Größen, Gewichten und Breiten (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018, 10). Die hohe Diversität an Lastenrädern führt dazu, dass verschiedene Nutzungsmöglichkeiten und Zielgruppen existieren. Je nach Nutzer:innengruppe können sich die Ansichten hinsichtlich der Anforderungen an eine adäquate Infrastruktur unterscheiden.

Dies erfordert eine Auseinandersetzung mit der Gewichtung der Indikatoren, wobei die Bedürfnisse der Nutzer:innen als Maßstab dienen. Die Anpassung der Gewichtung nach verschiedenen Zielgruppen soll unter anderem zudem als Evaluierung dienen, welchen Einfluss Veränderungen der Gewichtungsfaktoren auf das Bewertungsmodell haben könnten.

Wie bereits im Kapitel 3.3.3. dargelegt wurde, zeigen sich bei einer Modifizierung der Gewichtungswerte bestimmter Indikatoren signifikante Änderungen auf das Ergebnis des Cargobikeability-Indexwerts. Folglich soll getestet werden, welche Auswirkungen eine nach den Bedürfnissen der Nutzer:innen angepasste Formel, auf das Gesamtergebnis haben können.

Für die Gewichtung werden folgende Nutzer:innengruppen definiert:

- Familien, die Lastenräder für den Kindertransport nutzen,
- Fahrradkuriere, mit einspurigen oder
- mehrspurigen Lastenrädern.

Es soll angemerkt sein, dass eine deutlich höhere Anzahl an Nutzer:innengruppen existiert. Für die Forschungsarbeit werden allerdings ausschließlich die genannten Zielgruppen behandelt.

Für die modifizierte Berechnung nach den Nutzer:innengruppen werden wiederholt die Ansätze von Winters et al. verwendet. Das Resultat der Addition der nach den Zielgruppen angepassten Indikatoren soll den Wert von 21 Punkten nicht überschreiten. Grund der identen Maximalpunktzahl von 21 ist die erleichterte Darstellung sowie die Vergleichbarkeit mit dem bestehenden Bewertungsmodell.

In Abhängigkeit von der Relevanz der Indikatoren für die Nutzer:innengruppe erfolgt eine Multiplikation des Indikators mit einem Faktor X. Unter der Voraussetzung, dass alle Indikatoren eines Straßensegmentes einen Wert von 3 erlangen, soll der Cargobikeability-Indexwert nicht höher als 21 Punkte sein.

Als Beispiel, angenommen, alle Indikatoren würden 3 von 3 möglichen Punkten besitzen:

$$\begin{array}{l}
 \sum_{\text{Cargo Kurrier}} f_1(3a) + f_2(3b) + f_3(3c) + f_4(3d) + f_5(3e_p) + f_6(3e_s) + f_7(3f) \\
 \hline
 \sum_{\text{Cargo Kurrier}} = \text{Summe gewichtet nach Fahrradkurier} \\
 \hline
 \begin{array}{ll}
 \mathbf{3a, b, c \dots f} & \text{Maximalanzahl (3Punkte) je Indikator} \\
 \mathbf{f_{1,2,3,\dots,7}} & \text{Faktor Gewichtung Indikator 1,2,3 \dots 7}
 \end{array}
 \end{array}$$

Tabelle 12: Formel für die Berechnung des Cargobikeability-Index nach Nutzer:innengruppen; eigene Darstellung

Wenn als Beispiel davon ausgegangen wird, dass der Indikator a für den Fahrradkurier die höchste Wichtigkeit hat, und in absteigender Reihenfolge der Indikator f den niedrigsten, dann würde die Formel wie folgt lauten:

$$\sum_{\text{Cargo Kurrier}} 1,8 \times (3a) + 1,5 \times (3b) + 1,3 \times (3c) + 1,0 \times (3d) + 0,7 \times (3e_p) + 0,5 \times (3e_s) + 0,2 \times (3f)$$

f_1	2
f_2	1,7
f_3	1,4
f_4	1,1
f_5	0,8
f_6	0,5
f_7	0,3

Die Werte für die Faktoren wurden mittels einer einfachen Rechnung ermittelt indem als erster Schritt davon ausgegangen wird, dass der Faktor f_1 2 Punkte hat und in absteigender Reihenfolge die Faktoren jeweils um 0,3 verringert werden.

$$\sum_{\text{Summe Faktoren } f_1 f_2 \dots f_7} 7,7$$

Die Summe der einzelnen Faktoren ergibt jedoch den Wert 7,7, welcher um 0,7 zu hoch ist. In der Konsequenz wird die Zahl 7,7 durch die Zahl 7 dividiert und das Resultat mit den Faktoren multipliziert. Der Skalierungsfaktor beträgt 0,909, sodass sich nach

Multiplikation mit den Faktoren folgende Faktorenzahlen ergeben:

f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f_6	f_7
1,8	1,5	1,3	1,0	0,7	0,5	0,2

Die Berechnungen zur Bestimmung der Faktorgrößen wurden mittels Excel erstellt.

3.3.5.1. Familien mit Lastenrädern für den Kindertransport

In verschiedenen Quellen wird die Sicherheit als wesentlichster Aspekt genannt, der für oder gegen eine Straße für Familien mit Lastenrädern für den Kindertransport spricht. In einer Studie von Eberhardt et al. (2018) wird die Thematik des Fahrradfahrens mit Babys behandelt. Dabei wird unter anderem der Frage nachgegangen, welche Kriterien erfüllt werden müssen, um das Radfahren auch mit Babys weiterführen zu wollen. Aus der Studie geht hervor, dass die Gruppe Jungeltern mit Babys oder Kleinkindern oft bei verkehrsplanerischen Fragen nicht als Zielgruppe berücksichtigt werden und dass die Bedürfnisse dieser fallweise außer Acht gelassen werden. In diesem Kontext wurde im Rahmen einer empirischen Erhebung bei Jungeltern eruiert, welche Aspekte, die für oder gegen die Radnutzung sprechen, aus deren Perspektive als essenziell zu betrachten sind. Die als wesentlich erachteten Eigenschaften einer Infrastruktur lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Sichere und durchgehende Radfahranlagen,
- breitere Radfahranlagen (damit Radfahrer:innen Anhänger oder Lastenräder benutzen können),
- Wege und Kreuzungspunkte, die bequem zu befahren sind (ebene Flächen ohne Bordsteinkanten, keine oder unzureichende, leicht zu überquerende Verkehrsbarrieren)
- reduzierter Verkehr durch Geschwindigkeitsbegrenzungen,
- sichere, überdachte und ebene Abstellplätze für Fahrradanhänger/Transporträder. (vg. Eberhardt et al. 2018, 39ff.)

In einer weiteren Studie von Riggs et al. (2018) wird die Frage nachgegangen, welche Faktoren für oder gegen die Nutzung von Lastenrädern durch Frauen und Mütter sprechen. Die Ergebnisse dieser Untersuchung deuten auf ein ähnliches Resultat hin. Die drei wichtigsten Punkte, die für die Lastenradnutzung sprechen, sind die „Präsenz von Radfahranlagen“, „ruhige Straßen mit minimalem Verkehr“ sowie das „Nachbarschaftsumfeld“. Die befragten Teilnehmer:innen fühlen sich demnach wohl, wenn auf Straßen eine Radfahranlage vorhanden ist, wenn das Verkehrsvolumen gering ist und wenn die Umgebung allgemein eine hohe Qualität aufweist, was unter anderem ein gepflegtes Umfeld und Grünflächen beinhaltet. (vgl. Riggs et al. 2018, 9)

Die Ergebnisse der beiden Forschungsarbeiten legen nahe, dass der Faktor Sicherheit eine wesentliche Rolle bei der Entscheidung von Frauen, Müttern und Jungfamilien spielt, ein Fahrrad zu nutzen. Die Faktoren zu den einzelnen Indikatoren zur Evaluierung der Qualität einer Straße für die Nutzung durch Familien mit Kindern mit einem Lastenrad würde wie folgt vergeben werden:

f_1	1,8	Anlageart für die Lastenradnutzung
f_2	1,5	Breite der Fahrbahn
f_3	1,3	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs
f_4	1,0	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs
f_5	0,7	Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs
f_6	0,5	Deckschicht des Oberbaus
f_7	0,2	Steigung des Straßenabschnittes

Tabelle 13: Gewichtung der Indikatoren nach der Nutzer:innengruppe: Familien mit Lastenräder für den Kindertransport; eigene Darstellung

Die Zuteilung der Gewichtungsfaktoren der verschiedenen Indikatoren basiert teilweise auf Annahmen, da aktuell die erforderlichen Forschungsarbeiten und Quellen für eine detailliertere Analyse zum Thema Lastenrad fehlen. Dies kann zu divergierenden Auffassungen und Meinungen führen.

Für die Gewichtung der Indikatoren nach den Nutzer:innengruppen wird jedoch angenommen, dass die Qualität der Anlageart für die Lastenradnutzung für Eltern mit Kindern im Lastenrad der wichtigste Faktor für die Routenwahl in Wien sein kann. Wie im Kapitel 3.2.1. dargelegt, stellt die Abgrenzung der Anlageart von weiteren Verkehrsteilnehmer:innen oder das Vorhandensein „verkehrsberuhigter“ oder „lastenradfreundlicher Zonen“ einen wesentlichen Aspekt bei der Bestimmung der Qualität der Sicherheit für das Radfahren dar (vgl. Hardinghaus et. al. 2023, 4).

Es wird vermutet, dass Familien, die Lastenräder für den Kindertransport verwenden, ein signifikant höheres Sicherheitsgefühl haben, wenn eine Anlageart getrennt geführt wird. Der Ausbau der Anlagearten, beispielsweise durch eine geeignete Breite der Fahrbahn, kann zudem die Cargobikeability stärken. Darüber hinaus werden die Indikatoren „Verkehrsmenge des Pkw-Verkehrs“ und „Verkehrsmenge des Schwerverkehrs“ als weitere wesentliche Faktoren erachtet, ob eine Straße von Eltern, mit Kindern im Lastenrad, befahren wird oder nicht. Dies begründet sich darin, dass diese Indikatoren in den jeweiligen Forschungsarbeiten von Riggs et al. und Eberhardt et al. einen hohen Stellenwert für die Befragten einnehmen.

Der Indikator „Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs“ kann einen weiteren potenziellen Einflussfaktor auf die Qualität des Straßennetzes für Familien mit Lastenrädern haben, allerdings wird davon ausgegangen, dass die zuvor genannten Indikatoren eine

übergeordnete Rolle spielen. Des Weiteren wird vermutet, dass die Indikatoren „*Deckschicht des Oberbaus*“ und „*Steigung des Straßenabschnittes*“ für die Nutzer:innengruppe der Eltern mit Lastenrädern eine untergeordnete Relevanz ob eine Straße einen hohen oder niedrige Cargobikeability hat.

3.3.5.2. Fahrradkurier, mit mehrspurigen Lastenrad

Aus einem durchgeführten Interview von Ghebrezgiabiher et al., mit zwei Fahrradkurieren aus Wien und Berlin, zeigt sich, dass Fahrradkurier-Dienste in urbanen Räumen eine zunehmend bedeutendere Rolle einnehmen. Fahrradkurier:innen sind in der Lage, Pakete in Bereichen, mit beispielsweise eingeschränkter Infrastruktur für den motorisierten Individualverkehr, zeitnah zuzustellen. Ein hauptberuflicher Fahrradkurier kann bis zu 200 km pro Tag zurücklegen und bis zu 250 kg an Fracht mitführen. In Abhängigkeit von der Art und Größe des zu transportierenden Produkts kann die Ausführung des Lastenrads der Fahrradkurier:innen stark variieren. Für den Transport größerer Mengen bis zu 250 kg Last wird häufig eine sogenannte „Radkutsche“ mit drei Rädern verwendet. (vgl. Ghebrezgiabiher et al. 2018:97ff.) Für Lastenräder mit einer Breite von über 100 cm besteht auf Radfahranlagen keine Nutzungsberechtigung. Stattdessen sind Nutzer:innen verpflichtet, auf der Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs zu fahren. (§ 68 Absatz 1 Satz 1 StVO)

In Bezug auf die hohe Vielfalt an verschiedenen Lastenradmodellen für den Kurier- und Logistikbereich, werden zwei Nutzer:innengruppen im Rahmen dieses Berufsfeldes analysiert.

- Einerseits werden Kurierdienste, die Lastenräder verwenden, die breiter als 100 cm sind und demzufolge Anlagearten nicht befahren dürfen, und
- andererseits Kurierdienste mit Lastenrädern, die schmaler als 100 cm sind, folglich Anlagearten nutzen dürfen, behandelt.

Nürnberg (2018) beschäftigt sich in seiner durchgeführten Studie mit der Thematik der Analyse des Einsatzes von Lastenrädern in der städtischen Logistik am Beispiel von Stargard, Polen. Es wurden verschiedene Lastenradmodelle getestet, zur Analyse, wie sich das Fahrverhalten der unterschiedlichen Arten in der Stadt scheidet. Im Rahmen der durchgeführten Forschung wurde unter anderem ein „*Trike*“, ein Lastenrad mit drei Rädern, getestet. Es konnte mittels dieser Studie festgestellt werden, dass die Deckschicht des Oberbaus einen wesentlichen Einfluss auf das Fahrverhalten ausüben kann. Es wurde ersichtlich, dass mit einer Zunahme des Gewichts des Lastenrads eine höhere Relevanz eines flachen Untergrundes einhergeht. Gepflasterte Straßen können dabei das Fahrverhalten stark beeinflussen. Stattdessen werden Steigungen nicht unbedingt als Barriere bei Nutzer:innen größerer Lastenrädern wahrgenommen. Der Großteil an mehrspurigen Lastenrädern ist bereits mit einem

Elektromotor ausgestattet, daher können größere Steigungen ohne erhebliche Herausforderungen befahren werden. (vgl. Nürnberg 2018, 367) In der Arbeit von Liu et al. wird darüber hinaus dargelegt, dass insbesondere die Verkehrsmenge des Schwerverkehrs für die Lastenradnutzung vielfach als Barriere wirkt. Des Weiteren kann das überholt werden von Bussen oder LKWs sowie das Überholen auf schmalen Straßen als unangenehm empfunden werden. Mit zunehmender Breite des Lastenrads wird angenommen, dass die Schwierigkeit des Manövrieren des Lastenrades auf Straßen des motorisierten Individualverkehrs erhöht ist, was das Wohlbefinden der Nutzer:innen beeinträchtigen kann. Diese These lässt sich auch auf die Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs übertragen. (vgl. Liu et al. 2020, 941)

Demgegenüber lässt sich annehmen, dass aufgrund der größeren Breite und der möglichen Auffälligkeit des Modells die Wahrnehmung des motorisierten Individualverkehrs gegenüber dem Lastenrad steigt, was zu einer Verringerung der Geschwindigkeit oder einer gesteigerten Vorsicht beim Vorbeifahren an Lastenrädern führen könnte.

Demensprechend werden die Faktoren zu den einzelnen Indikatoren wie folgt gewichtet:

f_1	1,8	Deckschicht des Oberbaus
f_2	1,5	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs
f_3	1,3	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs
f_4	1,0	Steigung des Straßenabschnittes
f_5	0,7	Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs
f_6	0,5	Breite der Fahrbahn
f_7	0,2	Anlageart für die Lastenradnutzung

Tabelle 14: Gewichtung der Indikatoren nach der Nutzer:innengruppe: Fahrradkurier mit mehrspurigen Lastenrad; eigene Darstellung

3.3.5.3. *Fahrradkurier, mit einspurigen Lastenrad*

Gemäß den geltenden Bestimmungen der StVO ist das Befahren von Radfahranlagen mit Lastenrädern, deren Breite weniger als 100 cm beträgt, erlaubt. In einer Studie von Vijayakumar (2017) werden die Vorteile und Hindernisse der Fahrradlogistik beleuchtet. Die durchgeführten Interviews mit einem Radlogistikunternehmen in Toronto ergaben, dass schmale Fahrbahnbreiten als Barriere wahrgenommen werden. Die Breite von Lastenrädern kann sich von herkömmlichen Fahrrädern scheidet, was sich in der Notwendigkeit einer größeren dimensionierten Breite der Fahrbahnen niederschlägt. (vgl. Vijayakumar 2017, 11) Zudem ist für die Teilnehmer:innen einer Umfrage das Vorhandensein von Anlagearten für das Radfahren, von wesentlicher Bedeutung. Adäquat ausgebaute Anlagearten tragen zu einer Steigerung der Sicherheit und des Wohlbefindens der Nutzer:innen bei.

Wie zudem aus einer Studie von Thoma et al. (2019) hervorgeht, kann der Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ eine zunehmende wichtige Rolle für die Lastenradnutzung in der Logistik einnehmen. Schäden an der Nutzlast können durch Erschütterungen, die durch unebene Oberflächen hervorgerufen werden, entstehen. Demzufolge werden Straßen mit Pflastersteinen in der Logistikbranche eher gemieden. (vgl. Thoma et al. 2019, 202)

Aus einem Interview mit Ghebregziabier et al. und zwei Fahrradkurieren geht zudem hervor, dass der Faktor Geschwindigkeit einen signifikanten Einfluss auf das Wohlbefinden von Fahrradkurieren einnehmen kann.

„...in denen das Fahrrad unterhalb von 5 km Entfernung im Allgemeinen 30% schneller von Tür zu Tür ist als ein Kraftfahrzeug.“ (Ghebregziabier 2018)

Schnelle Kurierdienste wollen durch langsame Radfahrer:innen nicht behindert werden, während beladene Lastenräder in bestimmten Fällen langsamer als der übrige Rad- und motorisierte Individualverkehr unterwegs sind. Demzufolge wird angenommen, dass die Indikatoren „*Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs*“ und „*Verkehrsmenge des Schwerverkehrs*“ für die Routenwahl von Bedeutung sein können. Beispielsweise kann bei einer hohen Verkehrsbelastung das Überholen von Schwerverkehr und allgemeinem Verkehr behindert werden. (vgl. Gruber et al. 2016, 71)

Darüber hinaus kann ein höheres Gewicht der zusätzlichen Nutzlast die Empfindlichkeit gegenüber Steigungen intensivieren. Steigungen können selbst für Nutzer:innen von Lastenrädern ohne elektrische Beteiligung oder E-Lastenrädern mit schwacher Unterstützung für Probleme sorgen (vgl. Gruber et al. 2016,71). Zudem können höhere Steigungswinkel dazu führen, dass die Batterie des E-Lastenrads bei konstanter Geschwindigkeit schneller entladen wird, und dass sich die Fahrzeit verlängern kann (vgl. Silva et al. 2024, 2).

Der Indikator „*Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs*“ scheint nur geringen Einfluss zu haben, da Fahrradkuriere selbst häufig hohe Geschwindigkeiten erzielen können und dadurch möglicherweise sogar Geschwindigkeitsbeschränkungen für den motorisierten Individualverkehr zu unzulässigen Überholmanövern der Fahrradkuriere verleiten und somit potenziell Unfälle verursacht werden könnten.

f_1	1,8	Breite der Fahrbahn
f_2	1,5	Anlageart für die Lastenradnutzung
f_3	1,3	Deckschicht des Oberbaus
f_4	1,0	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs
f_5	0,7	Steigung des Straßenabschnittes
f_6	0,5	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs
f_7	0,2	Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs

Tabelle 15: Gewichtung der Indikatoren nach der Nutzer:innengruppe: Fahrradkurier mit Lastenrad mit 2 Rädern; eigene Darstellung

3.3.5.4. **Ergebnis Cargobikeability-Index der Nutzer:innengruppen**

Im Durchschnitt verändern sich die Werte zum Cargobikeability-Index des Bewertungsmodells wie folgt:

- Familien mit Lastenrad für den Kindertransport: -1,44 Punkte (9,5%)
- Fahrradkurier mit mehrspurigen Lastenrad: 1,57 Punkte (10,43%)
- Fahrradkurier mit einspurigen Lastenrad: -0,77 (5,10%)

Die gewählte Gewichtung führen bei den Zielgruppen „Familien mit Lastenrad für den Kindertransport“ und „Fahrradkurier mit einspurigen Lastenrad“ im Durchschnitt zu einer Reduktion des Cargobikeability-Indexwert. Dies könnte auf eine überdurchschnittliche hohe Bedeutung der Indikatoren „Anlageart für die Lastenradnutzung“ zurückzuführen sein. Mittels des Bewertungsmodells werden Straßensegmente ohne Anlagearten mit 0 von 3 Punkten gewichtet. Insgesamt werden nach dem Bewertungsmodell über 27.000 Straßensegmente identifiziert, die keine Anlageart für die Lastenradnutzung haben und demzufolge mit 0 von 3 Punkten bewertet werden. Im durchschnittlich besitzt dieser Indikator tendenziell einen niedrigeren Indexwert wie beispielsweise der Indikator „Steigung des Straßenabschnittes“, da zur Bestimmung dieses Indikators sämtliche Straßensegmente einen Wert zugeschrieben bekommen. Es lässt sich beobachten, dass der Indexwert, berechnet nach der Nutzer:innengruppe, umso niedriger ausfällt, je höher die Bedeutung eines Indikators mit durchschnittlich niedrigen Wert („Anlageart für die Lastenradnutzung“ ca. 1,3 Punkte) für die Zielgruppe wäre. Das Ergebnis des Indexwertes nach der Nutzer:innengruppe wäre höher, wenn ein Indikator mit durchschnittlich höheren Wert (z.B. „Steigung des Straßenabschnittes“ ca. 2,3 Punkte) höher gewichtet werden würde.

Die Veränderung der Indexwerte nach den Zielgruppen lässt sich ebenfalls anhand der Karten feststellen. Sowohl bei der Nutzer:innengruppen „Familie mit Lastenrad für den Kindertransport“ und „Fahrradkurier mit einspurigen Lastenrad“ lässt sich eine signifikante negative Veränderung des Indexwertes feststellen.

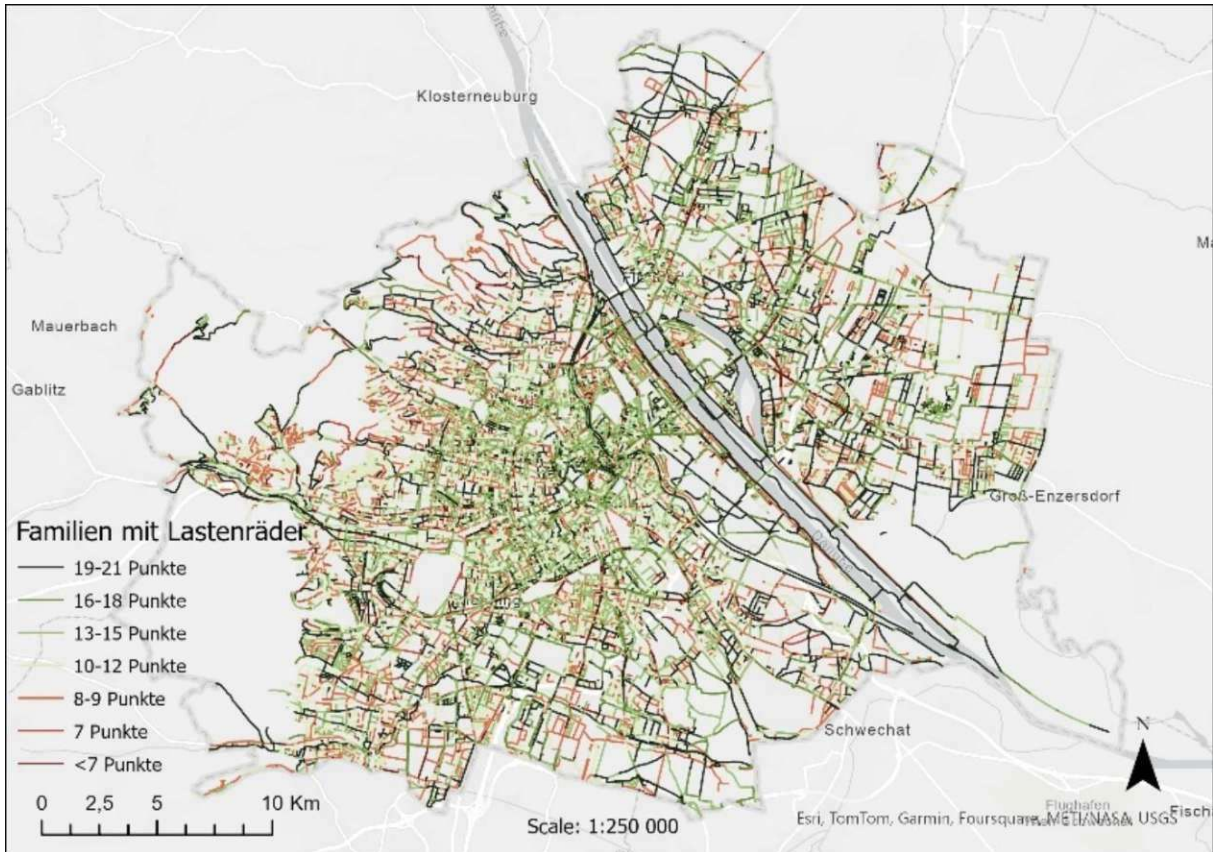


Abbildung 38: Darstellung Cargobikeability-Index Wien nach Familien mit Lastenrädern für den Kindertransport; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung

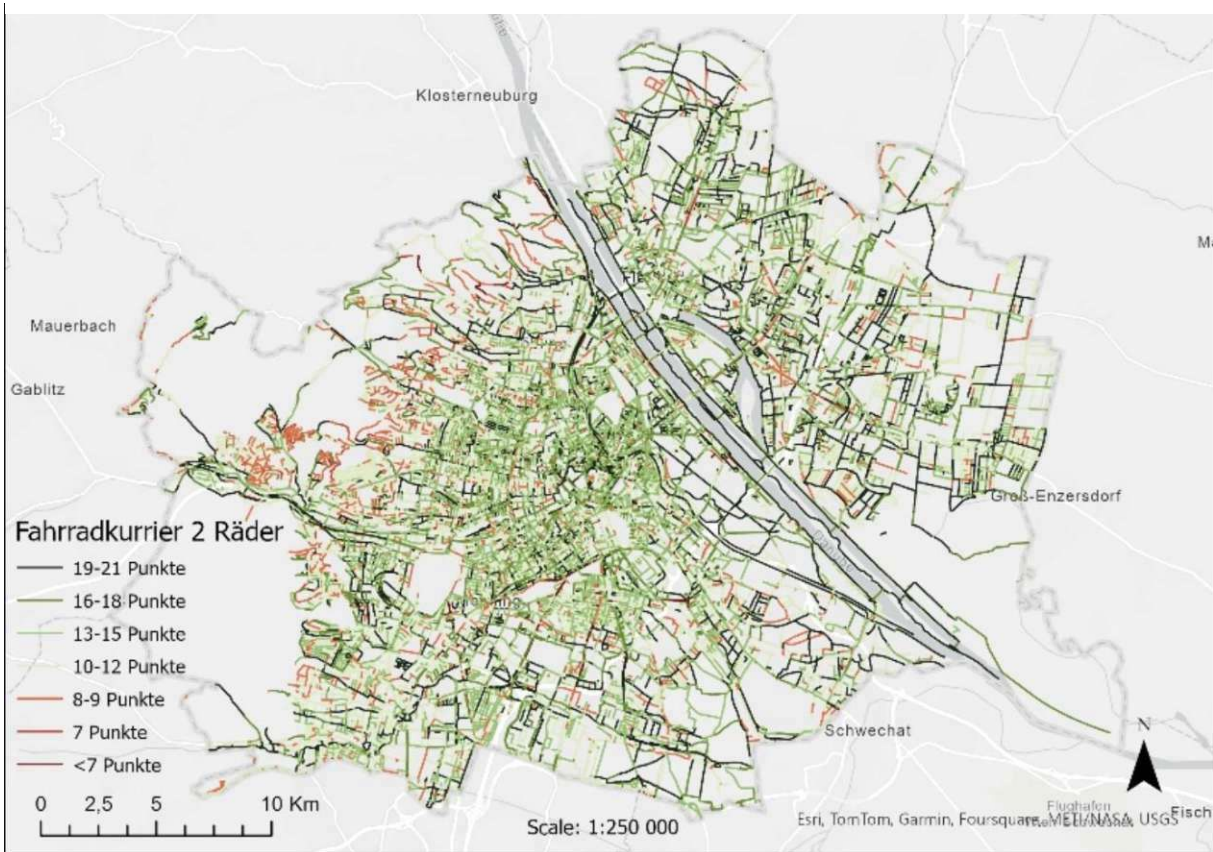


Abbildung 37: Darstellung Cargobikeability-Index Wien nach Fahrradkurrier mit einspurigen Lastenrad; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung

Die Karte nach der Nutzer:innengruppe „*Fahrradkurier mit mehrspurigen Lastenrad*“ veranschaulicht, dass nahezu das gesamte Stadtgebiet von Wien eine überdurchschnittlich gute Cargobikeability besitzt. Dies lässt sich möglicherweise darauf zurückführen, dass die Anlageart und deren Breite in der Berechnung nahezu nicht berücksichtigt werden. Die Breite des Lastenrads bedingt, dass diese Art des Lastenradmodells die Radfahranlagen nicht nutzen kann, weshalb sie für diese Nutzer:innengruppe von untergeordneter Relevanz ist. Es sei jedoch angemerkt, dass „*Lastenradfreundliche Zonen*“ und „*Verkehrsberuhigte Zonen*“ von Nutzer:innen von Lastenrädern, die breiter als 100 cm sind, mitbenutzt werden dürfen. Straßensegmente dieser Kategorie können potenziell eine höhere Relevanz für diese Nutzer:innengruppe haben, werden jedoch aufgrund ihrer Zugehörigkeit zum Indikator „*Anlageart für die Lastenradnutzung*“ unterdurchschnittlich bewertet.

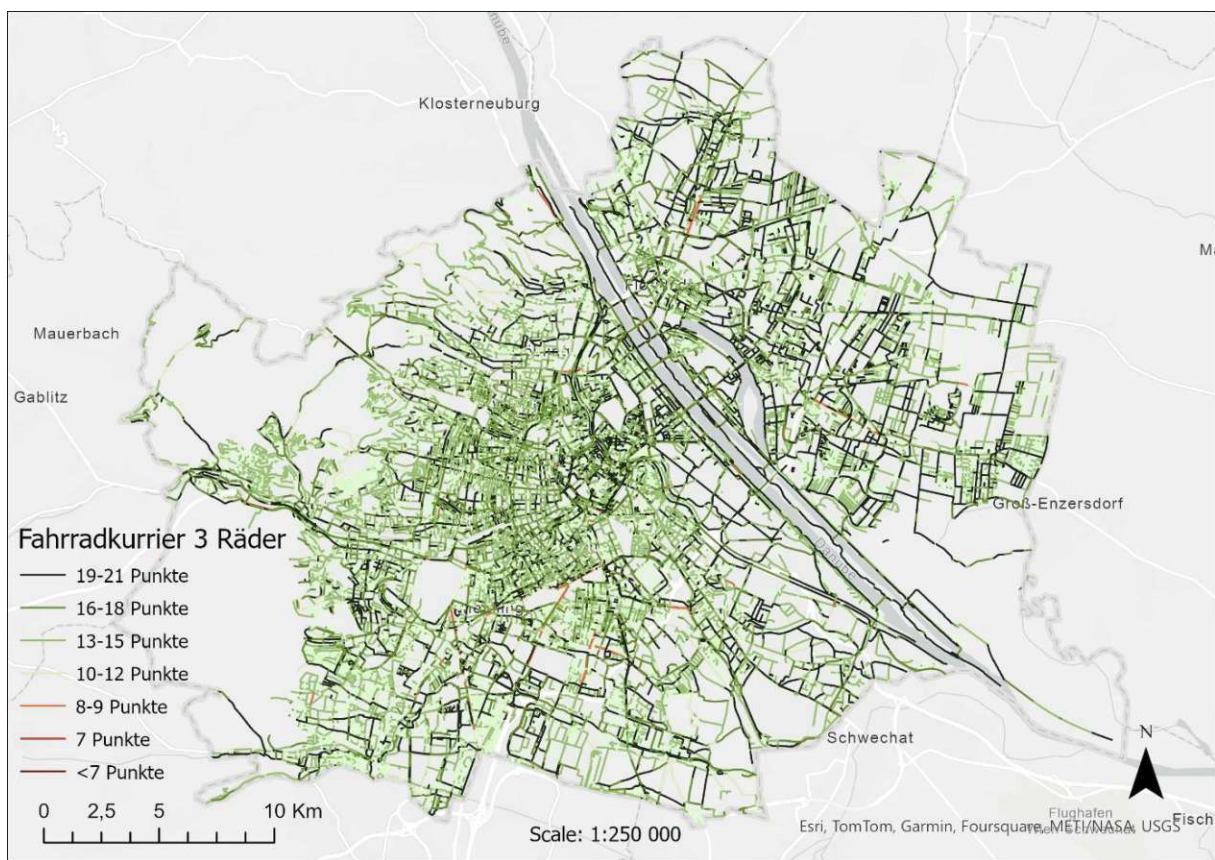


Abbildung 39: Darstellung Cargobikeability-Index Wien nach Fahrradkurier mit einem Trike-Lastenrad; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung

Mittels der Gewichtung nach den verschiedenen Zielgruppen konnte festgestellt werden, dass verschiedene Rechnungsansätze und Gewichtungsfaktoren das Ergebnis des Cargobikeability-Index unterschiedlich intensiv beeinflussen können. Nach dem Bewertungsmodell zur Bestimmung des Cargobikeability-Index und nach den gewählten Gewichtungsfaktoren kann im Allgemeinen die Behauptung aufgestellt werden, dass Wien im Allgemeinen eine gute Cargobikeability besitzt. Jedoch müsste eine in Wien geführte Studie durchgeführt werden. Einerseits wäre es wichtig zu eruieren, ob Lastenradnutzer:innen aus

Wien die Gewichtung der Indikatoren nachvollziehbar finden, oder ob essenzielle Attribute vernachlässigt wurden. Andererseits soll eine weitere Evaluierung des Bewertungsmodells und der Darstellungsform durchgeführt werden. Grund dafür wäre ein potenzielles abweichendes Ergebnis der Darstellung, wenn sich die Methode zur Visualisierung ändern würde.

3.3.6. Cargobikeability-Index nach Bezirken

Darüber hinaus kann mittels des Bewertungsmodells zur Berechnung des Cargobikeability-Index eine Evaluierung der einzelnen Wiener Gemeindebezirke durchgeführt werden. Infolge dieser Analyse können Erkenntnisse gewonnen werden, welche Cargobikeability die 23. Gemeindebezirke haben. Bezirke mit einer ausgezeichneten Qualität für die Lastenradnutzung könnten gegebenenfalls Aufschlüsse darüber geben, welche Merkmale in der Infrastruktur maßgeblich für diese positive Bewertung sind. Eine Vor-Ort-Analyse innerhalb dieser Bezirke könnte beispielsweise dazu dienen, „*Good-Practice*“-Beispiele zu eruieren.

	Gesamt	Anlageart für die Lastenradnutzung	Breite der Fahrbahn	Deckschicht des Oberbaus	Steigung des Straßenabschnittes	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	Geschwindigkeit des MIVs
Döbling	15,0	1,1	1,6	2,9	1,7	2,6	2,5	2,1
Floridsdorf	16,4	1,5	1,7	2,9	2,7	2,6	2,5	1,9
Donaustadt	16,1	1,4	1,5	3,0	2,8	2,6	2,5	2,1
Liesing	15,1	1,1	1,6	2,9	2,4	2,6	2,5	2,1
Simmering	15,6	1,3	1,6	2,9	2,5	2,6	2,5	2,0
Leopoldstadt	16,46	1,66	1,71	3,0	2,6	2,5	2,4	2,1
Maragreten	15,9	1,5	1,5	3,0	2,4	2,3	2,2	2,3
Innere Stadt	16,33	1,53	1,78	2,9	2,5	2,4	2,4	2,5
Hitzing	15,2	1,1	1,7	3,0	2,0	2,5	2,5	2,2
Brigittenau	15,3	1,3	1,5	2,9	2,6	2,4	2,4	2,0
Meidling	15,5	1,3	1,7	3,0	2,3	2,4	2,4	2,1
Favoriten	15,2	1,3	1,6	3,0	2,3	2,5	2,4	2,1
Josefstadt	15,38	1,46	1,91	2,8	2,4	2,2	2,3	1,9
Hütteldorf	14,24	0,89	1,43	3,0	1,7	2,6	2,6	2,3
Hernals	15,3	1,4	1,7	3,0	1,7	2,6	2,5	2,3
Ottakring	13,85	0,72	1,46	3,0	1,9	2,4	2,3	2,1
Mariahilf	15,5	2,5	2,3	2,9	2,2	2,4	7,3	8,9
Neubau	15,54	1,51	1,71	2,9	2,3	2,2	2,2	2,3
Währing	14,8	1,2	1,7	3,0	1,7	2,4	2,3	2,0
Wieden	15,0	1,2	1,7	2,7	2,5	2,3	2,2	2,2
Landstraße	15,4	1,2	1,8	2,9	2,5	2,3	2,3	1,8
Fünfhaus	14,7	1,2	1,8	2,9	2,3	2,3	2,1	1,9
Alsergrund	14,8	1,1	1,7	2,9	2,4	2,2	2,1	1,8

Tabelle 16: Cargobikeability-Index und Durchschnittspunkteanzahl der einzelnen Indikatoren nach den 23. Gemeindebezirken Wiens; eigene Darstellung

Die Tabelle 16 zeigt die durchschnittliche Qualität der Cargobikeability nach den 23. Gemeindebezirken. Für die Hochrechnung auf Bezirksebene werden weitere Daten benötigt, die über die Plattform „*data.gv.at*“ heruntergeladen und in „*ArcGIS Pro*“ importiert wurden. Über verschiedene Funktionen innerhalb des Programms ArcGIS Pro, wie in etwa „*Select*“ wurden Straßensegmente eines Bezirkes markiert und diese zur Berechnung in ein Excelfile exportiert. Mittels Excel konnten die Durchschnittswerte und die Mediane der hochgerechneten Cargobikeability-Indexwerte der Straßensegmente innerhalb eines Bezirkes berechnet werden. Es konnte festgestellt werden, dass der Mittelwert und der Median je Bezirk sich wenig differenzieren. Für weitere Berechnungen wurden die Ergebnisse des Mittelwerts verwendet.

Das Ergebnis der Berechnung zeigt, dass durchschnittlich der 2. Gemeindebezirk Leopoldstadt das beste Resultat erzielt. Der Bezirk erreicht einen durchschnittlichen, hochgerechneten Cargobikeability-Indexwert von 16,46 Punkten und liegt damit vor den Bezirken Floridsdorf (16,4) und Innere Stadt (16,33). Gemeindebezirke mit einer ähnlich guten Cargobikeability sind Ottakring (13,85), Hütteldorf (14,24) und Rudolfsheim-Fünfhaus (14,7). Die Ergebnisse der Hochrechnung innerhalb der drei Bezirke fallen jedoch am niedrigsten aus und nehmen dementsprechend die letzten Plätze in diesem Ranking ein.

Die dargestellten Ergebnisse sind jedoch mit Vorsicht zu betrachten, da es sich um Hochrechnungen handelt. Demzufolge kann und soll die Aussage nicht getroffen werden, dass beispielsweise der Bezirk Ottakring im Verhältnis zu den weiteren Bezirken die schwächste Cargobikeability besitzt.

Die im Anhang beigefügte Tabelle erlaubt jedoch eine detaillierte Analyse derjenigen Faktoren, die das Ergebnis des Cargobikeability-Index innerhalb eines Bezirkes bestimmen können. Um zu einem vollständig plausiblen Ergebnis zu gelangen, sind weitere Untersuchungen und Forschungsarbeiten erforderlich. Die Resultate der vorliegenden Untersuchung könnten jedoch Aufschluss darüber geben, welche Faktoren dazu führen, dass der hochgerechnete Cargobikeability-Indexwert in einem Bezirk niedriger ausfällt als in anderen. Beispielsweise zeigt das Ergebnis dieser Analyse, dass Ottakring vor allem bei dem Indikator „Anlageart“ und „Breite“ unterdurchschnittlich abschneidet. Diese Erkenntnis könnte den Anstoß für eine neue Forschungsrichtung geben, in der untersucht werden kann, ob die Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs und die Anlagearten im Durchschnitt tatsächlich zu schmal sind und es möglicherweise zu wenig Anlagen für den Radverkehr im 16. Gemeindebezirk gibt.

3.4. Ergebnis der GIS-Analyse

Die Analysen und Darstellungen des Cargobikeability-Index für das Wiener Straßenverkehrsnetz sollen Aufschlüsse über die Qualität der Infrastruktur für die Lastenradnutzung geben. Im Kapitel 3.3.4. werden die verschiedenen Straßensegmente nach dem Index-Wert dargestellt. Je höher der Indexwert, desto qualitativ hochwertiger ist der Straßenraum für die Lastenradnutzer:innen nach dem gewählten Bewertungsmodell. Vor allem entlang verkehrsberuhigter, lastenradfreundlicher Straßensegmente oder Straßen mit qualitativ hochwertig ausgebauten Anlagen kann ein hoher Indexwert grafisch erkannt werden. Dies sind beispielsweise Straßenabschnitte entlang des Donaukanals, der Donauinsel, der Praterallee oder entlang des Liesing Bachs, im 10. Gemeindebezirk.

Stattdessen haben Straßensegmente ohne Anlagearten, mit hohem Verkehrsvolumen, wie in etwa Bereichen der Altmannsdorferstraße, Laxenburgerstraße, oder Wienerbergstraße für die Lastenradnutzung eine eher schwache Qualität. Nichtsdestotrotz muss stets im Hinterkopf behalten werden, dass nach dem Bewertungsmodell alle Straßen, auf denen das Radfahren nicht ausdrücklich verboten ist, in die Bewertung einbezogen werden. Benutzer:innen von Lastenrädern, die breiter als 100 cm sind, dürfen keine Radfahranlagen benutzen und müssen sich die Fahrbahn mit dem motorisierten Individualverkehr teilen. Natürlich ist dahingestellt, ob Lastenradnutzer:innen, mit breiter dimensionierten Lastenrädern, Straßensegmente, die vom motorisierten Individualverkehr dominieren, freiwillig benutzen wollen. Anderenfalls muss nach dem gewählten Bewertungsmodell zudem stets die umliegende Infrastruktur in die Bewertung und Analyse miteinbezogen werden.

Das Basisnetz des Wiener Hauptradverkehrsnetzes bildet das Rückgrat für den Radverkehr in Wien und besitzt die höchste Priorität für verschiedene Maßnahmen zur Verbesserung der Anlagenqualität und Verkehrssicherheit. Das Hauptziel eines Maßnahmenkatalogs der Radoffensive 2024 in Wien ist beispielsweise der Lückenschluss im Hauptradnetz Wiens. (vgl. Mobilitätsagentur Wien, o.D)

In der Folge wird im Kapitel 3.3.4. eine Kombination des Straßennetzes gemäß dem Cargobikeability-Index mit dem Hauptradverkehrsnetz in Form einer Karte präsentiert. Die Darstellungsform dient der Veranschaulichung der Qualität der Lastenradnutzung entlang des Hauptradverkehrsnetzes. In diesem Zusammenhang können Defizite im Hauptradverkehrsnetz identifiziert werden, die auch nach dem Cargobikeability-Index eine eher schwache Cargobikeability besitzen. Im Rahmen der Radwegoffensive 2024 wurden, beziehungsweise werden jedoch ausgewählte Lücken im Straßenverkehrsnetz mit Maßnahmen für den Radverkehr verbessert. (vgl. Mobilitätsagentur Wien, o.D)

Das Kapitel 2.2. zeigt, dass die Zielgruppengröße von Lastenrädern aufgrund der hohen Anzahl an verschiedenen Modellen umfangreich ist. Es wird angenommen, dass die Nutzer:innengruppen divergente Ansichten hinsichtlich der Kriterien verfolgen, die ein Straßenraum für eine qualitativ hochwertige Lastenradnutzung erfüllen muss. Demzufolge wird im Kapitel 3.3.5. dargelegt, wie sich das Ergebnis des Cargobikeability-Index nach den verschiedenen Ansichten und Bedürfnissen der Nutzer:innengruppen differenzieren kann. Das Ergebnis veranschaulicht grafisch die Veränderung des Cargobikeability-Index nach unterschiedlichen Nutzungsansprüchen.

Mittels einer singulären Sensitivitätsanalyse, wie sie im Kapitel 3.3.3. durchgeführt wird, erfolgt eine Evaluierung der Robustheit des Bewertungsmodells. Die Ergebnisse der Analyse legen nahe, dass das Bewertungsmodell für die Zwecke dieser Forschungsarbeit als geeignet betrachtet werden kann. Dennoch sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass eine standorts- und nutzungsorientierte Umfrage und Analyse für ein robusteres und präziseres Ergebnis empfehlenswert wäre.

Der Cargobikeability-Index wird im Kapitel 3.3.6. jeweils auf die 23. Gemeindebezirke hochgerechnet. Mittels dieser Analyse kann einerseits festgestellt werden, welche Bezirke im Durchschnitt eine gute oder ausgezeichnete Qualität für die Lastenradnutzung haben. Mittels einer Hochrechnung kann zudem bestimmt werden, wie sich der durchschnittliche Indexwert zusammensetzt. Die Ergebnisse geben beispielsweise Aufschluss darüber, in welchem Bezirk die Anlagearten für das Radfahren gut und in welchen eher weniger gut ausgebaut sind. Dennoch kann dieses Ergebnis in ihrer Plausibilität schwanken, da weitere Faktoren in die Bewertung einbezogen werden müssten.

Mittels der durchgeführten Analysen kann die Behauptung aufgestellt werden, dass die gewählten Indikatoren und das Bewertungsmodell zur Bestimmung des Cargobikeability-Index für den Umfang dieser Arbeit sich gut eignen. Nichtsdestotrotz müssten für ein 100 % plausibles Ergebnis weitere Faktoren, wie beispielsweise eine standortbezogene Befragung, oder Indikatoren, die derzeit noch nicht mit einem Geoinformationssystem analysiert werden können, berücksichtigt werden.

Nichtsdestotrotz soll in den nächsten Kapiteln gezeigt werden, dass das gewählte Bewertungsmodell und die dazu verwendeten Indikatoren sich für diesen Umfang dennoch eignen. Dies soll anhand einzelner qualitativen Analysen, indem ausgewählte Straßenabschnitte nach deren Indexbewertung untersucht werden, festgestellt werden.

Die qualitative Analyse bildet den letzten Teil dieser Forschungsarbeit. Mittels einer Vor-Ort-Analyse werden potenzielle Fehlerquellen oder methodische Einschränkungen identifiziert, die unter Verwendung des Bewertungsmodells erfasst werden konnten. Des Weiteren dient die qualitative Analyse dazu, zusätzliche Erkenntnisse über die Anwendbarkeit des Bewertungsmodells gewinnen zu können.

4.2. „Landgutgasse“

Der Abschnitt der Landgutgasse liegt zwischen den Straßen Laxenburger Straße und Sonnwendgasse und befindet sich im 10. Gemeindebezirk. Entlang dieses Abschnittes ist aktuell der Bau eines beidseitigen 1-Richtungsradweg geplant. Dieser Abschnitt soll Teil des Grundnetzes des Wiener Hauptradverkehrsnetzes werden und die Streckenabschnitte Landgutgasse und Alfred-Adler-Straße miteinander verbinden. (vgl. Stadt Wien 2024-b.)

Zum aktuellen Zeitpunkt besitzt dieser Abschnitt eine gute Cargobikeability, jedoch liegt der Wert mit lediglich 11 von 21 möglichen Punkten unter dem Durchschnitt. Die 11 Punkte werden wie folgt aufgeteilt:

Anlageart für die Lastenradnutzung	0 Punkte
Breite der Fahrbahn	2 Punkte
Deckschicht des Oberbaus	3 Punkte
Steigung des Straßenabschnittes	3 Punkte
Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	2 Punkte
Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	1 Punkt
Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	0 Punkte

Tabelle 17: Bewertung der Indikatoren nach dem Bewertungsmodell, Landgutgasse 10.Bezirk; eigene Darstellung

Der Straßenabschnitt zwischen Humboldtgasse und Laxenburger Straße verfügt weder in noch gegen die Fahrtrichtung über eine Anlageart für die Lastenradnutzung. Die Deckschicht des Oberbaus wird mit drei von drei Punkten bewertet. Da, wie im Kapitel 3.2.3. dargelegt, keine Informationen darüber vorliegen, welche Deckschicht die Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs haben, kann diese Bewertung lediglich vermutet werden. Eine Vor-Ort-Analyse könnte dies belegen oder widerlegen.

In Anbetracht des eher flachen Reliefs im und um die Gegend wird dem Straßensegment 3 von 3 Punkten beim Indikator „*Steigung des Straßenabschnitts*“ vergeben. Die Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs wird mit 2 Punkten bewertet. Diese Situation lässt sich durch die Anzahl von weniger als 20.000 Fahrzeugen pro Tag interpretieren, wobei keine Anlageart für die Lastenradnutzung vorhanden ist. Das Verkehrsvolumen des Schwerverkehrs wird nach dem Bewertungsmodell jedoch als ausreichend eingeschätzt. Gemäß den Verkehrszählungsdaten

vom Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) Ges.m.b.H. - Bereich ITS Vienna Region fahren pro Stunde auf diesem Straßenabschnitt mehr als 50 Busse oder LKWs. Die erlaubte Höchstgeschwindigkeit beträgt auf dem Abschnitt 50 km/h und wäre nach der Einschätzung aufgrund des Fehlens einer Anlageart als schwach zu beurteilen.

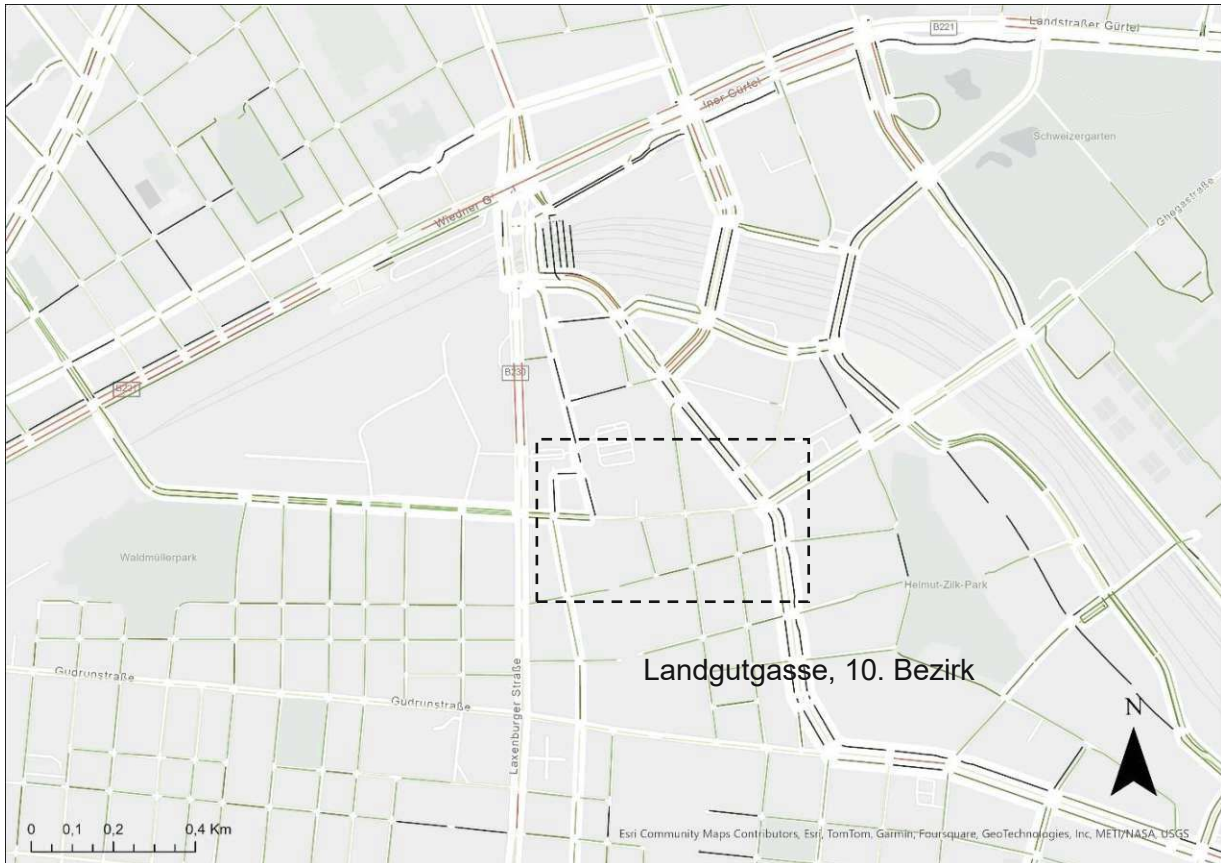


Abbildung 41: Lücke im Hauptradverkehrsnetz Landgutgasse 10. Bezirk; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung

4.2.1. Vor-Ort-Analyse Landgutgasse

Die mittels des Bewertungsmodells aufgestellten Annahmen können durch eine Vor-Ort-Analyse bestätigt werden. Die Beobachtung wurde an der Kreuzung Landgutgasse/Laxenburger Straße gestartet. Obgleich die Beobachtung außerhalb der Hauptverkehrszeit (9:30 Uhr, Dienstag) erfolgte, konnte eine signifikante Frequentierung des motorisierten Individualverkehrs festgestellt werden. Des Weiteren konnte eine signifikante



Abbildung 42: Bauarbeiten Landgutgasse 10. Bezirk; eigene Aufnahme

Verkehrsmenge des Schwerverkehrs beobachtet werden. Als Ursache hierfür kann die Erlaubnis von Ladetätigkeiten entlang der Fußgänger:innenzone Favoritenstraße werktags bis 10:30 Uhr angenommen werden, wodurch eine Zunahme der Anlieferungen von Transportern in die Straße zu verzeichnen ist. Zudem konnte beobachtet werden, dass die Fußgänger:innenzone der Favoritenstraße bereits zu diesem Zeitpunkt eine stark frequentierte Einkaufs- und Genussstraße ist. Die Favoritenstraße wies eine hohe Frequentierung durch Fußgänger:innen und Fahrradfahrer:innen auf.

In analysierten Abschnitt der Landgutgasse lassen sich hingegen weniger frequentierte Bereiche ausmachen. Lediglich ein paar nicht allzu stark frequentierte Geschäfte und Gastronomiebetriebe sind in der Straße lokalisiert.

Des Weiteren war die Landgutgasse von der Humboldtgasse bis zur Sonwendgasse aufgrund von Bauarbeiten gesperrt. Ein Hinweis auf die Dauer der Maßnahme war vorhanden, jedoch keine Informationen zu den konkreten Bau- oder Erneuerungsmaßnahmen. Es kann

jedoch angenommen werden, dass diese Bauarbeiten Teil des Lückenschlusses des Hauptradverkehrsnetzes sind.

Infolge der Sperrung wurde für den motorisierten Individualverkehr eine Umleitung eingerichtet, sodass die Zufahrt in die Landgutgasse von der Raaber-Bahn-Gasse aus möglich war. Dies ist im normalen Betrieb nicht gestattet.

Ergänzend konnte identifiziert werden, dass die zulässige Höchstgeschwindigkeit für den motorisierten Verkehr 50 km/h beträgt. Dies führt insbesondere in Bereichen, in denen auf beiden Seiten geparkt werden darf, zu einer subjektiv wahrgenommenen Beeinträchtigung der Verkehrssicherheit. Zudem konnte eine Hochrechnung der Verkehrsmenge des Kfz- und Schwerverkehrs, sowie Fahrradverkehr in

beiden Richtungen zwischen 9:30 und 10:30 Uhr erfasst werden:

- Verkehrsmenge Schwerverkehr 44/h
- Verkehrsmenge Fahrradverkehr 64/h
- Verkehrsmenge Kfz-Verkehr 216/h

Schwankungen der Verkehrsmenge in den Hauptverkehrszeiten können zweifellos nicht ausgeschlossen werden. Das Ergebnis der Zählung offenbart, dass 81 % der Verkehrsteilnehmer:innen auf den motorisierten Individualverkehr inklusive Schwerverkehr

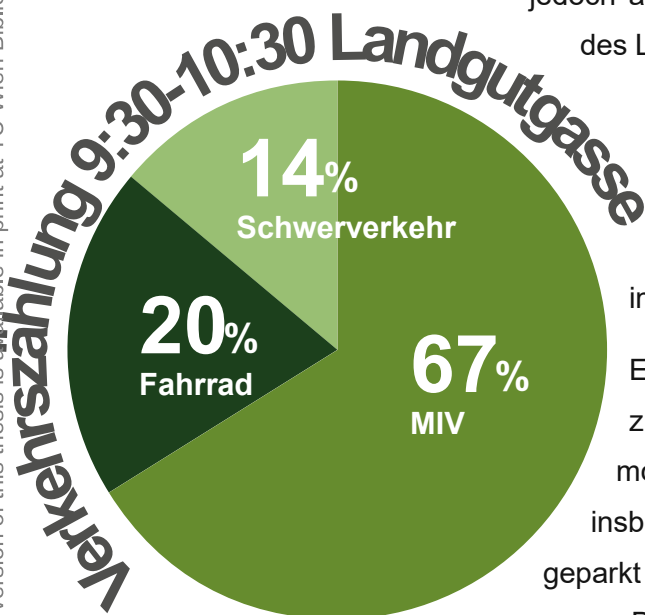
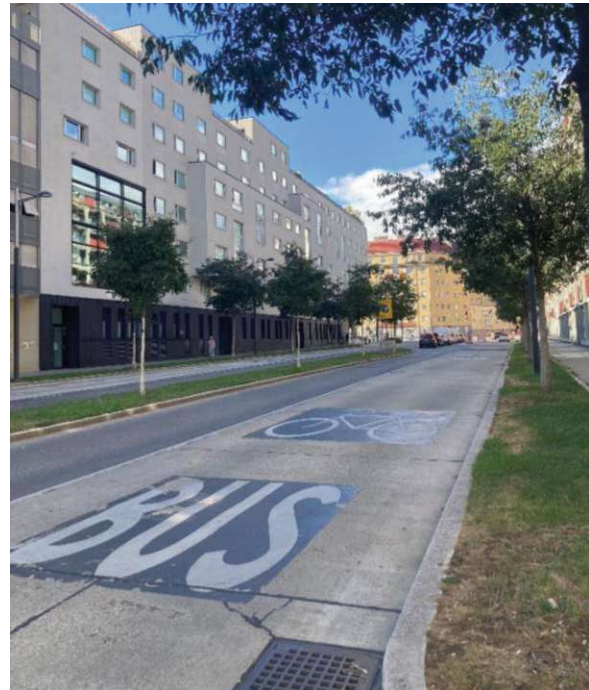


Abbildung 43: Verkehrszählung Landgutgasse; eigene Darstellung

entfallen. Demgegenüber verfügen 19 % (Radfahrer:innen) der Verkehrsteilnehmer:innen über keine eigene Fahrbahn.

Aufgrund der subjektiv wahrgenommenen hohen Verkehrsmenge und der hohen Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs, wird die Cargobikeability auf diesem Abschnitt aktuell als eher gering eingeschätzt. Des Weiteren stehen im westlichen Teil der Landgutgasse Anlagearten für Radfahrer:innen zur Verfügung. Im östlichen Abschnitt der Landgutgasse, entlang der Alfred-Adler-Straße ist das Radfahren auf der Busspur zulässig. In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass die Qualität der Lastenradnutzung auf Busspuren gemäß diesem Bewertungsmodell als eher schwach bewertet wurde. Eine Erläuterung findet sich im Kapitel 3.2.1.8.

Abbildung 44: Erlaubte Mitnutzung der Busspur durch Radfahrer:innen, Alfred-Adler-Straße 10. Bezirk; eigene Aufnahme



Bei der Vor-Ort-Analyse konnte jedoch genau das Gegenteil festgestellt werden. Die Fahrbahn der Busspur ist sehr breit und lediglich eine Buslinie mit geringer Taktung verkehrt auf diesem Abschnitt. Dies resultiert in einer „fast“ ausschließlichen Verfügbarkeit des Straßensegments für den Radverkehr. Diese Einschätzung basiert auf einer subjektiven Wahrnehmung vor Ort.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass rund um dem Sonnwendviertel die Radinfrastruktur als sehr gut ausgebaut wahrgenommen wird, solange das Lastenrad aufgrund der Breiten die Radfahranlagen befahren darf. Die qualitativ hochwertige Umgebung für die Lastenradnutzung kann auch mittels des Bewertungsmodells festgestellt werden.

Basierend auf der Vor-Ort-Analyse konnte die Angemessenheit der Gewichtung der einzelnen Indikatoren überprüft werden. Nach sorgfältiger Einschätzung erscheint die Vergabe der Punkte für die jeweiligen Indikatoren als nachvollziehbar und gerechtfertigt.

Für ein präziseres Ergebnis wäre es jedoch notwendig, die Verkehrszählung beispielsweise während der Stoßzeiten durchzuführen. Alternativ könnte eine Umfrage unter Lastenradnutzer:innen gestartet werden, um zu ermitteln, ob die Gewichtung der Breite der Fahrbahn oder die Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs tatsächlich entlang der Landgutgasse als angemessen oder problematisch empfunden wird.

Anlageart für die Lastenradnutzung	0 Punkte	„Keine spezielle Infrastruktur für Radverkehr vorhanden.“
Breite der Fahrbahn	2 Punkte	„Fahrbahnbreite ist ausreichend, jedoch durch ruhenden Verkehr nicht optimal.“
Deckschicht des Oberbaus	3 Punkte	„Asphalтиerte Fahrbahndecke vorhanden, keine Straßenbahngleise.“
Steigung des Straßenabschnittes	3 Punkte	„Keine signifikante Steigung.“
Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	2 Punkte	„Verkehrsaufkommen der Kfz außerhalb der Stoßzeiten im akzeptablen Bereich.“
Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	1 Punkt	„Relativ hohes Aufkommen an Schwerverkehr, selbst außerhalb der Stoßzeiten.“
Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	0 Punkte	„Geschwindigkeiten des Kfz-Verkehrs teilweise über den erlaubten 50 km/h, was das Fahrgefühl für Lastenradnutzer:innen beeinträchtigen kann. Ein Punkt könnte dennoch gerechtfertigt sein.“

Tabelle 18: Einschätzung der Angemessenheit der Gewichtung der Indikatoren, Landgutgasse, 10. Bezirk; eigene Darstellung

4.3. „Währinger Straße“

Die Währinger Straße zwischen Volksoper und Spitalgasse im 9. Gemeindebezirk besitzt nach dem Bewertungsmodell eine geringe Cargobikeability. Die MA 18, Stadtentwicklung und Stadtplanung, bietet auf ihrer Website die Möglichkeit, das Hauptradverkehrsnetz einzusehen. Die Darstellung erlaubt eine Unterscheidung der Straßensegmente hinsichtlich ihrer Zugehörigkeit zu den Kategorien „Basisnetz“, „Grundnetz“, „erweitertes Grundnetz“ sowie „Radwegen Niederösterreichs“. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, zwischen Bestand und Planung zu differenzieren. (vgl. MA 18, o.D.)

Der Abschnitt zwischen Volksoper und Spitalgasse ist als „in Planung“ kategorisiert und sollte Teil des Basisnetzes sein, der hierarchisch wichtigsten Kategorie im Hauptradverkehrsnetz. Die Basisroute verläuft von Schottentor entlang der Währinger Straße über den Gürtel bis zum Ende der Schulgasse. In Richtung Schottentor stehen entlang der Währinger Straße in und gegen die Fahrtrichtung die Anlageart „Mehrzweckstreifen“ für Radfahrer:innen zur Verfügung, jedoch nicht durchgehend. Im 18. Gemeindebezirk gilt entlang der Schulgasse eine fahrradfreundliche Straße. (Kategorie „Lastenradfreundliche Zone“) Die eingeschränkten Geschwindigkeiten sowie das niedrige Verkehrsaufkommen gewährleisten eine hohe Qualität für die Radnutzung. Die genannten Informationen konnten anhand der GIP-Daten identifiziert und analysiert werden.

Nach dem Bewertungsmodell sind die Straßensegmente zwischen Volksoper und Spitalgasse für die Lastenradnutzung sowohl in als auch gegen die Fahrtrichtung eher qualitativ schwach und besitzt nach der Gewichtung der Indikatoren einen Indexwert von 10 von 21 möglichen Punkte. Die Punkte setzen sich wie folgt zusammen:

Anlageart für die Lastenradnutzung	0 Punkte
Breite der Fahrbahn	1 Punkte
Deckschicht des Oberbaus	3 Punkte
Steigung des Straßenabschnittes	2 Punkte
Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	2 Punkte
Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	2 Punkt
Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	0 Punkte

Tabelle 19: Bewertung der Indikatoren nach dem Bewertungsmodell, Währinger Straße 9. Bezirk; eigene Darstellung

Innerhalb des betrachteten Streckenabschnitts sind in beide Fahrtrichtungen keine Anlagen für den Radverkehr vorhanden. Die Deckschicht des Oberbaus kann mit 3 von 3 Punkten als ausgezeichnet bewertet werden. Die Steigung hingegen ist als mittelmäßig zu bezeichnen und liegt zwischen 1 bis 4 Prozent Steigung. Des Weiteren ist die Verkehrsmenge des Pkw-Verkehrs sowie des Schwerverkehrs als durchschnittlich zu bewerten. Gemäß den Verkehrszahlen vom Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) Ges.m.b.H. - Bereich ITS Vienna Region nutzen weniger als 50 Busse und LKWs pro Stunde sowie weniger als 20.000 Fahrzeuge pro Tag die Straße. Die zulässige Höchstgeschwindigkeit beträgt 50 km/h, was angesichts der fehlenden Anlageart die Lastenradnutzung nicht fördern würde.

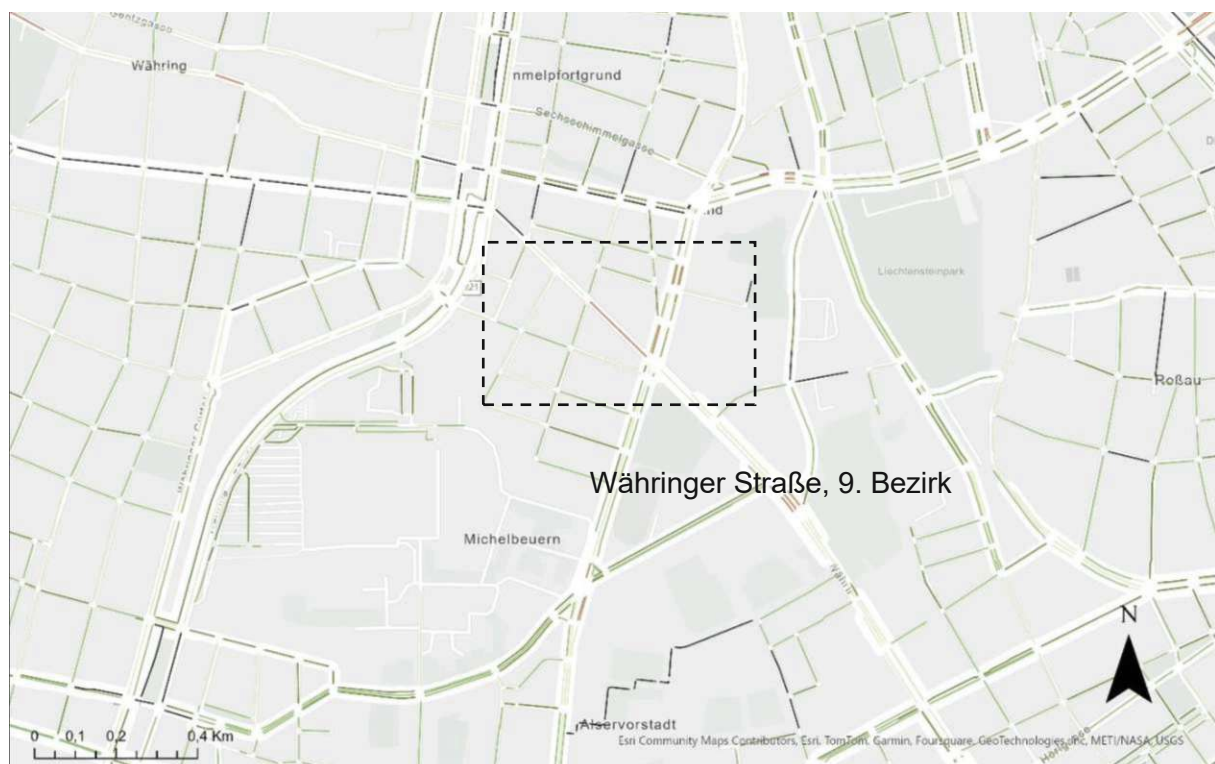


Abbildung 45: „roter Bereich“ im Hauptradverkehrsnetz Währinger Straße 9. Bezirk; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung

4.3.1. Vor-Ort-Analyse Währinger Straße

Die vor Ort durchgeführte Analyse konnte die Annahmen des Bewertungsmodells bestätigen. Im Rahmen der empirischen Erhebung wurde die Route von der Volksoper zur Spitalgasse und zurück mit dem Fahrrad zurückgelegt, wobei auf die Verwendung eines herkömmlichen Fahrrades zurückgegriffen wurde. Bei dem Selbsttest wurde ersichtlich, dass die Schienen der dort verkehrenden Straßenbahnlinien eine Barriere für die Lastenradnutzung darstellen kann. Es konnte festgestellt werden, dass der Abstand zwischen Bordsteinkante, beziehungsweise parkenden Fahrzeugen und den Schienen eine geringe Distanz aufweist. Des Weiteren ist entlang der Strecke von der Spitalgasse in Richtung Volksoper eine Steigung zu verzeichnen, welche das Radfahren auf diesem schmalen Streifen erschwert. Der Untergrund der Fahrbahn ist als gut zu werten, wobei jedoch angemerkt werden muss, dass die Schienen von den Straßenbahnen, in der Bewertung nicht berücksichtigt wurden.



Abbildung 46: Herausforderungen für einen Radfahrer beim überholt werden von der 40. Straßenbahn, Währinger Straße 9. Bezirk; eigene Aufnahme

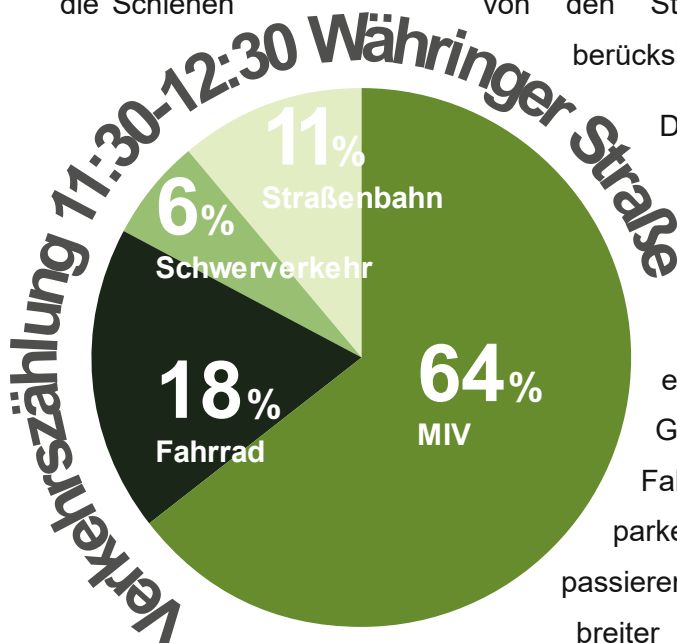


Abbildung 47: Verkehrszählung Währinger Straße; eigene Darstellung

Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass ein Überholen von Radfahrer:innen durch die Straßenbahn nicht möglich war und diese sogar durch Betätigen der Hupe auf sich aufmerksam machte. Infolge der Steigung war es der Radfahrer:in nicht möglich, eine hohe Geschwindigkeit zu erreichen. Sie stoppte ihre Fahrt und positionierte sich zwischen den parkenden Autos und ließ die Straßenbahn passieren. Es kann angenommen werden, dass für breiter dimensionierte Lastenräder diese Situation noch unangenehmer und schwieriger zu manövrieren sein kann.

Bei einer Fahrt von der Volksoper in Richtung Spitalgasse lässt sich ein ähnliches Problem beobachten. Für Radfahrer:innen besteht zu Beginn der Fahrt mehr Platz zwischen parkenden Autos und den Schienen der Straßenbahn. Allerdings erfolgt die Führung der Fahrbahn ca. 50 m vor der Spitalgasse auf die Fahrbahn der Straßenbahn. Folglich sind Fahrradfahrer:innen gezwungen, ihre Geschwindigkeit zu reduzieren und den Bereich zwischen Schiene und Bordsteinkante erneut zu nutzen. Diese Vorgehensweise birgt ein gewisses Maß an Unsicherheit.

Zusätzlich waren die Verkehrsmenge des Pkw- und Schwerverkehrs, sowie Fahrradverkehr und Straßenbahnen auf diesem Streckenabschnitt verhältnismäßig hoch. Es wurde ebenso außerhalb der Hauptverkehrszeit Montag 11:30 beobachtet. In und gegen die Fahrtrichtung wurden zwischen 11:30 und 12:30 gezählt:

- Verkehrsmenge Schwerverkehr 28/h
- Verkehrsmenge Fahrradverkehr 84/h
- Verkehrsmenge Kfz-Verkehr 296/h
- Verkehrsmenge Straßenbahn 52/h

Die durchgeführte Verkehrszählung hat ergeben, dass der motorisierte Individualverkehr einen Anteil von knapp zwei Dritteln am gesamten Verkehrsaufkommen stellt. Dennoch ist auch eine signifikante Anzahl an Radfahrer:innen auf diesem Abschnitt zu verzeichnen. In Bezug auf den genannten Zeitraum lässt sich ein Anteil von nahezu 20 % des Verkehrsaufkommens den Radfahrer:innen zuschreiben. Der hohe Anteil könnte sich aufgrund des qualitativ hochwertigen Bereichs für den Radverkehr im 18. Gemeindebezirk entlang der Schulgasse erklären, wie eine vor Ort durchgeführte Analyse zeigt. Die Währinger Straße stellt die primäre Anbindung über den Gürtel dar, sodass der 1. Bezirk vom 18. Bezirk auf diesem Weg erreicht werden kann. In umgekehrter Richtung stellt dieser Abschnitt beispielsweise für den Radverkehr von der Kreuzung Schottentor die primäre Anbindung zum Währinger Gürtel dar. Als optimale Lösung für das gerade Ausfahren auf die Währinger Straße vom Schottentor kommend stellt die Kreuzung Spitalgasse, Nußdorfer Straße, Währinger Straße dar, da das Abbiegen in die Nußdorfer Straße einen Umweg bedeuten würde. Des Weiteren ist zu bemerken, dass die Beschilderung sowohl zwischen Schulgasse und Währinger Straße als auch zwischen Währinger Straße und Kreuzung Spitalgasse/Nußdorfer Straße als unzureichend wahrgenommen wird.

Nach eigener Einschätzung kann dieser Abschnitt derzeit auf Basis der Qualität für die Rad- und Lastenradnutzung nicht zum Basisnetz des Hauptradverkehrsnetzes gezählt werden.

Wie anhand des Bewertungsmodells ersichtlich ist, weist die Radfahrinfrastruktur im Kreuzungsbereich entlang der Nußdorfer und Spitalgasse darüber hinaus eine geringe Qualität für die Lastenradnutzung auf. Eine vor Ort durchgeführte Analyse konnte dies bestätigen.

Anlageart für die Lastenradnutzung	0 Punkte	„Keine spezielle Infrastruktur für Radverkehr vorhanden.“
Breite der Fahrbahn	1 Punkte	„Die Fahrbahnbreite für Lastenradnutzer:innen ist grundsätzlich in Ordnung, jedoch wird die nutzbare Fläche durch Straßenbahngleise und ruhenden Verkehr eingeschränkt. Daher erscheint 1 Punkt gerechtfertigt.“
Deckschicht des Oberbaus	3 Punkte	„Die asphaltierte Deckschicht des Oberbaus rechtfertigt 3 von 3 Punkten, jedoch erschweren die Straßenbahngleise das Befahren für Lastenräder. Eine geringere Punktvergabe könnte hier nach eigener Einschätzung angemessen sein.“
Steigung des Straßenabschnittes	2 Punkte	„Eine Steigung ist vorhanden, aber für Fahrräder befahrbar.“
Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	2 Punkte	„Verkehrsaufkommen des Kfz außerhalb der Stoßzeiten im akzeptablen Bereich.“
Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	2 Punkt	„Verkehrsaufkommen des Schwerverkehrs außerhalb der Stoßzeiten im akzeptablen Bereich.“
Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs	0 Punkte	„Aufgrund der Steigung fährt der motorisierte Individualverkehr verhältnismäßig schneller. Das Überholt werden kann durch die eingeschränkte Fahrbahnbreite, bedingt durch den ruhenden Verkehr und die Straßenbahn, als unangenehm empfunden werden. In Kombination mit der erhöhten Geschwindigkeit erscheint eine Vergabe von 0 von 3 Punkten hier gerechtfertigt.“

Tabelle 20: Einschätzung der Angemessenheit der Gewichtung der Indikatoren, Währinger Straße, 9. Bezirk; eigene Darstellung

4.4. „Längenfeldgasse“

Des Weiteren ermöglicht das Bewertungsmodell die Identifizierung von Straßen trotz guten Gesamtindexwerts, jedoch negativer Bewertung einzelner Indikatoren. Auf einem Straßensegment kann beispielsweise ein Radweg vorhanden sein, jedoch kann dieser aufgrund einer schmalen Fahrbahnbreite mittels Lastenrad nicht befahren werden.

Als Beispiel wird der Abschnitt der Unterführung der Längenfeldgasse, Kreuzung Eichenstraße im 12. Gemeindebezirk herangezogen. Entlang der Fahrbahn verläuft ein beidseitiger Radweg sowie ein anschließender gemischter Geh- und Radweg. Die Bewertung der Straßensegmente

ergibt einen Indexwert zwischen 12,5 Punkten (Straßensegment „*Gemischter Geh- und Radweg*“) und 15 Punkten (Radweg). Das Ergebnis wäre eine gute bis sehr gute Cargobikeability entlang dieses Straßensegments. Jedoch haben Radwege gemäß dem Bewertungsmodell einen durchschnittlichen Cargobikeability-Indexwert von ungefähr 18,3 Punkten und gemischte Geh- und Radwege einen Durchschnittswert von zirka 16,5 Punkten.

Der Abschnitt konnte mittels des Bewertungsmodells lokalisiert werden. Dieser ist zudem Teil des Grundnetzes des Hauptradverkehrsnetzes der Stadt Wien und sollte eine äußerst hohe Cargobikeability besitzen.

4.4.1. Vor-Ort-Analyse Längenfeldgasse

Die Vor-Ort-Analyse wurde an einem Mittwochvormittag gegen 8:30 Uhr an der Kreuzung Längenfeldgasse/Eichenstraße durchgeführt. Auch die Befahrung der Längenfeldgasse mit dem Fahrrad fand statt.

Ab der Kreuzung Flurschützstraße sind sowohl in als auch gegen die Fahrtrichtung Nebenfahrbahnen vorhanden, die verkehrsberuhigt sind und somit eine hohe Qualität für das Radfahren bieten sollen. Die Straßensegmente ab der Eichenstraße in Richtung Klinik Favoriten weisen einen subjektiv wahrgenommenen, sehr engen gemischten Geh- und Radweg auf. Mittels einer Auswertung der GIP-Daten konnte festgestellt werden, dass die Fahrbahnbreite des gemeinsamen Geh- und Radwegs unter 2 Metern bemessen wird. Dies wäre nach den RVS nur auf kurzen Abschnitten rechtmäßig. Anderenfalls sollen gemischte Geh- und Radwege mindestens eine Fahrbahnbreite von 2 Metern haben. Je nach erlaubter Höchstgeschwindigkeit, ist eine noch größere



Abbildung 48: Unterführung Längenfeldgasse Richtung Klinik Favoriten, 12. Bezirk; eigene Aufnahme

Mindestbreite der Fahrbahn auf gemischte Geh- und Radwege erforderlich. (vgl. FSV 2013, 24) An den gemischten Geh- und Radweg knüpft ein subjektiv wahrgenommener schmaler Radweg an, welcher die Steigung hinauf in Richtung Klinik Favoriten führt. Auf der gegenüberliegenden Seite konnte ein ähnlicher Aufbau der Straßensegmente festgestellt werden. Des Weiteren sind, wie in Abbildung 50 ersichtlich, weitere Hindernisse vorhanden, welche insbesondere eine Unfallgefahr für Lastenräder bergen könnten. Zudem ist zu berücksichtigen, dass das hohe Verkehrsaufkommen des motorisierten Individualverkehrs die Strecke unattraktiv für das Radfahren erscheinen lässt. In und gegen Richtung Eichenstraße

und Favoriten Klinik konnten zudem folgende, auf eine Stunde hochgerechnete, Zählungen ermittelt werden:

Verkehrszählung 8:30-9:30 Unterführung, Längenfeldgasse 12. Bezirk, Mittwochs		
Eichenstraße Richtung Favoriten	Fußgänger:innen	32/h
Klinik	Radfahrer:innen	28/h
Favoriten Klinik Richtung Eichenstraße	Fußgänger:innen	16/h
	Radfahrer:innen	20/h

Tabelle 21: Verkehrszählung Längenfeldgasse 12, Bezirk, eigene Darstellung

Es sei darauf hingewiesen, dass die Zählung außerhalb der Hauptverkehrszeit durchgeführt wurde. Folglich können andere Zahlen in der Hauptverkehrszeit erfasst werden.



Abbildung 49 und Abbildung 50: Führungsverläufe Unterführung Längenfeldgasse, 12. Bezirk; eigene Aufnahme

Gemäß Meschik kann eine gemeinsame Führung des Geh- und Radweges empfohlen werden, sofern weniger als 30 Fußgänger:innen und 18 Radfahrer:innen innerhalb von fünf Minuten ein Straßensegment nutzen. Allerdings birgt eine gemeinsame Führung von Geh- und Radwegen ein gewisses Unfallrisiko. In Bezug auf die genannten Kriterien lässt sich festhalten, dass vor allem auf schmalen Fahrbahnbreiten, bei einer hohen Verkehrsmenge des des motorisierten Individualverkehrs sowie einer hohen zulässigen Höchstgeschwindigkeit entlang des Straßenabschnittes das Wohlbefinden von Lastenradfahrer:innen beeinträchtigt sein könnte. (vgl. Meschik 2008, 87) Basierend auf einer eigenen Schätzung und Zählung lässt sich

ableiten, dass eine gemeinsam geführte Variante möglicherweise eine empfehlenswerte Lösung darstellen könnte, um eine ausreichende Qualität für die Lastenradnutzung an diesem Abschnitt zu gewährleisten. Allerdings wäre eine deutlich bessere Führung sowie eine qualitative Aufwertung der Fahrbahn für den Fuß- und Radverkehr erforderlich. In erster Linie ist dieser Abschnitt Teil des hierarchisch bedeutsamen Grundnetzes des Wiener Hauptradverkehrsnetzes. Des Weiteren könnten die Kurvenradien oder die plötzliche gemeinsame Führung des Fuß- und Radverkehrs, wie anhand Abbildung 49 erkennbar ist, die Qualität für die Lastenradnutzung beeinträchtigen.

Das Beispiel der Längenfeldgasse-Unterführung in Richtung Klinik Favoriten veranschaulicht die Möglichkeit der Selektion und Darstellung verschiedener Indikatoren mittels des Bewertungsmodells. Anhand dieses Beispiels soll demonstriert werden, dass das Modell ebenfalls in der Lage ist, Straßensegmente gemäß der Relevanz des gewählten Indikators darzustellen.

4.5. Ergebnisse des Bewertungsmodells

Die Methodik zur Erstellung des Cargobikeability-Index sowie die Vorgehensweise bei dessen Berechnung wurden in den vorherigen Kapiteln dargelegt. Im ersten Schritt erfolgte die Gewichtung und Addition der Indikatoren, wie sie im Kapitel 3.2. beschrieben wurden, um einen Indexwert für jedes Straßensegment Wiens zu erhalten. Die Berechnung wurde unter Anwendung verschiedener Formeln in Excel durchgeführt. Die Resultate der nachfolgenden Berechnungen wurden mittels der Funktion „Add Join“ in das Programm „ArcGIS Pro“ importiert und visualisiert. Die Darstellungsform wurde gemäß dem in Kapitel 3.3.2. beschriebenen Schema modifiziert. Zudem wurde mittels einer singulären Sensitivitätsanalyse belegt, dass sich das Bewertungsmodell für die vorliegenden Forschungsarbeit aufgrund einer adäquaten Robustheit eignet. Punktuelle Veränderungen der Indikatoren können das Ergebnis beeinflussen, wobei diese Abweichungen für die vorliegende Untersuchung als tolerierbar erachtet werden. Dennoch sei an dieser Stelle darauf verwiesen, dass eine in Wien durchgeführte Studie zur Evaluierung derjenigen Indikatoren, welche für Lastenradfahrer:innen von Relevanz sind, für plausiblere Ergebnisse oder weitere Forschungsarbeiten empfehlenswert wäre.

Die Analyse der Karten zeigt, dass das Wiener Straßennetz im Allgemeinen eine relativ gute Qualität für die Lastenradnutzung besitzt. Dennoch werden vor allem in einigen äußeren

Wiener Gemeindebezirken, Straßensegmente identifiziert, die gemäß dem Bewertungsmodell eine zufriedenstellende Cargobikeability haben.

Im weiteren Verlauf der Forschungsarbeit erfolgte eine Gewichtung des Cargobikeability-Index für verschiedene Nutzer:innengruppen. Die Resultate, welche nach unterschiedlichen Zielgruppen differenziert wurden, weisen zum Teil signifikante Unterschiede auf. Die dargestellten Ergebnisse sind insofern von Bedeutung, da sie auf die potenziellen Schwächen des Bewertungsmodells und der gewählten Berechnungsmethode verweisen.

Im nachfolgenden Kapitel werden die Indexwerte der Straßensegmente auf Bezirksebene hochgerechnet. Diese Vorgehensweise ermöglicht die Identifikation von Bezirken mit einer ausgezeichneten oder guten Qualität für die Lastenradnutzung sowie die Analyse der Ursachen für die Unterschiede in der Bewertung. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich um eine Hochrechnung handelt, deren Ergebnisse mit der gebotenen Vorsicht zu interpretieren sind.

Im nachfolgenden Kapitel erfolgt eine qualitative Analyse ausgewählter Straßensegmente. Mittels einer Vor-Ort-Analyse wurde überprüft, ob die Gewichtungen der gewählten Indikatoren zutreffend sind. Die Ergebnisse der Analyse zeigen, dass die ermittelten Cargobikeability-Indexwerte und die Gewichtungen der einzelnen Indikatoren für die untersuchten Straßensegmente als angemessen zu betrachten sind. Des Weiteren wird hervorgebracht, dass mithilfe des Bewertungsmodells, Bereiche entlang des Hauptradverkehrsnetzes Wiens identifiziert werden können, die trotz vermeintlichen guten Ausbau für den Radverkehr, für Lastenradfahrer:innen nach dem Bewertungsmodell, schwer zu befahren sind.

5. Einschränkungen der Forschungsarbeit

Durch den Einsatz des Bewertungsmodells, konnten die zuvor formulierten Forschungsfrage und Unterfragen beantwortet werden. Wie bereits im Kapitel 1.2. festgelegt, sollten auf folgende Fragen im Verlauf der Arbeit eine Antwort gegeben werden.

- Welche technischen und subjektiv wahrgenommenen Faktoren beeinflussen die Qualität des Wiener Straßennetzes für die Lastenradnutzung?
 - Auf welche Weise kann die Entwicklung einer standardisierten Methode zur Berechnung der Cargobikeability mithilfe eines GIS-Programms erfolgen?
 - Wie kann der Cargobikeability Index adäquat visualisiert werden und wie erfolgt eine qualitative Bewertung von Straßensegmenten unterschiedlicher Qualität?
 - Inwiefern sind Analysen und Berechnungen mit den zur Verfügung gestellten Daten möglich, und in welchem Umfang können potenzielle Fehler im Bewertungsmodell vorweggenommen werden?

Die technischen und subjektiv wahrgenommenen Faktoren, die die Qualität für die Lastenradnutzung beeinflussen können, wurden im Kapitel 3.1. und 3.2. ausführlicher behandelt. Die Beantwortung dieser Frage erfolgt durch die Definition und Gewichtung verschiedener Indikatoren.

Im Anschluss an die Gewichtung der Indikatoren wurde der Cargobikeability-Index mittels eines Geoinformationssystems visualisiert. Die Darstellung erfolgte nach dem Schema von Winters et al. (Kapitel 2.5.2.).

Im Verlauf dieser Forschungsarbeit konnten zudem Einschränkungen erkannt werden. Solche Limitierungen sind vor allem in den Datenquellen, dem Bewertungsmodell und der methodischen Vorgehensweise zu erkennen. Aufgrund des frühen Entwicklungsstandes zum Thema „Cargobikeability-Index“ finden sich Defizite in der Datenverfügbarkeit. Ziel fortführender Forschungsarbeiten könnten demzufolge, neue Erkenntnisse zu diesem Thema zu eruieren. Infolgedessen werden im fortführenden Kapitel sämtliche Limitierungen und Einschränkungen dieser Arbeit beschrieben.

5.1. Limitierung der Daten zur Bestimmung des Cargobikeability-Index

Im Laufe dieser Forschungsarbeit konnten allgemeine Fehler und Grenzen der Datenverfügbarkeit erkannt werden. Aufgrund der Tatsache, dass ein Geoinformationssystem zur Darstellung des Cargobikeability-Index verwendet wurde, konnten lediglich Indikatoren für die Analyse verwendet werden, die visualisierbar und kalkulierbar sind. Eine Untersuchung der Radlobby Österreich belegt beispielsweise, dass Fahrradfahrer:innen in Wien den Punkt „*Ampelschaltungen*“ bemängeln. Die Ampelschaltungen seien schlecht auf die Bedürfnisse der Radfahrer:innen abgestimmt. (vgl. Radlobby Österreich o. D.-a, 6) Dieser Aspekt scheint wichtig für den Radverkehr zu sein, jedoch kann dieser nicht mittels der zur Verfügung gestellten Daten berücksichtigt werden. Infolgedessen würde man weitere themenbezogene und detailliertere Forschungsarbeiten zum Thema „*Ampelschaltungen*“ in Wien benötigen, um der Frage nachgehen zu können, inwieweit dieser Aspekt Einfluss auf die Cargobikeability eines Straßensegments hätte.

Aus der Forschungsarbeit von Liu et al. geht zudem hervor, dass der ruhende Verkehr einen potenziellen Einfluss auf die Cargobikeability haben kann (vgl. Liu et al. 2020, 953). Parkende Pkws entlang von Anlagearten können Unfälle verursachen. Die Gefahr des „*Dooring*“ beim Passieren parkender Fahrzeuge besteht darin, dass Insass:innen Radfahrer:innen übersehen und die Fahrzeurtür unerwartet öffnen (vgl. Sawitzky 2022, 1f.). Schäfer et al. (2021) berichtet zudem, dass Poller entlang von Radinfrastrukturen zum Teil von Lastenradfahrer:innen als Barriere wahrgenommen werden (vgl. Schäfer et al. 2021, 27).

Diese Indikatoren könnten mittels eines Geoinformationssystems dargestellt werden, jedoch wäre eine Verknüpfung dieser Daten mit dem Bewertungsmodell mit einem hohen Aufwand verbunden. Einerseits müssten zum Beispiel die Parkflächen nach den unterschiedlichen Arten der Fahrzeugaufstellung (Längs-, Schräg-, Senkrechtparkordnung) differenziert werden. Die Gefahr des „*Dooring*“ wäre bei längsparkendem motorisiertem Individualverkehr deutlich höher gegeben als bei senkrecht parkenden Fahrzeugen. Andererseits müssten diese Daten mit dem vorhandenen Infrastrukturnetz kombiniert werden, was eine große Herausforderung darstellen kann.

Des Weiteren erfolgte die Auswahl der Indikatoren auf Basis einer sorgfältigen Evaluierung unterschiedlicher Forschungsarbeiten. Aufgrund des frühen Forschungsstands zum Thema „*lastenradfreundliche Infrastruktur*“, besteht jedoch die Möglichkeit, dass Aspekte, die für die Cargobikeability einer Straße wichtig sind und mithilfe des Geoinformationssystems darstellbar wären, im Bewertungsmodell unberücksichtigt bleiben. Zudem wurde für die Gewichtung der

Indikatoren teilweise auf bestehende Ansätze zur Bestimmung fahrradfreundlicher Infrastrukturen zurückgegriffen. Die Gewichtung des Indikators „*Steigung des Straßenabschnittes*“ basiert auf Forschungen zu Themen, die die Auswirkungen von Steigungen auf herkömmliche Fahrräder behandeln (vgl. Hwang et al. 2022:3). Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass Lastenradnutzer:innen bereits Straßen mit geringeren Steigungsraten umfahren würden.

Wie bereits in Kapitel 3.3. dargelegt, kann nicht unterschieden werden, in welcher Fahrtrichtung eines Segments die Cargobikeability vorliegt. Eine differenzierte Bewertung von Straßen, die keine Anlageart für die Lastenradnutzung in einer Fahrtrichtung, jedoch über einen Radweg in Gegenrichtung verfügen, ist nicht möglich. Die Cargobikeability einer Straße wird folglich lediglich nach der „*besseren*“ Anlageart bewertet, wobei die Qualitätsunterschiede zwischen den Fahrtrichtungen einer Straße unberücksichtigt bleiben.

5.2. Limitierung der methodischen Vorgehensweise

Aufgrund des frühen Forschungsstands zum Thema „*Cargobikeability*“ wurden zur Berechnung des Index die Ansätze von Winters et al. verwendet. In dieser Forschung wird der „*Bikeability-Index*“ für eine Region berechnet und ist folglich mit dem Thema der vorliegenden Diplomarbeit vergleichbar. Nichtsdestotrotz wurden keine weiteren Berechnungsansätze von anderen Forschungsarbeiten analysiert. Demzufolge konnte im Rahmen dieser Forschungsarbeit nicht festgestellt werden, ob andersartige Bewertungsmodelle für die Bestimmung der Cargobikeability Wiens geeigneter wären.

Zudem erfolgte im Rahmen dieser Arbeit keine ausführlichere Behandlung der Frage, welche Wiener Gemeindebezirke eine Verbesserung der Radinfrastruktur benötigen würden. Eine Hochrechnung, wie sie im Kapitel 3.3.6. durchgeführt wurde, ist zudem mit einer gewissen Fehleranfälligkeit behaftet und sollte daher mit der gebotenen Vorsicht interpretiert werden. Demzufolge wäre der Bedarf gegeben, den Berechnungsansatz zur Bestimmung der Cargobikeability auf Bezirksebene anzupassen, um ein plausibleres Ergebnis erhalten zu können.

Eine ähnliche Limitierung konnte bei der Bestimmung des Cargobikeability-Index für unterschiedliche Nutzer:innen festgestellt werden. Es wurde versucht, den Indexwert an die Bedürfnisse der Zielgruppen anzupassen, indem der Berechnungsansatz danach modifiziert wurde. Der Berechnungsansatz wurde aufgrund fehlender Datenquellen selbst erstellt und somit können Fehler nicht ausgeschlossen werden.

Des Weiteren wurden mittels Vor-Ort-Analysen unter anderem die Validität des Bewertungsmodells geprüft. Einerseits konnten neue Erkenntnisse erlangt werden, die im Berechnungsansatz nicht berücksichtigt wurden, andererseits konnte die Eignung der Gewichtung der einzelnen Indikatoren bestätigt werden. Jedoch wurden die Vor-Ort-Analysen außerhalb der Stoßzeiten durchgeführt und lediglich subjektiv wahrgenommene Aspekte dokumentiert. Standortbezogene Befragungen, oder tiefergehende Recherche zu den ausgewählten Straßensegmente, könnte ein detaillierteres Ergebnis hervorrufen und weitere Ergebnisse liefern.

5.3. Limitierung der Indikatoren

Im Rahmen der Recherche wurden Einschränkungen bei den sieben Indikatoren festgestellt. Eine Aufschlüsselung nach Indikatoren erfolgt separat.

5.3.1. Limitierung „Anlageart für die Lastenradnutzung“

In Bezug auf den Indikator „Anlageart für die Lastenradnutzung“ ist zu berücksichtigen, dass bislang keine Informationen existieren, welcher Typ von Anlage am attraktivsten für die Lastenradnutzung ist. Aufgrund verschiedener Lastenradmodelle und unterschiedlichen Nutzer:innengruppen können sich die Ansichten scheiden. Infolgedessen wurde davon ausgegangen, dass Anlagearten, die physisch von weiteren Verkehrsteilnehmer:innen getrennt sind, die höchste Qualität für die Lastenradnutzung haben. Zudem wird eine gemeinsame Nutzung der Fahrbahn mit Fußgänger:innen oder Radfahrer:innen positiver bewertet als eine gemeinsame Führung der Fahrbahn mit dem motorisierten Individualverkehr.

Diese Annahme könnte dennoch falsch sein, da Lastenradnutzer:innen unter Umständen die Fahrbahn des motorisierten Individualverkehrs bevorzugen. Dies kann darin liegen, dass Lastenräder im Vergleich zu herkömmlichen Fahrrädern eine eingeschränkte Wendigkeit haben. (vgl. Ghebrezgiabier et al. 2018, 10f.) Fußgänger:innen können möglicherweise unerwartete Bewegungen ausführen, die potenziell zu Kollisionen führen können. Zudem könnte bei Fußgänger:innen der Eindruck entstehen, dass ein gemischter Geh- und Radweg primär ihnen zusteht, was das sichere Passieren von Lastenradnutzer:innen erschweren könnte.

Darüber hinaus wurde die Nutzung der Busspur mittels des Lastenrades gemäß dem Bewertungsmodell als suboptimal bewertet. Weitere Quellen sowie in einer Vor-Ort-Analyse deuten darauf hin, dass die Nutzung des Lastenrades auf der Busspur, insbesondere bei

geringem Verkehr, eine signifikant höhere Relevanz haben könnte, als es im Bewertungsmodell ursprünglich berücksichtigt wurde.

5.3.2. Limitierung „Breite der Fahrbahn“

Für den Indikator „*Breite der Fahrbahn*“ wurden die Referenzmaße aus den (RVS) Richtlinien und Vorschriften des Straßenwesens verwendet. Da die Bemessungen für verschiedene Radfahranlagen auf die Lastenradnutzung ausgerichtet sind, können die Gewichtungen dieses Indikators straßenbautechnisch bestätigt werden. Allerdings basieren die Gewichtungen der Fahrbahnbreiten für den motorisierten Individualverkehr auf Standardbemessungen, deren Eignung für die Lastenradnutzung nicht vollständig wissenschaftlich validiert ist. Gleiches gilt für die Breiten von Fahrspuren, die für den Busverkehr vorgesehen sind. (vgl. FSV 2013, 23)

Darüber hinaus wird angenommen, dass die Breiten der Fahrbahn von „*Verkehrsberuhigten*“ oder „*Lastenradfreundlichen*“ Zonen bereits in einem für Lastenräder geeigneten Zustand sind, weshalb ihnen im Bewertungsmodell die Höchstpunktzahl von 3 Punkten zugewiesen wird. Diese Annahme könnte jedoch ebenfalls einer genaueren Überprüfung bedürfen, da sie nicht zwangsläufig der Realität entspricht.

Hinzukommend ist die Qualität von bestimmten Fahrbahnbreiten, wie etwa jene, auf denen das Radfahren gegen die Einbahn erlaubt ist, abhängig von der Verkehrsmenge. Beispielsweise erfordert eine höhere Verkehrsmenge vom Schwerverkehr breitere Fahrbahnen, um sowohl die Sicherheit als auch den Komfort für Lastenradnutzer:innen zu gewährleisten. Zudem können Geschwindigkeitsbegrenzungen einen maßgeblichen Einfluss auf die erforderliche Breite von Anlagearten für das Radfahren haben. (vgl. FSV 2013, 46f.) Diese Faktoren werden jedoch in der Gewichtung dieses Indikators nicht berücksichtigt. Eine Kombination dieser Faktoren im Bewertungsmodell wäre theoretisch möglich, jedoch würde dies einen erheblichen methodischen und datentechnischen Aufwand erfordern.

5.3.3. Limitierung „Steigung des Straßenabschnittes“

Wie bereits im Kapitel 3.2.4 ausgeführt, kann zur Ermittlung des Cargobikeability-Index lediglich der vorhandene Längsneigungswinkel der Straße erfasst werden, während die Fragestellung, ob Lastenradnutzer:innen bergauf oder bergab fahren müssen, unberücksichtigt bleibt. In der Literatur wird beschrieben, dass das Bergabfahren bei Lastenradfahrer:innen dennoch die Cargobikeability beeinträchtigen kann. Dies ist darauf zurückzuführen, dass aufgrund der Breite und des Gewichts von Lastenrädern höhere Kräfte wirken und folglich der Bremsweg verlängert wird. (vgl. Schmid-Querg et al. 2021, 4 ff.)

In der vorliegenden Forschungsarbeit wird dem Bergauf- und Bergabfahren eine gleichwertige Gewichtung vergeben. Als Folge dessen wird dieser Indikator trotz eines möglichen Gefälles, das potenziell als vorteilhaft angesehen werden könnte, mit 0 Punkten bewertet.

Hinsichtlich des Indikators „*Steigung des Straßenabschnittes*“ waren, wie im Kapitel 3.2.4. beschrieben, eigenständige Berechnungen mittels „*ArcGIS Pro*“ erforderlich. Ein Schritt war beispielsweise, das Infrastrukturnetz in einzelne Straßensegmente zu unterteilen, um die Längsneigung berechnen zu können.

Aufgrund der Unterteilung von Straßensegmente werden beispielsweise Straßen entlang von Brücken als suboptimal bewertet, wenn auf einem kurzen Abschnitt ein hoher Längsneigungswinkel vorliegt, während auf der gesamten Strecke keine derart ausgeprägte Steigung gegeben wäre. Um den exakten Neigungswinkel zu bestimmen, wäre es notwendig, die Länge des Abschnitts in Relation zur Längsneigung zu setzen.

5.3.4. Deckschicht des Oberbaus

Die Gewichtung der Straßensegmente für den Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ erfolgt nach den Kategorien „*Befestigt*“, „*Unbefestigt*“, „*Pflaster*“, „*Gelände*“ und „*Unbekannt*“. Für Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs liegen jedoch keine entsprechenden Informationen vor, beziehungsweise wurden diese mittels dieser Forschungsarbeit nicht erkannt. Aufgrund dessen wurde für die Berechnung angenommen, dass Straßen des motorisierten Individualverkehrs als befestigt klassifiziert werden und für die Gewichtung 3 Punkte erhalten. Diese Annahme kann im Regelfall als korrekt betrachtet werden, dennoch werden für eine ausführlichere Analyse Informationen zu der Deckschicht der Fahrbahnen des motorisierten Individualverkehrs benötigt. Grund dafür ist unter anderem das Ergebnis der singulären Sensitivitätsanalyse. Das Resultat verdeutlicht, dass der Indikator „*Deckschicht des Oberbaus*“ auf Veränderungen sehr sensibel reagiert.

Zusätzlich werden bei der Berechnung weitere Faktoren nicht berücksichtigt, obgleich diese einen potenziellen Einfluss auf die Cargobikeability haben. Die Vor-Ort-Analyse hat ergeben, dass Straßen mit Schienen von Straßenbahnlinien eine suboptimale Qualität für die Lastenradnutzung aufweisen. Zum einen besteht die Gefahr, dass Lastenräder in die Schienen geraten, während zum anderen das Bremsen auf den Schienen, aufgrund der ausgeprägten Rutschgefahr, Risiken bergen kann. Eine ähnliche Problematik kann auch bei befestigten Oberflächen auftreten, sofern diese nicht über die erforderliche Rutschfestigkeit für Radfahrer:innen verfügen.

Des Weiteren kann der Zustand der Fahrbahn eine wesentliche Rolle für die Lastenradnutzer:innen spielen. Nach dem Bewertungsmodell haben befestigte Fahrbahnen eine hohe Qualität, jedoch könnte diese aufgrund von Fahrbahnschäden oder Unebenheiten darunter leiden.

5.3.5. Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs

Die zur Verfügung gestellten Daten zum Thema „*Geschwindigkeit des motorisierten Individualverkehrs*“ erlauben keine klare Aussage darüber, ob und gegebenenfalls in welcher Richtung eine bestimmte Geschwindigkeit auf einem Straßensegment zulässig ist. Sollte in den verschiedenen Richtungen eine divergierende Höchstgeschwindigkeit gelten, wird dem Straßensegment die Gewichtung der höheren zulässigen Höchstgeschwindigkeit zugewiesen. In diesem Fall resultiert dies in einer geringeren Bewertung des Straßensegments.

Aufgrund der Tatsache, dass die Verkehrsgeschwindigkeit von zahlreichen Faktoren, wie beispielsweise der Verkehrsmenge, abhängig ist, beruhen die Gewichtungen teilweise auf Annahmen. Es besteht die Möglichkeit, dass Ungenauigkeiten dieser auftreten können.

5.3.6. Verkehrsmenge des Kfz- und Schwerverkehrs

Es wurde vom Verkehrsverbund Ost-Region (VOR) Ges.m.b.H. - Bereich ITS Vienna Region darüber informiert, dass die Daten insbesondere auf niederrangigen Straßensegmenten fehlerbehaftet sein können und zum Teil auf Annahmen beziehungsweise Prognosen basieren. In Konsequenz dessen können sich die Verkehrsmengen der Daten zu den Realwerten unterscheiden.

Des Weiteren basieren die Gewichtungen der Indikatoren „*Verkehrsmenge des Pkw-Verkehrs*“ „*Verkehrsmenge des Schwerverkehrs*“ teilweise auf Annahmen. Obgleich Quellen vorliegen, ist nicht bekannt, ab welcher Verkehrsmenge eine Straße von Lastenradnutzer:innen vorzugsweise umfahren wird. Folglich können die Annahmen fehlerbehaftet sein, sodass für weitere Forschungen eine standortbezogene Erhebung empfohlen wird.

Zudem wären vor allem auf gemischt geführte Anlagen, wie beispielsweise gemischte Geh- und Radwegen, essenziell, die Verkehrsmenge von Fußgänger:innen und Radfahrer:innen zu kennen. Gemäß den RVS ist die Wahl für oder gegen einen gemischten Geh- und Radweg von der Verkehrsmenge der aktiven Mobilität abhängig. (vgl. FSV 2013, 33)

6. Schluss und Ausblicke

Das abschließende Kapitel dieser Forschungsarbeit behandelt das Thema der letzte Unterfrage der Forschungsfrage.

Inwiefern sind Analysen und Berechnungen mit den zur Verfügung gestellten Daten möglich, und in welchem Umfang können potenzielle Fehler im Bewertungsmodell vorweggenommen werden?

Im Verlauf der Bearbeitung dieser Forschungsarbeit konnten Limitierungen des Bewertungsmodells, der Indikatoren und der Datenverfügbarkeit identifiziert werden. Nichtsdestotrotz war es im Rahmen dieser Arbeit möglich, einschließlich der besagten Einschränkungen, Indikatoren zu bestimmen, zu gewichten und diese in einem Bewertungsmodell zu visualisieren. Das Ergebnis des Bewertungsmodells lässt Rückschlüsse auf die Cargobikeability Wiens zu. Darüber hinaus wurde versucht, die Indikatoren nach den Präferenzen unterschiedlicher Nutzer:innengruppen zu gewichten und einen Indexwert je Gemeindebezirk zu berechnen. Über Vor-Ort-Analysen konnten zudem Aspekte identifiziert werden, die im Bewertungsmodell nicht berücksichtigt wurden. Es wurde beispielsweise wahrgenommen, dass der Gewichtungsfaktor von Busspuren, auf denen das Radfahren erlaubt ist, für die Bestimmung des Cargobikeability-Index unpassend gewählt wurde. Mittels der Vor-Ort-Analyse konnte eruiert werden, dass die Busspuren für die Lastenradnutzung eine hohe Cargobikeability darstellen können. Für die Berechnung des Cargobikeability-Index wurde jedoch vom Gegenteil ausgegangen. Etwaige Fehler und Einschränkungen dieser Arbeit wurden im Abschluss der Analyse behandelt. Dies soll unter anderem die Grundlage für weiterführende Forschungsarbeiten legen.

Ausblicke für weiterführende Forschungsarbeiten

Standortbezogene Umfrage zur Analyse der Lastenradnutzung

Insbesondere für Forscher:innen im Bereich der Verkehrsplanung könnte es von großem Interesse sein, die genauen Beweggründe für oder gegen die Lastenradnutzung zu kennen. Eine standortbezogene Umfrage mit Lastenradnutzer:innen könnte wichtige Erkenntnisse zu diesen Gründen liefern. Einerseits könnte eruiert werden, ob die verwendeten Indikatoren zur Bestimmung der Cargobikeability tatsächlich entscheidend für oder gegen die Lastenradnutzung sind, oder ob anderweitige Aspekte, die in dieser Arbeit nicht berücksichtigt wurden, einen bedeutenderen Einfluss darauf haben.

Erweiterte Untersuchung der Cargobikeability und differenzierte Analyse von Nutzer:innen

Des Weiteren wurde im Umfang dieser Forschungsarbeit auf verschiedene Lastenradmodelle lediglich im Kapitel 3.3.5. kurz eingegangen. Es wurde versucht, das Bewertungsmodell nach den Bedürfnissen von drei bestimmten Nutzer:innengruppen zu modifizieren. In diesem Zusammenhang wurden unter anderem die Anforderungen an die Infrastruktur von Fahrradkurieren analysiert, die einspurige und mehrspurige Lastenräder verwenden. Es wurde eine Differenzierung nach den Modellen durchgeführt, wobei die Indikatoren in Abhängigkeit von den jeweils zugrunde liegenden Ansprüchen unterschiedlich gewichtet wurden. Aufgrund der zahlreichen Lastenradmodelle wäre es für weiterführende Forschungsarbeiten interessant, eine umfassendere Studie zum Thema Cargobikeability nach verschiedenen Modellen vorzunehmen. Zudem wäre eine ergänzende Analyse zu weiteren Nutzer:innengruppen für das Thema Cargobikeability zweifellos von Relevanz.

Potenziale alternativer Ansätze zur Bestimmung der Cargobikeability

Eine weiterführende Untersuchung könnte zudem eine kritische Hinterfragung des Bewertungsmodells erforderlich machen. Aufgrund des frühen Forschungsstands wurde mit Ansätzen zur Bestimmung eines „*Bikeability-Index*“ gearbeitet. In Folge der spezifischen Modelle und Konstruktionsarten von Lastenrädern könnten durch die Nutzung eines alternativen Bewertungsmodells weitere Aspekte integriert werden, die mit dem verwendeten Modell nicht berücksichtigt wurden. Wie bereits erwähnt, konnten aus verschiedenen Forschungen Erkenntnisse erlangt werden, dass Indikatoren, die mittels des Geoinformationssystems nicht darstellbar sind, jedoch für die Cargobikeability, wichtig wären zu kennen.

Vereinfachung der Datennutzung und Anpassbarkeit für zukünftige Anwendungen

Darüber hinaus ist das Bewertungsmodell in seiner aktuellen Form nicht benutzerfreundlich. Die Komplexität der verwendeten Daten erschwert beispielsweise die Aktualisierung der Indexwerte bei neuen Infrastrukturprojekten erheblich. Zudem wäre es beispielsweise wünschenswert, die Gewichtung der Indikatoren je nach ihrer Relevanz flexibler anpassen zu können. Diese Möglichkeit wurde bereits in Kapitel 3.3.5. im Zusammenhang mit verschiedenen Nutzer:innen angedacht, erforderte jedoch einen erheblichen Arbeitsaufwand.

Eine benutzerfreundlichere Oberfläche, die auch Laien den Zugang erleichtert, wäre ein weiterer Ansatz für zukünftige Forschungen.

Kernziele weiterführender Untersuchungen

Erweiterung des Bewertungsmodells für eine breitere Forschungsbasis

Eines der Kernziele weiterführender Untersuchungen könnte sein, die Benutzerfreundlichkeit des Bewertungsmodells zu verbessern. Zum Zeitpunkt dieser Forschungsarbeit sind beispielsweise Anpassungen des Modells mittels „ArcGIS Pro“ sehr kompliziert und umständlich. Eine Justierung der Oberfläche würde es ermöglichen, dass der Umfang an Benutzer:innengruppen dieses Modells erweitert werden könnte. Infolgedessen könnten mehrere Forschungen zeitgleich zu diesem Thema mit dem Modell durchgeführt werden und so neue Kenntnisse gewonnen werden.

Optimierung der Radinfrastruktur für Lastenräder in Wien

Darüber hinaus wäre das Ziel, diese gewonnenen Erkenntnisse der Stadt Wien bereitzustellen. Unter Verwendung von den Resultaten weiterführender, detaillierteren Forschungsarbeiten können diese in Planungsstrategien miteinbezogen werden. Einerseits könnten Straßen im Hauptradverkehrsnetz erkannt werden, die für die Lastenradnutzung aktuell nicht adäquat ausgebaut sind. Vorhandene Radinfrastruktur könnte möglicherweise mit dem Lastenrad, aufgrund der unterschiedlichen Ausführungen, nur schwer befahren werden. Andererseits besteht die Möglichkeit, die gewonnenen Erkenntnisse in weiterführenden Planungsstrategien und Konzepten der Stadt Wien zu integrieren. Das Modell könnte vor allem am Anfang eines Planungsprozesses angewandt werden. Jedoch bedarf es dafür aufbauende Forschungen, um die Ergebnisse dieses Modells verifizieren zu können.

Anpassung des Modells für eine umfassendere Analyse der Cargobikeability in weiteren Städten

Eine Anpassung des Modells, indem die Benutzeroberfläche verbessert wird, könnte zudem den Anwendungsbereich auf weitere Städte ausweiten. Unter der Voraussetzung, dass der Datenumfang weiterer Städte eine ähnliche Ausprägung wie in Wien aufweist, wäre es

möglich, mithilfe eines angepassten Modells Ergebnisse zur Cargobikeability in weiteren Städten zu generieren.

Fazit und Ausblick: Grundlagen für die Weiterentwicklung der Cargobikeability-Forschung

Mittels dieses Bewertungsmodells können weitere Forschungskenntnisse zu dem Thema Cargobikeability erlangt werden. Jedoch muss dafür das Modell und die Ergebnisse verifiziert werden, indem in weiterführenden Forschungen das Konzept des bestehenden Modells infrage gestellt wird. Das Resultat erweiternder Untersuchungen könnte für die Entwicklung neuer Planungsstrategien als Grundlage dienen. Zudem könnte der Anwendungsbereich auf weitere Städte, unterschiedliche Lastenradmodelle oder Nutzer:innengruppen ausgeweitet werden.

Die vorliegende Diplomarbeit bildet somit die Basis für weiterführende Forschungsarbeiten, in deren Rahmen eine Vertiefung und Erweiterung der gewonnenen Erkenntnisse erfolgen soll.

Inhaltsverzeichnis

Advelo- the promotion bike company. (o. D.). *Hall of Fame Lastenräder von Advelo*. <https://www.advelo.at/hall-of-fame>

Alrutz Dankmar, Gündel Detlev, Busek Stefanie, Vullriede Nils, Brünink Niels & Hagemeister Daniel. (2016). Landeshauptstadt München Evaluierung Fahrradstraßen. In *Planungsgemeinschaft Verkehr PGV-Alrutz GbR*.

Berger Martin, Dorner Fabian & Dörrzapf Linda. (2020). Grätzlrad Wien: Nutzerinnen- und Nutzerstruktur und Nutzungsverhalten in Host-basiertem Lastenrad-Sharing. REAL CORP 2020.

Broach Joseph, Dill Jennifer & Gliebe John (2012): Where do cyclists ride? a route choice model developed with revealed preference GPS data, *Transportation Research Part A: Policy And Practice* Volume 46, Issue 10, Elsevier Ltd, [online] doi:10.1016/j.tra.2012.07.005.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (2021): *Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich: Der neue Klimaschutz-Rahmen für den Verkehrssektor Nachhaltig – resilient – digital*, Wien, Österreich.

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) (2024): *Klimafreundliche Mobilität: Förderung für (Elektro-)Fahrräder geht in die nächste Runde*, [online] https://www.bmk.gv.at/service/presse/gewessler/2024/0319_radfoerderung.html [abgerufen am 05.06.2024].

Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus(BNT)/Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) (2018): *#Mission2030: Die österreichische Klima- und Energiestrategie*, www.mission2030.bmnt.gv.at, Wien, Österreich.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW) (2015): *MASTERPLAN RADFAHREN 2015–2025*, Wien, Österreich.

Bundesverband Paket und Expresslogistik e.V. (2019). *Mikro-Depots. Ein Plus für die Städte. Berlin. Im Fokus*.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) (2016): *Österreich unterwegs 2013/14: Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“*, Wien, Österreich.

- Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), Abteilung II/INFRA 4: Gesamtverkehr (2017): österreich unterwegs... mit dem Fahrrad: Radverkehrsergebnisse der Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“ des BMVIT, Wien, Österreich.
- City of Copenhagen. (2017). COPENHAGEN CITY OF CYCLISTS: FACTS & FIGURES 2017.
- Cai Qing, Abdel-Aty Mohamed & Castro Scott. (2020). Explore effects of bicycle facilities and exposure on bicycle safety at intersections. In INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION 2021, VOL. 15, NO. 8, 592–603. Taylor & Francis Group, LLC. <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1772415>
- Eberhardt Hannah & Gering Anna. (2018). Cycling in every period of life. In Framing The Third Cycling Century: Bridging The Gap Between Research And Practice. Umweltbundesamt.
- Emery James, Crump Carolyn & Bors Philip (2003): Reliability and Validity of Two Instruments Designed to Assess the Walking and Bicycling Suitability of Sidewalks and Roads, American Journal of Health Promotion.
- ESRI (o. D.): Neigung. In: GIS Dictionary. Verfügbar unter: Neigung – Definition | GIS-Wörterbuch (esri.com) [Zugriff am: 10. Juni 2024].
- Förderungen für Transporträder (2024): Radlobby, [05. Mai 2024] <https://www.radlobby.at/foerderungen-fuer-transportraeder>.
- Furth Peter G., Sadeghinassr Bitra & Miranda-Moreno Luis. (2023). Slope stress criteria as a complement to traffic stress criteria, and impact on high comfort bicycle accessibility. In Journal Of Transport Geography Volume 112. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2023.103708>
- Geschäftsstelle der Österreichischen Raumordnungskonferenz (ÖROK) (2021): ÖREK 2030: Österreichisches Raumentwicklungskonzept, Raum für Wandel.
- Ghebregziabihier Juergen & Poscher-Mika Eric (2018): Cargobike Boom: Wie Transporträder unsere Mobilität revolutionieren, MAXIME Verlag Maxi Kutschera.
- Greibe Poul & Skallebæk Buch Thomas. (2016). Capacity and Behaviour on One-way Cycle Tracks of Different Widths. In Transportation Research Procedia Volume 15, Seiten 122–136. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.011>
- Hardinghaus Michael & Cyganski Rita. (2019). Attraktive Radinfrastruktur: Routenpräferenzen von Radfahrende. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR).

- Hardinghaus Michael, Nieland Simon, Lehne Marius & Weschke Jan. (2021). More Than Bike Lanes—A multifactorial index of urban bikeability. In *Sustainability* 2021, 13, 11584. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. <https://doi.org/10.3390/su132111584>
- Hardinghaus Michael & Weschke Jan (2023): Transforming bicycle market: Assessing cyclists route preferences on different bike types in a choice experiment, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* Volume 22, Elsevier Ltd, [online] doi:10.1016/j.trip.2023.100921.
- Hölzel Christian, Höchtel Franz & Senner Veit. (2012). Cycling comfort on different road surfaces. In *Procedia Engineering* Volume 34 , Seite 479-484. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.082>
- Hwang Uijeong & Guhathakurta Subhrajit (2022): Exploring the impact of bike lanes on transportation Mode choice: a simulation-based, route-level impact analysis, *Sustainable Cities And Society* Volume 89, Elsevier Ltd, [online] doi:10.1016/j.scs.2022.104318.
- Isaksson-Hellman Irene/Töreki Josefin (2019): The effect of speed limit reductions in urban areas on cyclists' injuries in collisions with cars, *Traffic Injury Prevention* Volume 20, [online] doi:10.1080/15389588.2019.1680836.
- ITS Vienna Region. (2023). GIP.at: Dokumentation Intermodales Verkehrsreferenzsystem Österreich (GIP.at).
- Kausche Michael. (2017). *Sensitivitätsanalyse: Wirtschaftlichkeit schwimmender Offshore Windenergieanlagen.* Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-658-19581-6_5
- Krah Eva-Susanne. (2024, 13. Mai). Online-Boom stagniert. Springer Professional. Abgerufen am 1. September 2024, von <https://www.springerprofessional.de/handel/e-commerce/online-boom-stagniert/27082712>
- Liu George, Nello-Deakin Samuel, te Brömmelstroet Marco & Yamamoto Yuki (2020): What Makes a Good Cargo Bike Route? Perspectives from Users and Planners, *American Journal of Economics and Sociology* 79(3):941-965, [online] doi:10.1111/ajes.12332.
- Łukawska Mirosława, Paulsen Mads, Rasmussen Thomas Kjaer, Jensen Andres Fjendbo & Nielsen Otto Anker. (2023). A joint bicycle route choice model for various cycling frequencies and trip distances based on a large crowdsourced GPS dataset. In *Transportation Research Part A* 176 (2023) 103834. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2023.103834>

MA 18- Stadtentwicklung und Stadtplanung. (o. D.). Hauptradverkehrsnetz Wien. Abgerufen am 10. September 2024, von <https://wien.maps.arcgis.com/apps/Cascade/index.html?appid=f400119bdfd145de92065e9d77aaea92>

Marincek Dimitri, Rerat Patrick & Lurkin Virginie. (2024). Cargo bikes for personal transport: A user segmentation based on motivations for use. In INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE TRANSPORTATION. Taylor & Francis Group, LLC. <https://doi.org/10.1080/15568318.2024.2402753>

Meschik Michael (2008): Planungshandbuch Radverkehr, 1. Aufl., Wien, Österreich: SpringerVienna.

Mobilitätsagentur Wien. (o. D.). Radweg-Offensive 2024. Abgerufen am 16. August 2024, von <https://www.fahrradwien.at/radwegoffensive-2024/>

Nürnberg Mariusz (2019): Analysis of using cargo bikes in urban logistics on the example of Stargard, Transportation Research Procedia 39 (2019) 360–369, Elsevier B.V, [online] doi:10.1016/j.trpro.2019.06.038.

Nobis Claudia (2019): Analysen zum Radverkehr und Fußverkehr: Mobilität in Deutschland, Bonn, Deutschland: Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70904/15).

Oesterreich Julia (2016): Kickstarter-Sensation Taga 2.0 – Das Family Bike, in: eBike News, 07.07.2016, [13. Mai 2024] <https://ebike-news.de/family-e-bike-taga-2-0/118351/>.

Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr (FSV) (2022): Radverkehr: Straßenplanung: Anlagen für den nichtmotorisierten Verkehr, Wien, Österreich: RVS- Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau.

Preuß Holger. (2011). Sensitivitätsanalyse: Kosten und Nutzen Olympischer Winterspiele in Deutschland (1. Aufl.). Gabler Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH. https://doi.org/10.1007/978-3-8349-6214-0_8

Radlobby Österreich (o. D.-a): Radlobby Fahrradklima-Test 2022 Die Ergebnisse, Wien, Österreich.

Radlobby Österreich. (o. D.-b). Anlagearten von Radverkehrsinfrastruktur. [https://www.radlobby.at/anlagearten-von-radverkehrsinfrastruktur#:~:text=Radverkehrsanlagen%20\(RVA\)%20ist%20ein%20allgemeiner,und%20Radfahranlagen.](https://www.radlobby.at/anlagearten-von-radverkehrsinfrastruktur#:~:text=Radverkehrsanlagen%20(RVA)%20ist%20ein%20allgemeiner,und%20Radfahranlagen.)

- Raimund Willy, Bartana Beyer Illil, Kranzl Sabine, Angelini Alessandra, Staudner Margarethe & Heinfellner Holger. (2023). Urbane Logistik: Kurzstudie im Rahmen des Projekts "Nachhaltige Mobilitätswende (NAMOW). Umweltbundesamt GmbH.
- Riggs William. (2016). Cargo bikes as a growth area for bicycle vs. auto trips: Exploring the potential for mode substitution behavior. In *Transportation Research Part F* 43 (2016) 48–55. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.09.017>
- Riggs William & Schwartz Jana. (2018). The impact of cargo bikes on the travel patterns of women. In *URBAN, PLANNING AND TRANSPORT RESEARCH 2018, VOL. 6, NO. 1*, 95–110. Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.1080/21650020.2018.1553628>
- ritabringts.at (o. D.): [online] <https://www.ritabringts.at/> [abgerufen am 10.04.2024].
- Sawitzky Tamara, Grauschopf Thomas & Riener Andreas. (2021). "Attention! A Door Could Open."—Introducing Awareness Messages for Cyclists to Safely Evade Potential Hazards. *Multimodal Technol. Interact.* 2022, 6(1), 3. <https://doi.org/10.3390/mti6010003>
- Schäfer Petra, Fassnacht Lukas & Bohl Manfred (2021): Anforderungen von Lastenrädern an die Infrastruktur, Frankfurt am Main, Deutschland.
- Schläger Norbert, Wühl Benjamin, Woywod Torben, Fromberg Andrea, Gwiasda Peter, Niklas Kirsten, Schreiber Marcel & Pohle Maria. (2016). Sicherheitsbewertung von Fahrradstraßen und der Öffnung von Einbahnstraßen. In *Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft E. V. Forschungsbericht Nr. 41 (Nr. 978-3-939163-69-5)*.
- Schmid-Querg Jonas/Keler Andreas/Georgios Grigoropoulos (2021): The Munich Bikeability Index: A Practical approach for measuring urban Bikeability, Sustainability Sustainability 13(1):428, München, Deutschland, [online] doi:10.3390/su13010428.
- Sener Ipek N., Eluru Naveen & Bhat Chandra (2009): An analysis of bicycle route choice preferences in Texas, US, *Transportation* 36(5):511-539, [online] doi:10.1007/s11116-009-9201-4.
- Sherrif Graeme, Blazejewski Luke & Davies Nick. (2023). 'Why would you swap your nice warm van, where you can eat your butties and listen to the radio?' Mainstreaming a niche of cycle logistics in the United Kingdom. In *Energy Research & Social Science* Volume 99, May 2023, 103062. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2023.103062>
- Silva Vasco, Vidal Kristen & Fontes Tania. (2024). Evaluating parcel delivery strategies in different terrain conditions. In *Transportation Research Part A: Policy And Practice* Volume 187. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2024.104158>

- Singh Shaktawat Yashraj. (2020, 14. Januar). What is ArcGIS. GEOSPATIAL WORLD. Abgerufen am 7. Juli 2024, von <https://www.geospatialworld.net/blogs/what-is-arcgis/>
- Stadt Wien. (o. D.-a). Radweg Offensive 2024. Abgerufen am 15. Juli 2024, von <https://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/radweg-offensive-2024.html>
- Stadt Wien. (o. D.-b). Zahlen und Fakten zum Wiener Radverkehrsnetz. Abgerufen am 17. Juli 2024, von <https://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/radnetz/fakten.html>
- Stadt Wien (2015): STEP 2025: Stadtentwicklungsplan Wien, Wien, Österreich.
- Stadt Wien (2024-a.): Wiener*innen umweltfreundlich unterwegs, Modal Split 2023 [online] <https://www.wien.gv.at/verkehr-stadtentwicklung/modal-split.html> [abgerufen am 04.07.2024].
- Stadt Wien. (2024-b.). Radverkehrsanlagen - Bauprogramm Radwege 2024. Abgerufen am 10. September 2024, von <https://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/bauen/programm/index.html>
- StVO. Bundesgesetz vom 6. Juli 1960, mit dem Vorschriften über die Straßenpolizei erlassen werden (Straßenverkehrsordnung 1960). BGBl. Nr. 159/1960 idgF (2024). Österreich, <https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011336>.
- Szyszkowicz Sebastian S (2018): Bikeability as an Indicator of Urban Mobility: Project T8080-170353, Ottawa, Kanada: Carleton University.
- Tanzer Lukas, Kammerhofer Aurelia & Hager Alec (2023): KlimaEntLaster-Projekt HAUSRAD: Klimagerechte und zielgruppentaugliche Mobilitätsdienstleistungen im Wohnumfeld mit Transportrad: Österreichweite Umfrage: Große Potenziale fürs Transportrad: Österreichweite Umfrage: Große Potenziale für das Transportrad: Wien, Österreich.
- Tegeltija Srdjan, Ostojić Gordana, Stankovski Stevan, Kukulj Dragan & Tejić Branislav. (2020). Food delivery using Cargo-Bikes with IoT. Springer Nature Switzerland AG 2020. https://doi.org/10.1007/978-3-030-43616-2_51
- Teufel Dieter, Bauer Petra, Lippold Rainer & Toczec Natascha (2000): Entwicklung und Potentiale des Fahrrad-Verkehrs, Heidelberg, Deutschland: UPI UMWELT- UND PROGNOSE-INSTITUT HEIDELBERG E.V.
- Thoma Lars & Gruber Johannes. (2019). Drivers and Barriers for the adoption of cargo cycles: An Exploratory Factor analysis. In ScienceDirect: Transportation Research Procedia 46 (2020) 197–203. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.181>

Ungvarai Adam (2019): Modal Split – Different Approaches to a Common Term, Ungarn: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, [online] doi:10.1088/1757-899X/603/4/042091

Urban Arrow (o. D.): Smart Urban Mobility B.V, [13.Mai 2024] <https://urbanarrow.com/de/business-fahraeder/cargo/> [abgerufen am 13.05.2024].

Verband der Sportartikelerzeuger und Sportfachhändler Österreichs (VSSÖ)/ARGE Fahrrad (2022): Fahrradverkaufszahlen 2023, Wien, Österreich.

Vijayakumar Nithya. (2017). Cyclelogistics: Opportunities for moving goods by bicycle in Toronto. The Pembina Foundation.

Weston Richard, Davies Nick, Lumsdon Les, McGrath Peter, Peeters Paul, Eijelaar Eke & Piket Peter. (2012). Das europäische Fahrradnetzwerk EUROVELO: Fachabteilung Struktur- und Kohäsionspolitik B. Europäische Union.

WienMobil (2020): Linienführung 13a, [online] https://www.wienerlinien.at/media/files/2020/linie_13a_07_09_2020_367759.pdf [abgerufen am 06.06.2024].

Winters Meghan, Brauer Michael, M Setton Eleanor & Teschke Kay (2013): Mapping Bikeability: a spatial tool to support sustainable travel, Environment and Planning B: Planning and Design 2013, volume 40, pages 865 – 883, doi:10.1068/b38185.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Forschungsdesign der Diplomarbeit; eigene Darstellung	12
Abbildung 2: Verschiedene Lastenrad Modelle; Quelle: Ghebrezgiabiher et al. 2018, 11.....	17
Abbildung 3: Taga Family Bike; Quelle: Taga Bike Europe- tagabike.eu, o.D.:online.....	18
Abbildung 4: Lastenrad mit integriertem Grill; Quelle: advelo, o.D.	22
Abbildung 5: Modal Split Wien 2023; eigene Darstellung; Quelle: Stadt Wien wien.gv.at,2024- a.: online;	24
Abbildung 6:Modal Split im Vergleich 13/14; eigene Darstellung; Quelle: BMVIT 2016,56	24
Abbildung 7: Kilometeranzahl pro Anlagearten Wien 2024; Quelle: Stadt Wien-wien.gv.at o.D.; eigene Darstellung	26
Abbildung 8: Indikatoren nach dem Prioritätsgrad; Quelle: Winters et al. 2013, 869.....	31
Abbildung 9: Bewertung Indikatoren nach einem definierten „Score“; Quelle: Winters et al. 2013, 872	32
Abbildung 10: Ablaufdiagramm der methodischen Vorgehensweise; eigene Darstellung.....	35
Abbildung 11: Trenn und Mischprinzip verschiedener Anlagearten; Quelle: FSV 2012,13; eigene Darstellung	39
Abbildung 12:Trennen oder Mischen, nach den Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau; Quelle FSV 2013,14.....	40
Abbildung 13: „Radweg“; Quelle: StVO 2024, online	41
Abbildung 14: „getrennter Geh- und Radweg mit Benutzungspflicht“; Quelle: StVO 2024, online	42
Abbildung 15: „getrennter Geh- und Radweg ohne Benutzungspflicht“; Quelle: StVO 2024, online	42
Abbildung 16: „gemischter Geh- und Radweg mit Benutzungspflicht“; Quelle: StVO 2024, online	43
Abbildung 17: „gemischter Geh- und Radweg ohne Benutzungspflicht“; Quelle: StVO 2024, online	43
Abbildung 18: „Radfahren gegen die Einbahn“; Quelle: unart/BMK o.D, online	44
Abbildung 19: „Radfahren auf der Busspur“; Quelle: StVO 2024, online.....	45
Abbildung 20: „Fahrradstraße; Quelle: StVO 2024, online	47
Abbildung 21: Energieverbrauch nach unterschiedlichen Straßenbelägen; Quelle: Teufel et al. 2000, 18	49
Abbildung 22: Hoher Steigungswinkel (>6%), entlang Türkenschanzstraße, 18. Bezirk; eigene Aufnahme	50
Abbildung 23: Rechtswidrige Nutzung Einrichtungsradweg; eigene Aufnahme.....	58
Abbildung 24: Rechtswidrige Nutzung Getrennter Geh- und Radweg; eigene Aufnahme	59
Abbildung 25: Radfahren gegen die Einbahn entlang parkender Autos 9. Bezirk; eigene Aufnahme.....	61
Abbildung 26: Gefahr des „Dooring“ entlang Liechtensteinstraße 9. Bezirk?; eigene Aufnahme.....	62
Abbildung 27: Fahrradstraße Argentinierstraße 4.Bezirk; eigene Aufnahme	65
Abbildung 28: Grundbreiten für Radfahranlagen ohne Schutzstreifen (Zuschläge) [m], Klammerwerte nur in Ausnahmefällen; Quelle FSV 2013, 23.....	66
Abbildung 29: Deckschicht aus Betonplatten „Concrete Slabs“, Kutschkergasse, 18. Bezirk; eigene Aufnahme	72

Abbildung 30: Verletzungsrisiko bei Unfällen verschiedener Geschwindigkeiten des MIVs; Quelle: Isaksson-Hellman et al. 2019, 40	76
Abbildung 31: Darstellung Geopackage Layers, ArcGIS; Quelle: IST-Vienna Region o.D.....	84
Abbildung 32: Darstellung Infrastrukturnetz Wien nach verschiedenen Typen von Straßensegmenten; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung.....	86
Abbildung 33: Darstellung Cargobikeability-Index Wien gesamt; Datengrundlage IST-Vienna- Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung	95
Abbildung 34: Darstellung Cargobikeability-Index, Innere Stadt; Datengrundlage IST-Vienna- Region; eigene Darstellung	97
Abbildung 35: Lücke im Hauptradverkehrsnetz südlich des Türkenschanzparks, 18. Bezirk; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung.....	99
Abbildung 36: Darstellung Cargobikeability-Index Wien gesamt; Datengrundlage IST-Vienna- Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung	100
Abbildung 37: Darstellung Cargobikeability-Index Wien nach Fahrradkurier mit einspurigen Lastenrad; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung	109
Abbildung 38: Darstellung Cargobikeability-Index Wien nach Familien mit Lastenrädern für den Kindertransport; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung	109
Abbildung 39: Darstellung Cargobikeability-Index Wien nach Fahrradkurier mit einem Trike- Lastenrad; Datengrundlage IST-Vienna-Region; Stand 09.2024; eigene Darstellung	110
Abbildung 40: Qualitative Analyse im methodischen Kontext; eigene Darstellung	116
Abbildung 41: Lücke im Hauptradverkehrsnetz Landgutgasse 10. Bezirk; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung.....	118
Abbildung 42: Bauarbeiten Landgutgasse 10. Bezirk; eigene Aufnahme	118
Abbildung 43: Verkehrszählung Landgutgasse; eigene Darstellung	119
Abbildung 44: Erlaubte Mitnutzung der Busspur durch Radfahrer:innen, Alfred-Adler-Straße 10. Bezirk; eigene Aufnahme.....	120
Abbildung 45: „roter Bereich“ im Hauptradverkehrsnetz Währinger Straße 9. Bezirk; Datengrundlage IST-Vienna-Region; eigene Darstellung.....	122
Abbildung 46: Herausforderungen für einen Radfahrer beim überholt werden von der 40. Straßenbahn, Währinger Straße 9. Bezirk; eigene Aufnahme.....	123
Abbildung 47: Verkehrszählung Währinger Straße; eigene Darstellung.....	123
Abbildung 48: Unterführung Längenfeldgasse Richtung Klinik Favoriten, 12. Bezirk; eigene Aufnahme.....	126
Abbildung 49 und Abbildung 50: Führungsverläufe Unterführung Längenfeldgasse, 12. Bezirk; eigene Aufnahme.....	127

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ausgewählte Forschungsarbeiten zum Thema „Bikeability“ mit einer GIS-Analyse; eigene Darstellung	30
Tabelle 2: Forschungsarbeiten, Indikatoren und Verweise im Text; eigene Darstellung.....	38
Tabelle 3: Gewichtung und Bewertung der einzelnen Indikatoren; eigene Darstellung	56
Tabelle 4: Gewichtung nach den Breiten verschiedener Anlagearte; Quelle:FSV 2013, 23; eigene Darstellung	67
Tabelle 5: Gewichtung nach den Breiten von Einbahnstraßen mit erlaubter Befahrung gegen die Einbahnrichtung mittels Fahrrad; Quelle: FSV 2013, 47; eigene Darstellung	67
Tabelle 6: Gewichtung nach den Breiten getrennter Geh- und Radwege; Quelle: FSV 2013, 23; eigene Darstellung.....	69
Tabelle 7: Gewichtung nach den Breiten von Busspuren; Quelle: FSV 2013, 42; eigene Darstellung	69
Tabelle 8: Gewichtung nach Breite der Fahrbahn des MIVs; Quelle: FSV 2013, 26; eigene Darstellung	71
Tabelle 9:Formel zur Berechnung des Carogbikeability-Index nach Winters et al (2013), eigene Darstellung	89
Tabelle 10: Farbwahl je nach Indexwert eines Straßensegmentes; eigene Darstellung	90
Tabelle 11: Ergebnisse der singulären Sensitivitätsanalyse; eigene Darstellung	93
Tabelle 12: Formel für die Berechnung des Cargobikeability-Index nach Nutzer:innengruppen; eigene Darstellung	102
Tabelle 13: Gewichtung der Indikatoren nach der Nutzer:innengruppe: Familien mit Lastenräder für den Kindertransport; eigene Darstellung.....	104
Tabelle 14: Gewichtung der Indikatoren nach der Nutzer:innengruppe: Fahrradkurier mit mehrspurigen Lastenrad; eigene Darstellung	106
Tabelle 15: Gewichtung der Indikatoren nach der Nutzer:innengruppe: Fahrradkurier mit Lastenrad mit 2 Rädern; eigene Darstellung.....	107
Tabelle 16:Cargobikeability-Index und Durchschnittspunkteanzahl der einzelnen Indikatoren nach den 23. Gemeindebezirken Wiens; eigene Darstellung.....	112
Tabelle 17: Bewertung der Indikatoren nach dem Bewertungsmodell, Landgutgasse 10.Bezirk; eigene Darstellung.....	117
Tabelle 18:Einschätzung der Angemessenheit der Gewichtung der Indikatoren, Landgutgasse, 10.Bezirk; eigene Darstellung.....	121
Tabelle 19: Bewertung der Indikatoren nach dem Bewertungsmodell, Währinger Straße 9.Bezirk; eigene Darstellung.....	122
Tabelle 20:Einschätzung der Angemessenheit der Gewichtung der Indikatoren, Währinger Straße, 9.Bezirk; eigene Darstellung	125
Tabelle 21: Verkehrszählung Längenfeldgasse 12, Bezirk, eigene Darstellung.....	127
Tabelle 22: Cargobikeability-Index von Anlagearten für die Lastenradnutzung und Durchschnittspunkteanzahl der einzelnen Indikatoren nach den 23. Gemeindebezirken Wiens; eigene Darstellung.....	152
Tabelle 23:Cargobikeability-Index von Straßen ohne Anlageart für die Lastenradnutzung und Durchschnittspunkteanzahl der einzelnen Indikatoren nach den 23. Gemeindebezirken Wiens; eigene Darstellung.....	153

7. Anhang

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.



	Gesamt	Anlageart für die Lastenradnutzung	Breite der Fahrbahn	Deckschicht des Oberbaus	Steigung des Straßenabschnittes	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	Geschwindigkeit des MIVs
Döbling	19,2	2,8	2,9	2,9	1,7	2,9	2,7	2,8
Floridsdorf	18,7	2,4	2,5	2,9	2,7	2,8	2,7	2,6
Donaustadt	18,6	2,6	2,5	2,9	2,8	2,9	2,7	2,7
Liesing	18,4	2,6	2,6	2,8	2,4	2,9	2,8	2,8
Simmering	18,4	2,6	2,3	2,8	2,5	2,9	2,6	2,9
Leopoldstadt	18,4	2,5	2,4	2,9	2,4	2,7	2,6	2,6
Maragreten	18,2	2,4	2,5	2,9	2,3	2,6	2,4	2,5
Innere Stadt	18,1	2,5	2,3	2,8	2,5	2,8	2,6	2,7
Hitzing	18,1	2,5	2,8	2,9	2,1	2,8	2,6	2,7
Brigittenau	18,1	2,6	1,9	2,8	2,6	2,9	2,7	2,7
Meidling	17,8	2,4	2,5	3,0	2,3	2,7	2,7	2,6
Favoriten	17,7	2,5	2,5	2,9	2,2	2,8	2,6	2,7
Josefstadt	17,5	2,4	2,6	2,6	2,3	2,6	2,5	2,5
Hütteldorf	17,2	2,6	2,8	2,9	1,8	2,8	2,7	2,7
Hernals	17,2	2,6	2,8	2,9	1,8	2,8	2,7	2,7
Ottakring	17,1	2,4	2,6	3,0	2,0	2,5	2,4	2,4
Mariahilf	17,1	2,3	2,3	2,8	2,3	2,5	2,4	2,5
Neubau	17,0	2,2	2,2	2,8	2,4	2,5	2,4	2,5
Währing	17,0	2,2	2,7	3,0	1,8	2,5	2,4	2,4
Wieden	16,9	2,3	2,0	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5
Landstraße	17,3	2,2	2,4	2,9	2,5	2,5	2,4	2,3
Fünffhaus	16,5	2,1	2,3	2,9	2,3	2,5	2,2	2,2
Alsergrund	16,3	1,9	2,2	2,9	2,4	2,3	2,0	2,0

Tabelle 22: Cargobikeability-Index von Anlagearten für die Lastenradnutzung und Durchschnittspunkteanzahl der einzelnen Indikatoren nach den 23. Gemeindebezirken Wiens; eigene Darstellung

	Gesamt	Anlageart für die Lastenradnutzung	Breite der Fahrbahn	Deckschicht des Oberbaus	Steigung des Straßenabschnittes	Verkehrsmenge des Kfz-Verkehrs	Verkehrsmenge des Schwerverkehrs	Geschwindigkeit des MIVs
Döbling	12,0	0,0	1,2	3,0	1,7	2,3	2,3	1,5
Floridsdorf	12,9	0,0	1,1	3,0	2,7	2,3	2,4	1,3
Donaustadt	13,0	0,0	1,0	3,0	2,8	2,3	2,3	1,4
Liesing	12,8	0,0	1,4	3,0	2,4	2,3	2,3	1,4
Simmering	12,5	0,0	1,2	3,0	2,5	2,3	2,3	1,2
Leopoldstadt	13,0	0,0	1,2	3,0	2,7	2,2	2,3	1,6
Maragreten	12,9	0,0	1,5	3,0	2,5	1,9	1,9	2,1
Innere Stadt	13,5	0,0	1,4	3,0	2,6	2,1	2,3	2,2
Hitzing	12,8	0,0	1,3	3,0	1,9	2,3	2,4	1,8
Brigittenau	12,4	0,0	1,4	3,0	2,7	2,0	2,1	1,2
Meidling	12,5	0,0	1,3	3,0	2,4	2,1	2,2	1,6
Favoriten	12,7	0,0	1,2	3,0	2,4	2,3	2,3	1,5
Josefstadt	12,2	0,0	1,4	3,0	2,5	1,9	2,1	1,4
Hütteldorf	12,5	0,0	1,1	3,0	1,6	2,4	2,5	1,8
Hernals	12,3	0,0	1,1	3,0	1,5	2,4	2,4	1,8
Ottakring	12,4	0,0	1,2	3,0	1,9	2,3	2,3	1,8
Mariahilf	12,4	0,0	1,6	3,0	2,1	2,2	12,2	15,2
Neubau	12,5	0,0	1,2	3,0	2,3	1,9	2,0	2,1
Währing	12,0	0,0	1,1	3,0	1,6	2,3	2,3	1,7
Wieden	13,0	0,0	1,5	3,0	2,5	2,0	2,1	2,0
Landstraße	12,8	0,0	1,6	3,0	2,6	2,1	2,2	1,4
Fünffhaus	12,4	0,0	1,5	3,0	2,21	2,0	2,1	1,6
Alsergrund	12,6	0,0	1,4	3,0	2,3	2,1	2,1	1,7

Tabelle 23: Cargobikeability-Index von Straßen ohne Anlageart für die Lastenradnutzung und Durchschnittspunkteanzahl der einzelnen Indikatoren nach den 23. Gemeindebezirken Wiens; eigene Darstellung