



Verlagerungseffekte durch Radschnellverbindungen am Beispiel von Graz

Masterarbeit

vorgelegt von
Stefan Ziegerhofer, BSc.

bei
Univ. Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf
Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Mitbetreuender Assistent:
Dipl.-Ing. Stefan Flucher, BSc.
Technische Universität Graz
Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, am 31. Oktober 2017

Beschluss der Curricula-Kommission für Bachelor-, Master- und Diplomstudien vom 10.11.2008
Genehmigung des Senats am 01.12.2008

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit/Diplomarbeit identisch.

Graz, 31.10.2017



Stefan Ziegerhofer, BSc.

Statutory Declaration

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources. This document is identical with the electronic version uploaded via TUGRAZonline.

Graz, 31.10.2017



Stefan Ziegerhofer, BSc.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen jenen ganz herzlich bedanken, die mich während meiner Studienzeit stets begleitet und unterstützt haben.

Für die Betreuung dieser Arbeit bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf, der mir ermöglicht hat, diese Arbeit zu verfassen. Für die ständige Unterstützung, das gute Arbeitsklima sowie die positiven Rückmeldungen bezüglich meiner Arbeit gebührt ein besonderer Dank Herrn Dipl.-Ing. Stefan Flucher und Herrn Alex van Dulmen.

Ein herzliches Dankeschön möchte ich meinen Studienkollegen und Freunde ausrichten, die mich seit Jahren begleiten.

Ein ganz großer Dank gebührt meiner Partnerin Karoline Niederl, die mir stets mit motivierenden Worten zur Seite stand und während unserer gemeinsamen Zeit in Graz zum wichtigsten Menschen in meinem Leben wurde.

Der größte Dank gilt an dieser Stelle meine Eltern. Vielen Dank für die finanzielle Unterstützung sowie Euren motivierenden Beistand während meines gesamten Studiums!

Aufgabenstellung für die Masterarbeit

von Stefan Ziegerhofer

Graz, am 05.02.2017

Verlagerungseffekte durch Radschnellverbindungen am Beispiel von Graz

Problemstellung

In den letzten Jahren haben viele Bürgerinnen und Bürger das Fahrradfahren für sich neu entdeckt. Ein wachsender Anteil der Stadtbevölkerung greift auf dieses umweltfreundliche Verkehrsmittel zurück. In einigen Städten bzw. Stadtteilen stellt das Fahrrad gegenüber dem Pkw ein deutlich schnelleres Verkehrsmittel dar. Diese Art der Fortbewegung ermöglicht es, Stausituationen und mühsames Parkplatzsuchen zu vermeiden. Wesentliche Vorteil für die Nutzung des Verkehrssystems Fahrrad sind die geringen Anschaffungs- und Instandhaltungskosten. Auch die Betriebskosten (Treibstoff oder Parkgebühren) entfallen zur Gänze. Aus Sicht des Klimaschutzes kann das Fahrrad als Null-Emissions-Fahrzeug betrachtet werden und gilt somit als klimaneutrales Verkehrsmittel. Alle genannten Gründe sind dafür verantwortlich, dass der Radverkehr, speziell im urbanen Raum, ständig wächst und sich dadurch neue Herausforderungen in der Raumplanung ergeben.

Speziell in einer von Studenten geprägten Stadt wie Graz, mit über 280.000 Einwohnern, muss diesem Thema besondere Aufmerksamkeit zugestanden werden. Während in weiten Teilen der Stadt Graz ein gut ausgebaut und vernetztes Radverkehrsnetz vorhanden ist, besteht in einigen Stadtteilen aufholbedarf. So sind die drei Standorte der Technischen Universität Graz, bestehend aus der Alten Technik in der Rechbauerstraße, der Neuen Technik im Bereich der Petersgasse und dem Campus Inffeldgasse, nur bedingt an ein Fahrradnetz angebunden. Für die Mehrheit der Studierenden und Angestellten der Technischen Universität, stellt das Fahrrad das wichtigste und effektivste Verkehrsmittel dar. Die Verbindung zwischen den drei Standorten ist derzeit aber für den Radverkehr, aufgrund des zum Teil hohen Verkehrsaufkommens und einigen Engstellen, unattraktiv. Die Fahrt mit dem Auto ist für Studierende keine Alternative und auf Grund der Wegelängen und der Kosten nicht sinnvoll. Hinzu kommt die schwierige Parkplatzsituation rund um die drei Standorte der Technischen Universität. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass auch die Fußwege vom Parkplatz zu den Hörsälen einige Minuten beanspruchen. Da die Entfernungen zwischen den Standorten bis zu 2,5 km betragen, ergeben sich Fußwege von 30 Minuten oder mehr. Die Pufferzeiten zwischen den einzelnen Vorlesungen, welche oftmals auch einen Standortwechsel erfordern, sind meistens deutlich geringer als die Zeit, welche zu Fuß tatsächlich benötigt wird. Deshalb ist auch diese Variante keine brauchbare Alternative zum Fahrrad. Die Erreichbarkeit der Standorte mit öffentlichen Verkehrsmitteln ist zwar möglich, dennoch ist keine durchgehende Verbindung vorhanden. Speziell der Campus Alte Technik ist ohne Umstieg nicht zu erreichen. Aufgrund der sich daraus ergebenden Umstiegs- und Wartezeiten an den Haltestellen bietet auch der öffentliche Verkehr, aus Zeitgründen, keine Alternative. Betrachtet man alle eben genannten Aspekte, wird deutlich, dass aus derzeitiger Sicht, das Fahrrad die einzige gut funktionierende Alternative ist.

Bisher gab es keine Versuche oder Ansätze die Standorte der Technischen Universität zu vernetzen. Da aber die Zahl der Studierenden ständig steigt, sowie auch ein genereller Anstieg des Radverkehrsaufkommens zu verzeichnen ist, ist diesem Problem zu begegnen und mit der Umplanung bzw. Erweiterung des bestehenden Radverkehrsnetzes zu beginnen.

Aufgabenstellung

In dieser Masterarbeit sollen die verkehrlichen Auswirkungen einer neu zu bauenden direkten Fahrradverbindung (Fahrrad- Highway Mandellstraße) zwischen den drei Standorten der Technischen Universität Graz überprüft werden. In einem Szenario soll in der Mandellstraße, sowie in weiten Teilen der Petersgasse, ein Fahrstreifen für den KFZ-Verkehr gesperrt und stattdessen ein Rad- Highway errichtet werden. In einer umfassenden Untersuchung soll geprüft werden, wie sich der Kfz-Verkehr auf die umliegenden Straßen (Münzgrabenstraße, Plüddemanngasse, Conrad-von-Hötzendorf-Straße, etc.) verlagert und ob es dadurch zu erhöhten Verkehrsproblemen in diesen Bereichen kommen wird. Des Weiteren ist zu prüfen, wie hoch das zusätzliche Fahrradpotential sein wird und ob eine Änderung des Modal Split eintritt.

Die folgende Liste enthält wesentliche Bearbeitungspunkte der Masterarbeit. Abweichungen sind mit fortschreitendem Erkenntnisstand während der Bearbeitung möglich:

- Literaturrecherche zum Thema Rad- Highway (Beispielen aus anderen Ländern, in denen bereits Rad-Highways umgesetzt worden sind).
- Literaturrecherche betreffend Richtlinien und Ausführungsgrundsätze.
- Betrachtung der baulichen Aspekte und Erläuterung einer möglichen Einbindung des neuen Rad-Highways in das bestehende Radverkehrsnetz.
- Modellbildung des zu untersuchenden Planungsgebietes, basierend auf dem GUARD Verkehrsmodell.
- Kalibrierung des Verkehrsmodells (Teilnetz) auf das Basisjahr 2017 anhand aktueller Zählraten für die Spitzenstunden (07:00 – 08:00 und 16:00 – 17:00).
- Implementierung der Infrastrukturmaßnahmen in das Teilnetz des GUARD Verkehrsmodells und Erstellung der Planfälle.
- Ermittlung der Verlagerungsverkehre des mIV und Auswertung der Ergebnisse.
- Abschätzung des zusätzlich entstehenden Fahrradpotential.

Es kann zu Abweichungen dieser Bearbeitungspunkte mit fortschreitendem Erkenntnisstand kommen. Die Bearbeitung dieser Masterarbeit erfolgt primär mit der Verkehrsprognosesoftware VISUM, der Statistiksoftware R-PROJECT, MS Excel und der Planungssoftware AutoCAD. Diese Programme werden vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen zur Verfügung gestellt.

Die Arbeit ist zweifach in DIN A4 gebunden einzureichen. Ein Datenträger mit allen wichtigen Modelldaten und Ergebnissen ist beizulegen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf
Tel. 0316 873 6220
martin.fellendorf@tugraz.at
Betreuer

Dipl.-Ing. Stefan Flucher
Tel. 0316 873 6227
stefan.flucher@tugraz.at
Mitbetreuender Assistent

Kurzfassung

Rad-Highway in Graz

174 Seiten, 96 Abbildungen, 31 Tabellen

Graz gilt in Österreich als eine der radfreundlichsten Städte mit einem vergleichbar hohen Radverkehrsanteil. Die vorhandene Radverkehrsinfrastruktur wird der hohen Anzahl an Radfahrern in einigen Teilen der Stadt nicht mehr gerecht. Aus diesem Grund wurde von der Technischen Universität Graz eine Initiative gestartet, den Radverkehr durch den Bau eines Rad-Highways, im Bereich der Mandellstraße/Petersgasse zu verbessern. Um die geplanten Maßnahmen umsetzen zu können, muss die Verkehrsführung des Kfz- Verkehrs in ein Einbahnsystem stadtauswärts geändert werden.

In dieser Arbeit wurde im Rahmen einer ausführlichen Literaturrecherche versucht den Begriff von Radschnellverbindungen sowie Rad-Highways zu klären. Zu diesem Zweck wurden die Richtlinien anderer europäischer Länder, in denen Radschnellwege bereits vorhanden sind, untersucht. Im zweiten Teil der Arbeit wurden die baulichen Aspekte und die Integration des für Graz geplanten Rad-Highways in das bestehende Grazer Radverkehrsnetz betrachtet. Neben der physischen Integration wurde auch ein Vergleich mit den Grundsätzen der Grazer Mobilitätsstrategie durchgeführt.

Kernthema der Arbeit war die Erstellung und Analyse eines makroskopischen Verkehrsmodells, um die verkehrstechnischen Auswirkungen des geplanten Grazer Rad-Highways in der Mandellstraße/Petersgasse darzustellen. Dieses Modell wurde auf der Grundlage aktueller Zählraten auf die momentane Verkehrssituation kalibriert. Aufbauend auf dem fertigen Modell konnte der neue Rad-Highway in diesem etabliert und die durch das Einbahnsystem verursachten Verlagerungen im Kfz- Verkehr analysiert werden. Die Auswertung des Modells zeigte, dass es zu durchschnittlichen Verlagerungen von rund 450 Kfz/h kommt, welche sich hauptsächlich zu gleichen Teilen auf die drei nächstgelegenen Hauptverkehrsadern Münzgrabenstraße, Conrad v. Hötzendorfstraße und Plüddemanngasse verschieben. Durch die Verlagerungseffekte sowie das Einbahnsystem kommt es zu Folgeproblemen, die vor allem an den Knotenpunkten die Leistungsfähigkeit mindern. Auch der öffentliche Verkehr, die Erreichbarkeit einzelner Objekte sowie die Parkplatzsituation sind von den Auswirkungen betroffen. Neben den Verlagerungseffekten wurde anhand des Modells versucht eine Änderung im Modal Split zu berechnen, um das zusätzliche Potenzial an Radfahrern zu zeigen.

Mit dieser Arbeit ist es gelungen die Begrifflichkeiten für Radschnellverbindungen zu trennen und zu beschreiben. Auch konnten anhand von Richtlinien anderer Länder die Standards für Hochleistungsradverbindungen dargestellt werden. Durch die Auswertung des Verkehrsmodells für den Grazer Rad-Highway wurden die Auswirkungen auf den übrigen Verkehr in diesem Stadtteil dargestellt und analysiert. Für die, infolge des Rad-Highways, neu entstandenen Probleme konnten erste Lösungsansätze erarbeitet werden. Ebenfalls konnte in dieser Arbeit eine weitere Führungsform als Fahrradstraße diskutiert werden, um aufgrund der vielen negativen Auswirkungen eine mögliche Alternative zur geplanten Infrastruktur zu bieten.

Abstract

Rad-Highway in Graz

174 pages, 96 figures, 31 tables

Graz is one of the most bicycle friendly cities in Austria with a comparatively high share of cyclists. Because of the high share of bicycles, the existing bicycle transport infrastructure is no longer adequate. For this reason, an initiative was launched by the University of Technology of Graz to improve bicycle traffic by planning a bicycle highway in the streets Mandellstraße and Petergasse. To be able to realize the planned infrastructure, the car traffic must be directed as a one-way traffic system.

In this thesis, an extensive literature research was made to declare the concept of bicycle highways. To this end, there was a research in other European countries, in which such an infrastructure has been already implemented, to get applicable guidelines for Austria. The structural aspects, as well as the integration in the existing bicycle network were investigated in the second part of the work. In addition to the physical integration, also a comparison with the principles of the mobility strategy of Graz was made.

The main part of the thesis was to create and analyze a macroscopic transport model to represent the traffic impact of the planned bicycle Highway in the Mandellstraße/Petersgasse. This model was calibrated based on current traffic amounts to get an overview of the current traffic situation.

Based on the finished model the bicycle highway could be established in the network. After this the effects of car traffic shift caused by the one-way system could be analyzed. The average traffic shift of about 450 vehicles per hour is nearly equal distributed to the next three main traffic lanes Münzgrabenstraße, Conrad v. Hötzendorfstraße and Plüddemanngasse. The shifting effects as well as the one-way system as its own lead to problems which reduce the performance especially at intersections. Parts of the public transport, the accessibility of individual objects as well as the parking situation are also affected by the mentioned causes. In order to show the additional potential of cyclists, caused to the bicycle highway, a modal split change was calculated.

This thesis successfully shows the description of a bicycle highway. Based on guidelines from other countries also the main quality standards and characteristics could be shown. At the special topic of the bicycle highway in Graz, the main traffic shift and the consequences could be presented. For most of the negative effects possible solutions were developed. Due to the many negative effects for the whole traffic an entirely different variant as a bicycle street was discussed.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	iv
Tabellenverzeichnis.....	viii
Abkürzungen.....	x
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Ziel der Arbeit und Lösungsansatz.....	1
1.3 Aufbau der Arbeit.....	2
2 Literaturrecherche.....	3
2.1 Merkmale von Radschnellwegen.....	3
2.1.1 Begriffsdefinitionen.....	4
2.1.2 Qualitätsanforderungen und Kriterien.....	5
2.1.3 Charakteristika eines Radschnellweges.....	9
2.1.4 Fahrradstraßen als Teil von Radschnellwegen.....	10
2.1.5 Potenzielle Einsatzgebiete von Radschnellwegen.....	12
2.2 Radschnellwege im europäischen Vergleich.....	15
2.2.1 Radschnellwege in den Niederlanden.....	16
2.2.2 Radschnellwege in Dänemark:.....	21
2.2.3 Radschnellwege in Großbritannien.....	26
2.2.4 Radschnellwege in der Schweiz:.....	28
2.2.5 Radschnellwege in Deutschland.....	32
2.2.6 Vergleich.....	37
2.3 Radschnellwege in Österreich:.....	38
2.3.1 Wien.....	38
2.3.2 Salzburg.....	43
2.3.3 Graz.....	47
3 Rad-Highway in Graz.....	48
3.1 Grazer Rad-Verkehrsnetz.....	48
3.2 Graz 2020.....	50
3.2.1 Vision 2050 für Graz.....	51
3.2.2 Verkehrspolitische Leitlinie 2020.....	52
3.2.3 Ziele des Mobilitätskonzeptes Graz 2020.....	52
3.2.4 Maßnahmen.....	53
3.3 Rad- Highway am Beispiel der Mandellstraße/Petersgasse.....	54

3.3.1	Erhebung des Radfahreranteils.....	55
3.3.2	Planmaßnahmen Mandellstraße/Petersgasse	57
3.3.3	Planungsgrundsätze und bauliche Aspekte	59
3.3.4	Integration in das bestehende Netz.....	63
3.3.5	Lösungsansätze für Knotenpunkte.....	64
3.4	Fazit	65
3.4.1	Rad-Highway	65
3.4.2	Ausblick - Alternative Führungsform	66
4	Verkehrsmodell Rad-Highway	67
4.1	Wahl des Untersuchungsgebiets.....	67
4.1.1	Räumliche Einordnung:.....	67
4.1.2	Zeitliche Einordnung:	68
4.2	Ablauf der Modellierung	69
4.3	GUARD Modell.....	70
4.3.1	Räumliche Eingrenzung.....	70
4.3.2	Zeitliche Eingrenzung	71
4.3.3	Inhaltliche Eingrenzung (Datenmodell).....	71
4.4	Teilnetz	73
4.4.1	Generierung eines Teilnetzes.....	73
4.4.2	Zählraten	78
4.4.3	Matrixkorrektur.....	83
4.5	Umsetzung Planfall.....	91
4.5.1	Änderung Einbahnstraße	92
4.5.2	Simulation Planfall.....	93
5	Ergebnisse der Verkehrsmodellierung	94
5.1	Untersuchte Szenarien	94
5.2	Netzbelastungen Kfz ohne Modal Split Änderung	97
5.2.1	Analyse der Verlagerungen zur Morgenspitze.....	99
5.2.2	Analyse der Verlagerungen zur Abendspitze	101
5.3	Netzbetrachtung mit Modal Split Änderung	102
5.3.1	Annahmen zur Modal Split Änderung.....	103
5.3.2	Kennwerte bei Modal Split Änderung.....	110
5.3.3	Verteilung des Radfahreranteils.....	114
6	Wirkungen des Rad-Highway auf andere Verkehrsteilnehmer.....	116
6.1	Leistungsfähigkeit an den Knotenpunkten.....	116
6.1.1	Knotenpunkt Brucknerstraße - Münzgrabenstraße	118
6.1.2	Knotenpunkt Dietrichsteinplatz	122

6.1.3 Knotenpunkt Schillerplatz	125
6.1.4 Knotenpunkt Fröhlichgasse/ Moserhofgasse - Münzgrabenstraße.....	130
6.2 Wirkungen auf den öffentlichen Verkehr.....	132
6.2.1 Wirkungen auf die Straßenbahnlinie 6	132
6.2.2 Wirkungen auf die Straßenbahnlinie 3	132
6.2.3 Wirkungen auf die Buslinien 63 und 64	133
6.2.4 Wirkungen auf die Regionalbuslinien	134
6.3 Wirkungen auf die Erreichbarkeit einzelner Objekte	134
6.3.1 Zufahrt Schulcampus „Sacré Coeur“	134
6.3.2 Zufahrt Kfz-Abstellplätze der TU Graz Campus „Alte Technik“	135
6.3.3 Zufahrt Kfz-Abstellplätze der TU Graz Campus „Neue Technik“	135
6.3.4 Zufahrt Kfz-Abstellplätze der TU Graz Campus „Inffeldgasse“	135
6.3.5 Erhöhtes Verkehrsaufkommen durch neues Wohnviertel „Messequartier“	136
6.4 Parkstände	136
6.5 Untersuchung Alternativrouten	137
6.5.1 Alternativvariante 1:	137
6.5.2 Alternativvariante 2:	140
6.5.3 Variante Fahrradstraße	143
7 Schlussfolgerung.....	145
7.1 Zusammenfassung.....	145
7.2 Ausblick.....	147
Literaturverzeichnis.....	148
Anhang	152

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	California Cycleway (Quelle: [Spapè et al., 2015]).....	3
Abbildung 2:	Durchschnittliche Wegedauer und Wegelänge in Minuten bzw. Kilometer je Weg (Quelle: [Tomschy et al., 2016])	13
Abbildung 3:	Übersichtskarte Radschnellstrecken Niederlande (rot = bestand, blau = in Planung, grün = potenzielle zukünftige Routen) (Quelle: [Spapè, 2016])	17
Abbildung 4:	Querschnitt Radschnellweg 2 x 3,0 m (Quelle: [Groot, 2016]).....	18
Abbildung 5:	Querschnitt Zweirichtungsfahrbahn 1 x 4,0 m (Quelle: [Groot, 2016])	19
Abbildung 6:	Übersichtskarte Radschnellwegenetz Dänemark (orange = derzeitiger Bestand, dunkelgrau = bereits finanzierte Route, hellgrau = geplante Route) (Quelle: [Supercykelstier]).....	21
Abbildung 7:	Querschnitt Einrichtungs-Radschnellweg Straßenbegleitend: Breite von 3,5 m je Richtung (Verkehrsstärke > 1500 Radfahrer/Spitzenstunde) (Quelle: [COWI et al., 2014])	22
Abbildung 8:	Querschnitt Einrichtungs-Radschnellweg Straßenbegleitend: Breite von 2,5 m je Richtung (Verkehrsstärke < 1500 Radfahrer/Spitzenstunde) (Quelle: [COWI et al., 2014]).....	23
Abbildung 9:	Querschnitt Zweirichtungs-Radschnellweg separat geführt: Breite 3,0 m – 4,0 m (Quelle: [COWI et al., 2014])	23
Abbildung 10:	Querschnitt Zweirichtungs-Radschnellweg Straßenbegleitend: Breite 4,0 m + 1,0 m Trennfläche (Quelle: [COWI et al., 2014])	23
Abbildung 11:	Querschnitt Radschnellweg inklusive Fußgängernutzung: Breite 4,0 m (Quelle: [COWI et al., 2014]).....	24
Abbildung 12:	Radschnellverbindung auf Straße ohne gekennzeichneten Radweg (Quelle: [COWI et al., 2014]).....	24
Abbildung 13:	Entwurf der North-South Cycle Route (Blackfriars Road) (Quelle: [Transport For London, 2013]).....	26
Abbildung 14:	Zusammenfassung der Richtlinien für die Breite von Radverbindungen und der Kategorialen Einteilung der Verkehrsstärke in London (Quelle: [Transport For London, 2014]).....	27
Abbildung 15:	Beispiel für ein Schweizer Velonetz mit Velobahnen (radial und tangential) sowie Hauptverbindungen (Quelle: [Velokonferenz Schweiz, 2015])	28
Abbildung 16:	Geometrisches Normalprofil Zweirichtungsradweg (eigenständig) für 3 Fahrräder (Quelle: [Baker et al., 2017]).....	29
Abbildung 17:	Kurvenradien in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit gem. SN 640 060 (Quelle: [Baker et al., 2017])	30
Abbildung 18:	geplante Strecke für den Radschnellweg Ruhr RS1 (Quelle: [Nimrich, 2017]).....	32
Abbildung 19:	Regelquerschnitt selbstständig geführter Zweirichtungsradweg mit angrenzendem Gehweg bei eingeschränkter Flächenverfügbarkeit (Quelle: [Alrutz, 2014]).....	34
Abbildung 20:	Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung im Seitenraum: Einseitiger Zweirichtungsradweg Quelle: [Alrutz, 2014]	35
Abbildung 21:	Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung als Einrichtungsradweg oder Radfahrstreifen (Quelle: [Alrutz, 2014])	35

Abbildung 22: Radfahrstreifen mit zugelassenem Busverkehr als Radschnellverbindung (Quelle: [Alrutz, 2014]).....	36
Abbildung 23: Beispiel für die Führung einer Radschnellverbindung als Fahrradstraße (Quelle: [Alrutz, 2014]).....	36
Abbildung 24: Rad-Langstreckenverbindungen Wien-Umland (Quelle: [Stadtentwicklung Wien])...	39
Abbildung 25: Modal Split Verteilung Graz (Quelle: [Stadt Graz, 2014]).....	48
Abbildung 26: Darstellung und Verlauf der 13 Hauptradrouten im Grazer (Quelle: [FGM - Forschungsgesellschaft Mobilität, 2007]).....	50
Abbildung 27: Entwicklung und langfristige Ziele des Modal Split von 1982 bis 2050 (Anteil an den Wegen der Grazer Wohnbevölkerung) (Quelle: [Fallast and Huber, 2015]).....	52
Abbildung 28: Zählstellen Radverkehrsanteil Petersgasse / Mandellstraße (Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017]).....	56
Abbildung 29: Auswertung Querschnittsbelastungen (QS1 – Mandellstraße, QS2 – Petersgasse) ...	56
Abbildung 30: Knotenstromerhebungsdaten Kreuzung: Petersgasse – Moserhofgasse, Petersgasse – Steyrergasse.....	57
Abbildung 31: Schematische Darstellung der Verkehrsführung im Falle eines Rad-Highways in der Mandellstraße/Petersgasse.....	59
Abbildung 32: Regelprofil gemischter Geh- und Radweg (Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011]).....	61
Abbildung 33: Regelprofil getrennter Geh- und Radweg (Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011]).....	62
Abbildung 34: Lückenschluss Rad-Highway Kreuzung Mandellstraße – Petersgasse (Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017]).....	63
Abbildung 35: Angehobene Radwegquerung (Quelle: [Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, 2014]).....	65
Abbildung 36: Untersuchungsgebiet – Modellgebiet Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse (Quelle: [GUARD, 2011]).....	68
Abbildung 37: Flussdiagramm für die Methodik der Modellbildung.....	69
Abbildung 38: Räumliche Abgrenzung (Quelle: [GUARD, 2011]).....	70
Abbildung 39: grafische Darstellung von Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr im Untersuchungsgebiet.....	74
Abbildung 40: schematische Darstellung von Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr in der Verkehrsnachfragematrix.....	75
Abbildung 41: gewählte Einstellungen im Teilnetzgenerator (Quelle: [PTV AG, 2015]).....	76
Abbildung 42: Darstellung des mittels Teilnetzgenerator erzeugten Gebietes inklusive Strecken....	77
Abbildung 43: Übersichtsplan Zählstellen im Teilnetz (Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017]).....	79
Abbildung 44: Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (VLSA 605) – Detektorstandorte und stündliche Verkehrsmengen der Morgen- und Abendspitze (Datenquelle: Zählzeiten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017 + [GIS-Steiermark, 2017]).....	80
Abbildung 45: Tagesganglinien Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (Abfluss Ost) (Datenquelle: Zählzeiten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017).....	81
Abbildung 46: Tagesganglinien Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (Zufluss Süd) (Datenquelle: Zählzeiten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017).....	81
Abbildung 47: Tagesganglinien Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (Zufluss West) (Datenquelle: Zählzeiten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017).....	81

Abbildung 48:	Übersicht Zählraten inklusive Zählstellen und Datum der Zählung.....	82
Abbildung 49:	Knotenstromerhebung Mandellstraße - Sparbersbachgasse (Datenquelle: Knotenstromerhebung Planum 02.02.2017).....	82
Abbildung 50:	Schema Matrix Kalibrierung (Quelle: Eigene Darstellung nach [PTV AG, 2015])	83
Abbildung 51:	VStromFuzzy Verfahren (Quelle: Eigene Darstellung nach [PTV AG, 2015]).....	86
Abbildung 52:	Vergleich der Umlegung mit den Zählraten am Beispiel des Knotenpunktes Mandellstraße – Sparbersbachgasse (links: Morgenspitze, rechts: Abendspitze).....	89
Abbildung 53:	Verkehrsbelastungen IST-Zustand Morgenspitze.....	90
Abbildung 54:	Verkehrsbelastungen IST-Zustand Abendspitze	91
Abbildung 55:	Verkehrsmodell – Streckenbelastungen Morgenspitze (07:00 – 08:00) - Planfall	98
Abbildung 56:	Verkehrsmodell – Streckenbelastungen Abendspitze (16:00 – 17:00) - Planfall	99
Abbildung 57:	Differenzdarstellung – Vergleichsnetz zwischen Planfall und Nullfall - Abendspitze (07:00 – 08:00).....	101
Abbildung 58:	Differenzdarstellung – Vergleichsnetz zwischen Planfall und Nullfall - Abendspitze (16:00 – 17:00).....	102
Abbildung 59:	Gebietsaufteilung Szenario 1.....	104
Abbildung 60:	Gebietsaufteilung Szenario 2.....	105
Abbildung 61:	Abminderungsfaktoren in Matrixdarstellung (optimistisch und pessimistisch)	106
Abbildung 62:	Auszug der Bezirksbeziehungen in Listenform	107
Abbildung 63:	Flussdiagramm Abminderung IV-Nachfragematrix	108
Abbildung 64:	Auswertung Gesamtanzahl an Fahrten im Teilnetz (Morgenspitze)	110
Abbildung 65:	Auswertung Differenzfahrten Nullfall und untersuchte Varianten (Morgenspitze) .	110
Abbildung 66:	Auswertung Verkehrsleistung an Fahrten im Teilnetz (Morgenspitze).....	111
Abbildung 67:	Auswertung Differenzverkehrsleistung Nullfall und untersuchte Varianten (Morgenspitze)	111
Abbildung 68:	Auswertung Gesamtanzahl an Fahrten im Teilnetz (Abendspitze)	112
Abbildung 69:	Auswertung Differenzfahrten Nullfall und untersuchte Varianten (Abendspitze)....	112
Abbildung 70:	Auswertung Verkehrsleistung an Fahrten im Teilnetz (Abendspitze)	113
Abbildung 71:	Auswertung Differenzverkehrsleistung Nullfall und untersuchte Varianten (Abendspitze).....	113
Abbildung 72:	Umlegungsergebnis Radfahrer (Szenario 2 – Abendspitze – optimistisch).....	115
Abbildung 73:	Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Brucknerstraße – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) – Morgenspitze.....	118
Abbildung 74:	Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Brucknerstraße – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze.....	118
Abbildung 75:	Signallageplan Kreuzung Münzgrabenstraße – Brucknerstraße im IST-Zustand [Quelle: Referat Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung Stadt Graz].....	119
Abbildung 76:	Signalzeitenplan Kreuzung Münzgrabenstraße – Brucknerstraße zwischen 06:00 – 09:00 Uhr [Quelle: Referat Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung Stadt Graz].....	119
Abbildung 77:	Neugestaltung – Signallageplan – VLSA Brucknerstraße (Datenquelle: [GIS- Steiermark, 2017])	120
Abbildung 78:	Phasenfolgeplan der Festzeitsteuerung - VLSA Brucknerstraße	121
Abbildung 79:	Zwischenzeitenmatrix – VLSA Knotenpunkt Brucknerstraße - Münzgrabenstraße ..	122

Abbildung 80: Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Dietrichsteinplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Morgenspitze	123
Abbildung 81: Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Dietrichsteinplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze	124
Abbildung 82: Knotenstrombelastungsplan – Schillerplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Morgenspitze	126
Abbildung 83: Knotenstrombelastungsplan – Schillerplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze	126
Abbildung 84: Neugestaltung Signallageplan - VLSA Schillerplatz – Variante 1 (Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017])	128
Abbildung 85: Neugestaltung Signallageplan - VLSA Schillerplatz – Variante 2 (Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017])	128
Abbildung 86: Phasenfolgeplan der Festzeitsteuerung - VLSA Schillerstraße	129
Abbildung 87: Zwischenzeitenmatrix - VLSA Knotenpunkt Schillerstraße	130
Abbildung 88: Knotenstrombelastungsplan - Fröhlichgasse/ Moserhofgasse – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Morgenspitze	131
Abbildung 89: Knotenstrombelastungsplan - Fröhlichgasse/ Moserhofgasse – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze	131
Abbildung 90: Kfz- Führung bei Alternativvariante 1	138
Abbildung 91: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 1 in der Morgenspitze	139
Abbildung 92: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 1 in der Abendspitze	139
Abbildung 93: Kfz- Führung bei Alternativvariante 2	141
Abbildung 94: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 2 in der Morgenspitze	142
Abbildung 95: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 2 in der Abendspitze	142
Abbildung 96: Fahrradstraße als Einbahn in den Niederlanden Quelle: [Talens, 2017]	144

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Unterschiedliche Bezeichnungen für Radschnellwege.....	3
Tabelle 2:	Kriterientabelle zur Überprüfung der Qualitätsanforderungen an Radschnellverbindungen (Quelle: Eigene Darstellung nach [Gwiasda et al., 2014])	7
Tabelle 3:	Auflistung der Fahrradstraßen in Österreich (Stand: 31.Juli 2015) Quelle: [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015]	10
Tabelle 4:	Detaillierte Darstellung ausgewählter Fahrradstraßen in Österreich	11
Tabelle 5:	Kostenvergleich Radinfrastruktur in Österreich Quelle: [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015]	12
Tabelle 6:	Typische potenzielle Einsatzgebiete für Radschnellverbindungen in Abhängigkeit der Siedlungsstruktur (Quelle: [Gwiasda et al., 2014]).....	14
Tabelle 7:	Hauptkriterien für Radschnellwege in den Niederlanden	17
Tabelle 8:	Beziehung zwischen Geschwindigkeit und minimalem Radius (Quelle: [Groot, 2016])	19
Tabelle 9:	Definition der Verkehrsqualitätsstufen LOS für Radstreifen, Radwege sowie Rad- und Fußwege gemäß VSS 2007 306 [53] (Quelle: [Baker et al., 2017]).....	29
Tabelle 10:	geplante Radschnellverbindungen Nordrhein-Westfalen Quelle: [AGFS, 2017].....	33
Tabelle 11:	Vergleich Kriterien für Radschnellwege.....	37
Tabelle 12:	Kriterien für die Beschaffenheit von Radverkehrsanlagen in Wien (Quelle: [Stadtentwicklung Wien, o. J.b]).....	41
Tabelle 13:	Basis Kriterienkatalog Rad-Langstrecken Wien (Quelle: [Stadtentwicklung Wien, o. J.b])	42
Tabelle 14:	Kriterienkatalog spezielle Örtlichkeiten an Rad-Langstrecken der Stadt Wien (Quelle: [Stadtentwicklung Wien, o. J.b]).....	43
Tabelle 15:	Finanzierungsansatz für die drei Entwicklungsstrategien in der Stadt Salzburg (Quelle: [Stadt Salzburg, 2017])	44
Tabelle 16:	Gegenüberstellung der Wirkungen durch die unterschiedlichen Entwicklungsansätze der Stadt Salzburg (Quelle: [Stadt Salzburg, 2017])	45
Tabelle 17:	Prognostizierte Auswirkungen der Radschnellverbindung Salzburg – Freilassing auf die Reisezeit (Quelle: [Koch et al., 2016]).....	46
Tabelle 18:	Liste aller Grazer Hauptradrouten (Quelle: [Glösl, o. J.])	49
Tabelle 19:	Übergeordnete Ziele Mobilitätskonzept Graz 2020 (Quelle: [Fallast and Huber, 2015])	53
Tabelle 20:	Breitenanforderungen von gemischten Geh- und Radwegen (Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011])	60
Tabelle 21:	Breitenanforderungen von getrennten Geh- und Radwegen (Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011])	61
Tabelle 22:	vorhandene Verkehrsmittel im GUARD Verkehrsmodell (Quelle: [GUARD, 2011]) ...	71
Tabelle 23:	verhaltenshomogene Personengruppen im GUARD Verkehrsmodell (Quelle: [GUARD, 2011]).....	71
Tabelle 24:	Aktivitäten im GUARD Modell (Quelle: [GUARD, 2011])	72
Tabelle 25:	relevante Nachfragematrizen für den Kfz- Verkehr	73
Tabelle 26:	Verkehrssystem Typen (Quelle: [PTV AG, 2015])	92

Tabelle 27:	Liste mit allen untersuchten Szenarien	95
Tabelle 28:	Rechenbeispiel Matrixabminderung	109
Tabelle 29:	Qualitätsstufen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten (Quelle: [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015])	117
Tabelle 30:	Grenzwerte für die Qualitätsstufen der verschiedenen Verkehrsarten (Quelle: [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015])	117
Tabelle 31:	Ergebnisse für den Vergleich der europäischen Standards von Radschnellverbindungen	145

Abkürzungen

StVO	Straßenverkehrsordnung
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
Kfz	Kraftfahrzeug
CROW	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek
ÖV	öffentlicher Verkehr
IV	Individualverkehr
mIV	motorisierter Individualverkehr
LOS	Level of Service
NRW	Nordrhein-Westfalen
VISEM	VerkehrsInfomationSsystem ErzeugungsModell
VISUM	Programm zur makroskopischen Modellierung der Verkehrsnachfrage der PTV AG Karlsruhe
GUARD	Guaranteed Ride Home
PTV AG	Planung Transport Verkehr AG
DTV	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Graz wird oft als die Fahrradhauptstadt Österreichs bezeichnet. Mit einem gegenwärtigen Modal Split Anteil im Radverkehr von knapp über 14% liegt sie damit im nationalen Spitzenfeld. Die Sicherheit der Radfahrer zu gewährleisten, hat daher eine hohe Priorität. In diesem Zusammenhang ist es vor allem wichtig, die geeignete Infrastruktur zur Verfügung zu stellen, um sicheres und schnelles Radfahren zu ermöglichen. In einigen Stadtteilen von Graz zeigt sich die Situation, dass trotz hohen Radverkehrsaufkommens keine eigene oder eine nicht ausreichend dimensionierte Radinfrastruktur zur Verfügung steht.

Für diese Arbeit wurde konkret auf den Bereich der Mandellstraße und der Petersgasse, zwischen den drei Standorten der Technischen Universität Graz, Bezug genommen. In der Spitzenstunde zeigen sich Kfz-Verkehrbelastungen am Querschnitt von rund 1000 Kfz/h. Im Vergleich dazu wurde eine Streckenbelastung von rund 400 Radfahrern/Spitzenstunde entlang dieses Bereiches ermittelt. Trotz des vergleichsweise hohen Radverkehrsaufkommens steht den Radfahrern keine eigene Infrastruktur zur Verfügung. Die Situation für die Radfahrer wird durch beengte Straßenverhältnisse und beidseitig parkende Autos zusätzlich erschwert. Aus diesem Grund gibt es konkrete Ansätze, die drei Standorte der Technischen Universität Graz mittels eines innerstädtischen Rad-Highways zu verbinden und so die Sicherheit der Radfahrer zu erhöhen. Zusätzlich soll dadurch ein neuer Impuls für den Radverkehr in Graz gesetzt werden.

1.2 Ziel der Arbeit und Lösungsansatz

Unter dem Schlagwort Radschnellverbindungen ist ein Ziel dieser Arbeit eine Literaturrecherche zum Thema Richtlinien und Dimensionierungsansätze von Hochleistungsradverbindungen. Darin sollen zusätzlich internationale Beispiele für bereits umgesetzte Rad-Highways in anderen Ländern enthalten sein. Anhand der Literaturrecherche wird ein Vergleich mit der für die Mandellstraße/Petersgasse geplanten Radschnellverbindung auf Basis geforderter internationaler Standards möglich. Der zweite Bereich der Arbeit stellt die Untersuchung der Auswirkungen des neu etablierten Rad-Highways auf den Kfz-Verkehr in den angrenzenden Stadtteilen von Graz dar. Durch die Führung des Kfz-Verkehrs als Einbahnstraße stadtauswärts auf der Mandellstraße und der Petersgasse wird es zu Verlagerungseffekten kommen. Diese gilt es zu analysieren und darzustellen. In weiterer Folge werden die Hot-Spots der Verkehrsverlagerungen im Detail betrachtet und bei möglichen Leistungsfähigkeitsproblemen Lösungsansätze erarbeitet. Zusätzlich soll über gezielte Abminderung der Nachfragematrix eine mögliche Änderung im Modal Split gezeigt werden.

Für die Untersuchung der Verlagerungseffekte wird mit dem Programm VISUM ein makroskopisches Verkehrsmodell für das Untersuchungsgebiet im Südosten von Graz erstellt. Dieses wird aus dem bestehenden steirischen Verkehrsmodell GUARD, welches den Großraum Graz beinhaltet, ausgeschnitten. Anschließend wird das Modell anhand aktueller Kfz-Zählraten mit dem VISUM Zusatzmodul „VStromFuzzy“ kalibriert. Die dafür nötigen Zählraten stammen zum einen aus Detektorschleifen der Stadt Graz an verschiedenen Kreuzungen und zum anderen wurden eigene Knotenstromzählungen durchgeführt oder es lagen aus vergangenen Projekten bereits Zählraten vor. Anhand des kalibrierten Netzes kann der IST-Zustand dargestellt werden. Basierend auf diesem

Ausgangsmodell ist es möglich, den geplanten Rad-Highway in dieses zu integrieren. Anhand des dadurch neu entstandenen Netzes können mögliche Verlagerungseffekte des Kfz- Verkehrs betrachtet werden. Aus den neu verteilten Kfz-Verlagerungen können wiederum Probleme für den Gesamtverkehr identifiziert werden, die eine detaillierte Betrachtung erfordern. Anzunehmen ist, dass bereits jetzt stark ausgelastete Knotenpunkte sowie Streckenabschnitte in einem kritischen Ausmaß von den Verlagerungseffekten betroffen sein werden.

1.3 Aufbau der Arbeit

Diese Masterarbeit kann in fünf Teilbereiche gegliedert werden. Eine Literaturrecherche zum Thema Radschnellwege bildet dabei den ersten Teil der Arbeit. Der Schwerpunkt liegt dabei zum einen darin, eine klare Definition sowie charakteristische Merkmale von Radschnellverbindungen darzustellen. Da es zum gegenwärtigen Zeitpunkt in Österreich keine Richtlinien oder Gesetze für Radschnellwege gibt, besteht der andere Schwerpunkt darin, Richtlinien sowie Qualitätsstandards aus anderen europäischen Ländern, in denen Radschnellverbindungen bereits fest verankert sind, zu erarbeiten.

Der zweite Teilbereich der Arbeit befasst sich mit dem konkreten Beispiel des Rad-Highways Mandellstraße/Petersgasse in Graz. Dieses Kapitel behandelt sowohl den aktuellen Zustand der bestehenden Radinfrastruktur in Graz als auch die Beschreibung und Erläuterung des geplanten Rad-Highways. Die Integration in das bestehende Netz sowie die Betrachtung baulicher Aspekte spielen dabei eine große Rolle. Neben der baulichen Integration des Rad-Highways soll die zukünftige Integration in die Mobilitätsstrategie der Stadt Graz thematisiert werden.

Der dritte Teilbereich bildet die Kernthematik der Masterarbeit ab und beschäftigt sich mit der Erstellung eines makroskopischen Verkehrsmodells, in welchem die Auswirkungen des Rad-Highways auf den Kfz-Verkehr analysiert werden. Hierbei wird detailliert auf die einzelnen Schritte in der Methodik des Modellaufbaus eingegangen. Diese sind im Wesentlichen die Erstellung des Teilnetzes, die Aufbereitung der Zählraten, die Matrixkorrektur und die Etablierung des Einbahnsystems im Netz. Basierend auf diesem Netz werden im nächsten Kapitel die Ergebnisse der Modellierung dargestellt. Zu den Ergebnissen zählen neben den Verlagerungseffekten auch die Auswertungen verkehrstechnischer Kennzahlen, wie zum Beispiel die Anzahl der Fahrten und der erbrachten Verkehrsleistung im Untersuchungsgebiet.

Im fünften Kapitel werden aufbauend auf die Verlagerungseffekte konkrete Problembereiche, an denen es zu überdurchschnittlicher Mehrbelastung kommen wird, näher analysiert. Einerseits geht es darum, auftretende Probleme aufzuzeigen, andererseits sollen umsetzbare Lösungsvorschläge angeboten werden. Im Rahmen der Problemanalyse werden auch Alternativvarianten zum geplanten Rad-Highway gezeigt.

Abschließend werden nochmals die wichtigsten Ergebnisse aufgezeigt und ein Ausblick auf noch ausstehende Untersuchungen im Rahmen des Projektes gegeben. Zusätzlich kann eine Empfehlung für die nähere Untersuchung einer Alternativvariante abgegeben werden.

2 Literaturrecherche

2.1 Merkmale von Radschnellwegen

Die bestehende Radinfrastruktur steht vor neuen Herausforderungen. Durch die zunehmende Beliebtheit des Verkehrsmittels Rad werden mehr und mehr Wege mit diesem zurückgelegt. Zusätzlich können durch neue Innovationen wie dem E-Bike immer längere Distanzen komfortabel mit dem Rad bewältigt werden. Diese Innovationen beinhalten eine höhere Geschwindigkeit, die mit diesem Verkehrsmittel erreicht werden kann. Die derzeit in weiten Teilen Österreichs vorhandene Radinfrastruktur wird diesen neuen Herausforderungen in Zukunft kaum noch gerecht werden können. Der Bedarf an längeren und leistungsfähigeren Radwegen wird in den kommenden Jahren stetig steigen. Hochwertige Radverbindungen wurden unter dem Namen Radschnellverbindungen oder Rad-Highways in anderen europäischen Ländern bereits umgesetzt.

Die Idee einer Radschnellverbindung erscheint auf dem ersten Blick neuartig, in Wahrheit wurden erste Überlegungen bereits Ende 19. Jahrhunderts in den Vereinigten Staaten von Amerika angestellt. Im Jahr 1900 wurde in Kalifornien zwischen Pasadena und Los Angeles eine Radschnellverbindung (Abbildung 1) unter dem Namen „California Cycleway“ erreicht [Spapè *et al.*, 2015].



Abbildung 1: California Cycleway (Quelle: [Spapè *et al.*, 2015])

Heutzutage sind hochwertigen Radverbindungen unter den verschiedensten Definitionen zu finden. Eine einheitliche Bezeichnung hat sich dabei noch nicht durchgesetzt. Die folgende Tabelle zeigt eine Auflistung verschiedener Länder mit der dazugehörigen Bezeichnung der Radschnellverbindungen.

Tabelle 1: Unterschiedliche Bezeichnungen für Radschnellwege

Niederlande:	<i>Fietssnelweg</i>
Dänemark:	<i>Supercykelstier</i>
Großbritannien:	<i>Cycle Superhighways</i>
Deutschland:	<i>Radschnellverbindung / Radschnellweg</i>
Schweiz:	<i>Velohighway, Velobahn</i>
Österreich:	<i>Rad-Langstrecken, Premium-Radweg</i>

Neben den, in der Tabelle angeführten Bezeichnungen für hochrangige Radverbindungen, findet sich international immer wieder die Bezeichnung „Rad-Highway“. Eine häufige Bezeichnung als Autobahn für Radfahrer unterstreicht nochmals die Bedeutung als hochrangige Verbindung. Genau dieser Vergleich mit Autobahnen im Straßenverkehr beschreibt auch die eigentliche Idee von Radschnellverbindungen. Diese sollen wie Autobahnen im Straßennetz, im Radverkehrsnetz die hochrangigsten Verbindungen darstellen.

In Österreich gibt es derzeit keine klare Definition, was unter die Kategorie Rad-Highways oder Radschnellverbindungen fällt. Weder in der österreichischen Straßenverkehrsordnung (StVO) noch in den Richtlinien und Vorschriften des Straßenwesens (RVS) finden sich Einträge dazu.

In Deutschland gibt es zu diesem Thema von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) bereits ein Arbeitspapier unter dem Titel „Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen“. In diesem wurden Anforderungen, Standards sowie Ausführungsbeispiele sehr detailliert dargestellt.

Angelehnt an die deutsche Richtlinie findet sich im Paper „Der Faktor Zeit im Radverkehr“ vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie folgende Definition:

„Radschnellwege sind qualitativ hochwertige, direkt geführte und leistungsstarke Verbindungen zwischen Kreisen, Kommunen und innerhalb städtischer Räume“ [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2016].

Da aus einer solchen Definition nicht offensichtlich hervorgeht, was wirklich alles unter die Kategorie Radschnellverbindung fällt, wird der Begriff in diesem Kapitel detailliert erarbeitet. Auch in allen weiteren Erläuterungen zu allgemeinen Gesichtspunkten von Radschnellwegen findet sich, aufgrund der hohen Relevanz für Österreich, immer wieder der Bezug zur deutschen Richtlinie wieder.

2.1.1 Begriffsdefinitionen

Begriffe wie Radschnellweg, Radschnellstrecke oder Rad-Highway werden in unterschiedlichsten Berichten und vor allem in Medienartikeln oft als Synonyme verwendet. Eine Vereinheitlichung dieser Begriffe ist allerdings nicht immer korrekt. Generell versteht man unter einer Radschnellverbindung oder einem Rad-Highway eine hochrangige Radverbindung vergleichbar mit dem Autobahnnetz im Kfz-Verkehr. Diese Bezeichnungen beziehen sich hierbei auf die Verbindung und nicht auf die Infrastrukturanlage an sich. Für Radschnellverbindungen gelten jedoch höhere infrastrukturelle Ansprüche als für gewöhnliche Radwege. Im Folgenden wird versucht die konkreten Begriffe klar voneinander zu trennen.

Radschnellwege, Radschnellverbindungen:

Radschnellwege sowie Radschnellverbindungen dienen als direkte, hochwertige und leistungsstarke Verbindung größerer Quell- Ziel- Potenziale über Distanzen von mindestens 5 km [Gwiasda *et al.*, 2014]. Sie stellen die hierarchisch höchste Stufe in den Radverkehrsnetzen dar. In Bezug auf die Netzkategorien laut Empfehlungen für Radverkehrsanlagen (ERA) entspricht diese Definition der Kategoriegruppe IR II und AR II. So handelt es sich laut ERA um Verbindungen für den Alltagsradverkehr auf größeren Entfernungen, zum Beispiel zwischen Hauptzentren oder einer innerörtlichen Fortsetzung einer Stadt-Umland-Verbindung. Bei Entfernungen größer 10 km entspricht die Verbindung jener zwischen Mittel- und Oberzentren [Gwiasda *et al.*, 2010]. Ein Radschnellweg stellt auch qualitativ die höchste Ausbaustufe im Radverkehr dar. Speziell bei den erreichbaren

Geschwindigkeiten und Breiten gibt es klar definierte Anforderungen um einen gewissen Qualitätsstandard zu erreichen.

Rad-Langstrecken, Radschnellstrecken, Radrouten:

Während der Radschnellweg die oberste hierarchische Stufe der Radverkehrsinfrastruktur darstellt, ist eine Rad-Langstrecke oder Radschnellstrecke nicht konkret definiert. Eine solche Art der Verbindung stellt grundsätzlich eine längere durchgehende Verbindung verschiedener oder einheitlicher Radinfrastruktur dar. Darunter fallen angefangen bei Tempo 30 km/h Zonen ohne gesonderte Radinfrastruktur, Radfahrstreifen und separat geführte Radwege bis hin zu Radschnellwegen alle möglichen Teile der Radinfrastruktur [Spapé, 2016]. Ein passendes Beispiel stellen die Hauptradrouten in Graz dar. Hierbei handelt es sich um keine homogene Infrastruktur sondern eher um längere, für den Radverkehr gut geeignete Strecken.

Rad-Highway:

In dieser Arbeit wird der Begriff Rad-Highway vor allem für die in Graz geplante hochwertige Radinfrastruktur in der Mandellstraße und der Petersgasse verwendet. Laut eigener Definition versteht man unter einem Rad-Highway in dieser Arbeit eine kurze, innerstädtische, aber sehr leistungsfähige Radverbindung, die für Lückenschlüsse im hochrangigen Radverkehrsnetz geeignet ist. Im Gegensatz zu einem Radschnellweg gibt es hier keine zwingende präferierte Vorfahrt an Knotenpunkten und auch in der Breite können Einschränkungen in Kauf genommen werden. Grundsätzlich widerspricht sich die Bezeichnung Rad-Highway in Graz mit der allgemein gültigen Bezeichnung eines Rad-Highway (Radschnellverbindung). In Graz wird daher mit dem Begriff Rad-Highway nicht die überregionale Verbindung, sondern gezielt die geplante Infrastruktur an sich angesprochen.

Radschnellwege und Radschnellstrecken stellen hochrangige Verbindungen über längere Distanzen dar. Der Unterschied liegt hierbei in der Qualität der Ausführung der Infrastruktur. Während der Begriff Rad-Highway eigentlich ein Überbegriff aller Definitionen für überregionale hochrangige Radinfrastruktur ist, wird der Begriff in Graz für eine konkrete Infrastrukturanlage verwendet.

2.1.2 Qualitätsanforderungen und Kriterien

Das oberste Ziel von Radschnellverbindungen ist, Gebiete mit hohem Quell- und Zielpotential zu verbinden. Eine solche Verbindung soll so gut als möglich direkt und ohne Umwege erfolgen. Durch eine hochrangige Infrastruktur, wie zum Beispiel bei einem Rad-Highway, soll eine deutliche Beschleunigung des Radverkehrs erzielt werden. Im Gegensatz zum motorisierten Individualverkehr soll so eine kürzere Reisezeit erreicht und ein Umstieg auf ein umweltfreundliches Verkehrsmittel bewirkt werden [Gwiasda *et al.*, 2014].

Damit die von einem Radschnellweg erwartete Leistungsfähigkeit erreicht werden kann, müssen bestimmte Qualitätsstandards erfüllt werden. Die Kriterien unterscheiden sich jedoch von Land zu Land und sind oft nicht als verbindliche Richtlinien definiert. In den meisten Ländern handelt es sich dabei um Empfehlungen in Bezug auf die Ausführung und Ausstattung von Radschnellwegen. Hochwertige Radschnellwege können zum einen neu erbaut werden, es besteht allerdings auch die Möglichkeit bestehende Infrastruktur dahingehend auszubauen, dass sie den Anforderungen entspricht. Hierbei kommen verschiedenste Führungsformen wie breite Radfahrstreifen oder

Fahrradstraßen in Frage. Entscheidend ist auf jeden Fall, dass eine Verkürzung der Reisezeit durch höhere Geschwindigkeiten erreicht wird.

Auch wenn die Anforderungen für Radschnellwege den länderspezifischen Richtlinien bzw. Empfehlungen unterliegen und sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig sind, sind einige Grundsätze für Radschnellwege allgemein gültig. Am besten können die Anforderungen an Radschnellwege durch folgende fünf Kategorien beschrieben werden. In diesen Kategorien gibt es jeweils noch Unterkriterien, welche die Bedürfnisse detaillierter darstellen [Spapè *et al.*, 2015]:

- Konsistenz
 - Auffindbarkeit
 - Erkennbarkeit
 - Konsistenz in der Qualität
 - Routenwahlmöglichkeiten
- Direktheit
 - Abwicklungsgeschwindigkeit
 - Verzögerung
 - Umwegigkeit
- Attraktivität
 - Belebung
 - Soziale Sicherheit
- Sicherheit
 - Konflikte mit motorisiertem Verkehr
 - Fehlerverzeihende Gestaltung
- Komfort
 - Oberflächen
 - Steigungen
 - Abstellmöglichkeiten
 - Witterungsschutz
 - Schneeräumung

Auch auf dem hochrangigen Radverkehrsnetz ist eine Führung gänzlich ohne Kreuzungs- und Haltebereiche nicht immer möglich. Speziell in dicht besiedelten Gebieten stellen Knotenpunkte eine Herausforderung an die Radschnellwege dar. Grundsätzlich soll bei der Planung darauf geachtet werden, dass an Kreuzungen der Radschnellweg immer Vorrang hat. Ist eine Bevorrangung aus diversen Gründen nicht umsetzbar, sollen die Wartezeiten minimiert werden, um so die Attraktivität der Strecken aufrecht zu halten. An Kreuzungspunkten, welche mittels Verkehrslichtsignalanlage geregelt sind, können die Wartezeiten über das Prinzip der „grünen Welle“ verringert werden. Da jedoch jeder Knotenpunkt eine individuelle Situation mit sich bringt, gibt es keine Musterlösung für dessen Ausbildung beim Vorhandensein einer Radschnellverbindung. Zu beachten wird sein, dass in den einzelnen Ländern unterschiedliche Gesetze und Richtlinien für die Ausführung von Knotenpunkten vorhanden sind.

Einer der wesentlichsten Unterscheidungsmerkmale eines Radschnellweges von einem herkömmlichen Radweg ist die größere Breite, die größere Kapazität und damit auch der höhere Komfort der Strecke. Laut FGSV [2015] sollte hier auf jeden Fall angestrebt werden, dass zwei Radfahrer komfortabel nebeneinander fahren können. Auch das Überholen durch einen Dritten sollte in weiten Teilen problemlos durchführbar sein.

Um den Anforderungen der Direktheit gerecht zu werden, ist es bei Radschnellverbindungen notwendig, Kunstbauwerke wie Brücken, Tunnel oder Unterführungen zu verwenden. Es gilt der Grundsatz, dass Unterführungen einer Überführung, wenn es die örtlichen Gegebenheiten zulassen,

immer vorzuziehen sind. Grund ist die erleichterte Befahrbarkeit. Durch das Bergabfahren kann der Schwung für den folgenden Aufstieg mitgenommen werden. Außerdem ergeben sich bei Unterführungen wesentlich geringere Höhendifferenzen als bei Überführungen. Diese Tatsache hängt mit den Lichtraumvoraussetzungen der Straßen zusammen, die mithilfe einer Radschnellverbindung überquert werden sollen. Der vorgegebene Lichtraum der Straße muss unter der Überführung bzw. Brücke weiterhin gewährleistet sein. Bei Unterführungen ist die notwendige Höhendifferenz vom Lichtraum der Radschnellverbindung abhängig, der geringer ausfällt als jener für andere Straßen. Von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen wurde folgende Tabelle zur Prüfung der Anforderungen an Rad-Highways erstellt.

Tabelle 2: Kriterientabelle zur Überprüfung der Qualitätsanforderungen an Radschnellverbindungen (Quelle: Eigene Darstellung nach [Gwiasda et al., 2014])

Hauptkriterium	Unterkriterium	Parameter	Zielwert
Fahrtgeschwindigkeit	Radien	Streckenlänge mit $R < 20$ m (zuzüglich Wirkungsbereich an jeder derartigen Stelle von 40 m für Abbremsen und Beschleunigen)	Streckenlänge, auf der mindestens ein Unterkriterium nicht eingehalten wird, liegt bei nicht mehr als 10 % der Gesamtlänge
	Oberflächen	Streckenlänge ohne Oberfläche aus Asphalt oder Beton	
	Störungen Kfz	Streckenlänge mit > 100 Kfz/Tag auf den vom Radverkehr genutzten Flächen	
	Störungen Fußverkehr	Streckenlänge, auf welcher es sehr wahrscheinlich ist, dass zu Fuß Gehende sich auf den vom Radverkehr benutzten Strecken bewegen.	
	Einbauten	Streckenlänge, die durch Einbauten verschmälert wird (bei punktförmigen Einbauten gilt ein Wirkungsbereich von 40 m Länge)	
	Steigungen	Streckenlänge mit Steigungen von > 6 %, sofern sich die Steigungen nicht durch die Topografie zwingend ergeben.	
	Sonstiges	Streckenlänge, auf der die Fahrtgeschwindigkeit von 30 km/h aus sonstigen Gründen vermindert werden muss (z.B. verkehrsrechtliche Beschränkungen, schlechte Sicht, hohes Radverkehrsaufkommen)	

Zeitverluste	Wartezeiten	Summe der mittleren Wartezeiten nach HBS je Knotenpunkt bzw. Überquerungsstelle.	Summe der mittleren Verlustzeiten aus Anhalten und Warten liegt nicht höher als außerorts 15 s und innerorts 30 s je Kilometer; je 20 Knotenpunkte darf dabei ein Knotenpunkt, der nach HBS, Qualitätsstufe D oder besser erreicht, außer Acht gelassen werden.
	Anhalten	Summe der Zeitverluste durch Anhalten (10 – 15 s Zeitverlust je Anhaltevorgang ohne Wartezeit)	
Breite		Streckenlänge, bei der die Querschnittsbreiten für den Radverkehr deutlich unterschritten werden	Streckenlänge, auf der diese Breite unterschritten wird, liegt bei nicht mehr als 10 % der Gesamtlänge

Die, in der Tabelle 2 dargestellten Kriterien beziehen sich zwar auf die deutsche Richtlinie, sind aber allgemein gültige Anhaltspunkte für Radschnellwege. Für die Ausführung als Radschnellverbindung stellen diese Kriterien die Mindestanforderungen dar. Da es während der Ausführung immer wieder zu unerwarteten Änderungen kommen kann, sollen in der Planungsphase strengere Kriterien als tatsächlich erforderlich angesetzt werden. Ist die Einhaltung der Qualitätskriterien in weiten Teilen des Streckenverlaufes nicht möglich, ist eine Ausführung als Hauptverbindung des Radverkehrs anstatt eines Radschnellweges empfehlenswert. Diese Verbindungen stellen das hierarchisch nachgeordnete Netz dar. Verbindungen dieser Art sind auch als Radcityrouten, Radvorrangrouten oder Velorouten bekannt. Diese dienen ebenfalls der Verbindung von Aufkommensschwerpunkten und als Zulaufstrecken zu den übergeordneten Radschnellverbindungen. Der Ausbaustandard von diesen Hauptverbindungen ist an jene der Radschnellwege angelehnt, erlaubt allerdings ein breiteres Spektrum an Führungsmöglichkeiten (siehe Definition Radschnellstrecken) [Gwiasda *et al.*, 2014].

Eine weitere wichtige Anforderung ist die Errichtung von Servicestationen, besonders auf längeren Verbindungen. Die Entfernung solcher Servicepoints sollte nicht mehr als 4 bis 5 Kilometer betragen und möglichst an zentralen oder wichtigen Knotenpunkten liegen. Diese Punkte sollen neben Reparatur- und Wartungsmöglichkeiten für Fahrräder auch Unterstellplätze bei Regenschauern bieten. Zusätzlich sollten Sitzgelegenheiten und Müllplätze errichtet werden, um einen längeren Aufenthalt zu ermöglichen. Neben dem Serviceangebot sollen diese Servicepunkte auch ein Informationsangebot bieten. Speziell für Servicepoints an Knotenpunkten ist das Informationsangebot zur Neuorientierung sehr wichtig [Gwiasda *et al.*, 2014].

2.1.3 Charakteristika eines Radschnellweges

Grundsätzlich ist der Einsatz von Radschnellverbindungen für Langstrecken gedacht. Es wird von einer Mindestlänge einer Verbindung von 5 km ausgegangen und kann bis zu 30 km gehen. Es sollen somit Hauptzentren wie Städte mit dem Umland verbunden werden. Die Bewohner der umliegenden Gemeinden sollen die Möglichkeit haben, komfortabel und schnell mit dem Rad in die Stadt zu pendeln. Nach dem deutsch-niederländischen Vorbild wäre die Erschließung von Gebieten im Umkreis von 15 bis 20 km komfortabel möglich [Groot, 2016].

Neben der Verbindung von Verkehrsaufkommensschwerpunkten stellen die Radschnellwege auch die hierarchisch höchste Infrastruktur in den Radverkehrsnetzen dar. Als hochrangige Hauptverbindung hat eine Radschnellverbindung Anschlüsse zum untergeordneten Netz. So können auch jene Bereiche, die nicht direkt mittels eines Radschnellweges erreicht werden können, eine gute Anbindung erhalten. Radschnellwege spielen auch in Kombination mit dem öffentlichen Verkehr eine bedeutende Rolle. So stellen etwa Bahnhöfe und Haltestellen wichtige Quell- und Zielorte von Radverbindungen dar. Die Führung einer Radschnellverbindung entlang einer stark befahrenen Hauptachse des Kfz- Verkehrs soll vermieden werden, da es in diesen Bereichen zu starken Luftverschmutzungen kommt. Für die Routenwahl speziell im urbanen Bereich eignen sich wenig befahrene Seitenstraßen besser. In diesem Zusammenhang ist jedoch auch immer das Kriterium der Direktheit eines Radschnellweges zu beachten [Groot, 2016].

Durch die Länge eines Rad-Highways soll sich dieser auch in punkto Qualität und Ausführung deutlich vom restlichen Radverkehrsnetz abheben. Speziell in der Barrierefreiheit und der damit einhergehenden Verbesserung der Reisezeit soll sich eine Radschnellverbindung auszeichnen.

Da es sich um eine hochrangige Infrastruktur handelt, vergleichbar mit Autobahnen im Kfz-Verkehr, sollen die Verbindungen möglichst direkt und ohne wesentliche Umwege geführt werden. Eine damit einhergehende Verkürzung der Distanzen spiegelt sich wiederum in einer Verkürzung der Reisezeit wider. Neben der direkten Quell- Zielverbindung von Radschnellverbindungen ist auch darauf zu achten, diese möglichst knotenpunktarm zu gestalten. Laut Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen [2015] können Warte- und Anhaltezeiten an Kreuzungsbereichen bis zu 20 % der Reisezeit ausmachen. Daher stellt sich der Grundsatz, Rad-Highways an Knotenpunkten vorrangig zu behandeln.

Ein weiteres Unterscheidungskriterium stellt die fahrbare Geschwindigkeit dar. Anhand der Trassierungsparameter und der Einhaltung der Qualitätskriterien in punkto Breite und Kurvenradien, soll eine bestimmte Qualität der Geschwindigkeit gewährleistet werden. Die Art der Trassierung hat auch Einfluss auf den Komfort beim Befahren der Strecke.

Grundsätzlich ist ein Rad-Highway nicht für den Freizeitradverkehr ausgelegt, schließt diesen jedoch nicht aus. Als potenzielle Nutzer einer Radschnellverbindung kommen großteils Berufs- und Alltagspendler in Frage. Diese Gruppe besitzt auch das größte Umsteigepotential vom Kfz auf das Rad, was zu einer deutlichen Änderung im Modal Split führen könnte.

Um eine gewisse Anzahl an Radfahrern befördern zu können, muss ein Rad-Highway eine dementsprechende Leistungsfähigkeit aufweisen. Eine optimale Nutzung der Investitionskosten wird ab einer Verkehrsstärke von 2000 Fahrradfahrten pro Tag und Querschnitt erreicht. Eine Nachfrage in dieser Höhe rechtfertigt einen voll ausgebauten Radschnellweg. Unter Anpassungen der Qualitätsstandards kann es aber auch durchaus sinnvoll sein, bereits bei geringeren Verkehrsstärken eine Radschnellverbindung zu errichten. Bevor eine Infrastruktur vorhanden ist, ist es schwierig

genaue Nutzerzahlen zu prognostizieren. Fakt ist allerdings, dass neue attraktive Infrastruktur auch mehr Nutzer generiert [Gwiasda *et al.*, 2014].

Zusammenfassend kann eine Radschnellverbindung als hochwertige Verbindung mit einer Länge von mindestens 5 km gesehen werden. Mit möglichst direkter und komfortabler Linienführung können die Reisegeschwindigkeiten erhöht und die Reisezeiten gesenkt werden. Eine weitere Anforderung an Radschnellverbindungen ist die Bereitstellung von hoher Leistungsfähigkeit, um das mögliche Umstiegspotential vom Kfz auf das Fahrrad möglich zu machen. Wichtig für die Akzeptanz von Radschnellwegen ist die möglichst gute Integration in das bestehende Netz. Eine isolierte Lösung sollte auf Grund der fehlenden Anschlussmöglichkeiten vermieden werden [Gwiasda *et al.*, 2014].

2.1.4 Fahrradstraßen als Teil von Radschnellwegen

Fahrradstraßen bilden, vor allem in urbanen Gebieten, wesentliche Teile von Radschnellverbindungen. Ganz allgemein versteht man unter einer Fahrradstraße, eine für den Radverkehr vorgesehene Straße. Die Grundidee besteht darin, den Radverkehr im Vergleich zum Kfz- Verkehr zu attraktivieren. Die höchstzulässigen Geschwindigkeiten in einer Fahrradstraße dürfen in Deutschland 30 km/h nicht übersteigen. Die genauen Definitionen, sowie die Rechtslagen, unterscheiden sich von Land zu Land. In Deutschland sieht die Vorschrift beispielsweise vor, dass die Benützung einer Fahrradstraße mit einem Kfz nur zulässig ist, wenn entsprechende Zusatzbeschilderung vorhanden ist [Bundesrepublik Deutschland, 1934].

In den Niederlanden stellt sich eine andere Situation ein. Kfz-Verkehr ist in Fahrradstraßen generell erlaubt. Der Radverkehr hat allerdings immer Vorrang [Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2009]. Um die Vorrangregelung zu verdeutlichen werden Fahrradstraßen mit demselben roten Asphalt eingefärbt, wie es für Radwege vorgesehen ist. Zusätzlich wird anhand von Beschilderungen die Bevorzugung des Radverkehrs verdeutlicht [Groot, 2016].

Anders als bei Radschnellwegen sind Fahrradstraßen in Österreich bereits in §67 StVO verankert. Diese sieht vor, dass Fahrradstraßen grundsätzlich dem Radverkehr vorbehalten sind. Eine Ausnahme für den Kfz-Verkehr stellen Querungen sowie Zu- und Abfahrten dar. In Österreich ist ebenfalls eine Geschwindigkeitsbeschränkung von Tempo 30 km/h vorgeschrieben [Österreichischer Nationalrat, 2013]. Seit der StVO- Novelle 2013 durch den Nationalrat wurden österreichweit bereits 23 Fahrradstraßen umgesetzt (Stand 31.Juli 2015) [Radlobby Österreich, 2015].

Tabelle 3: Auflistung der Fahrradstraßen in Österreich (Stand: 31.Juli 2015)

Quelle: [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015]

Gemeinde	Bundesland	Einwohner	Anzahl Fahrradstraßen	Staðenname
Bregenz	Vorarlberg	28.000	1	Klostergasse
Hard	Vorarlberg	12.000	1	Wallstraße/Sportplatzgasse
Innsbruck	Tirol	128.000	1	Gabelbergstraße
Klagenfurt	Kärnten	97.000	6	Schilfweg, Schleusenweg, Gabelweg, Friedelstrand, Wilsonstraße, Lorettoweg
Salzburg	Salzburg	145.000	1	Bozner Straße/Glanspitz in Lehen

St.Pölten	Niederösterreich	52.000	3	Johann-Gasser-Straße, Hans-Schickelgruber- Straße, Clichystraße
Reutte	Tirol	6.000	1	Königsweg
Wien	Wien	1.800.000	2	Kuchelauer Hafestraße, Hofjagdstraße
Wolfurt	Vorarlberg	8.000	7	Fattstraße, Schmerzenbildstraße, Riedweg, Neudorfstraße, Kirchstraße, Hofsteigstraße, Bregenzerstraße

Bauliche Gestaltung:

Obwohl die Fahrradstraße fest in der österreichischen StVO verankert ist, gibt es zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine konkret festgelegten Empfehlungen, wann eine Fahrradstraße errichtet werden soll. Laut RVS sind Fahrradstraßen für Hauptverbindungen des Radverkehrs gedacht und sollen daher möglichst bevorrangt behandelt werden. Angaben zu Maximalwerten des DTV im Kfz- Verkehr sind in der RVS 03.02.13 nicht festgelegt, da laut StVO ohnehin nur Kfz-Anrainerverkehr oder eingeschränkter Kfz-Richtungsverkehr mit maximal 30 km/h erlaubt ist [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, 2014]. Das Amt der Vorarlberger Landesregierung hat die Anforderungen an Fahrradstraßen konkreter dargestellt und als Richtwert festgehalten, dass der DTV im Kfz- Verkehr deutlich unter 5.000 Kfz pro Tag liegen soll [Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2017]. In den Niederlanden wird für die Führung als Fahrradstraße eine Mindestanzahl an Radfahrern von 1.000 Radfahrern pro Tag und eine maximale Verkehrsstärke im Kfz- Verkehr von 2.500 Kfz pro Tag festgelegt. Werden diese Werte nicht eingehalten ist eine andere Lösung zu finden [Groot, 2016]. In Tabelle 4 werden ausgewählte Fahrradstraßen hinsichtlich ihres Verkehrsaufkommens und ihrer Länge verglichen.

Tabelle 4: Detaillierte Darstellung ausgewählter Fahrradstraßen in Österreich

Ort	Straße	Eröffnung	Länge [m]	DTV [Kfz/Tag]
Hard, V	Wallstraße/Sportplatzstraße	05.04.2013	450	554/166

Die durchschnittliche Länge einer Fahrradstraße in Österreich beträgt 350 m. Die kleinste Umsetzung findet man in Innsbruck mit einer Länge von 135 m und einer Breite von 5,0 m. Die mit 600 m derzeit längste Fahrradstraße befindet sich in Klagenfurt. Bei den meisten Fahrradstraßen wurde keine bauliche Umgestaltung durchgeführt und nur eine Beschilderung angeordnet [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015].

Kosten und Aufwand

Die Errichtungs- oder Verordnungskosten einer Fahrradstraße betragen in Österreich zum momentanen Zeitpunkt im Schnitt 20.000 € pro Gemeinde. Die Kosten sind jedoch stark von der notwendigen Umgestaltung der regulären Straße abhängig. Es gibt Unterschiede ob eine Straße baulich verändert oder nur neu beschildert werden muss. Die Kosten für Verkehrszeichen und Bodenmarkierungen liegen zwischen 5.000 und 10.000 €. Verglichen mit anderer Radinfrastruktur

stellt die Fahrradstraße somit eine sehr günstige Alternative dar. In Tabelle 5 werden die unterschiedlichen Anschaffungskosten dargestellt [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015].

Tabelle 5: Kostenvergleich Radinfrastruktur in Österreich

Quelle: [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015]

Länge	Führungsform	Kosten
1 km	Radweg	90.000 – 700.000 EUR*
1 km	Radfahrstreifen/Mehrzweckstreifen	7.000 EUR
1 km	Fahrradstraße	Ab 2.000 EUR
* je nach Grundstückskosten		

Durch die Beschränkung auf Tempo 30 km/h sowie die bevorzugte Bevorrangung von Radfahrern gegenüber dem Kfz-Verkehr und den geringen Kosten, bilden Fahrradstraßen, speziell im innerstädtischen Raum, eine ideale Möglichkeit, leistungsfähige Radverbindungen zur Verfügung zu stellen. Durch die weiterhin mögliche Nutzung der Straßen durch den Kfz-Verkehr können aufwändige Umleitungen für Anrainerfahrten vermieden werden.

2.1.5 Potenzielle Einsatzgebiete von Radschnellwegen

Um die möglichen Einsatzgebiete und Potenziale von Radschnellverbindungen zu betrachten, müssen die Ziele von Radschnellverbindungen definiert werden. Aus den gewünschten Zielen einer neuen Radinfrastruktur lassen sich die möglichen Einsatzgebiete und Einsatzvarianten ableiten. Folgende Ziele können durch die Errichtung von Radschnellverbindungen erreicht werden:

- Errichtung von hochrangiger Radinfrastruktur, inklusive sicherer Überholmöglichkeit
- Verlagerung des Pendlerverkehrs vom Kfz auf das Fahrrad
- Sichere Verbindung in Bereichen großen Radverkehrsaufkommens
- Entlastung von stark befahrenen Kfz-Routen

Großes Potential bieten Radschnellverbindungen im Bereich von Ballungsräumen. Diese eignen sich speziell für die Erschließung und Anbindung einzelner Siedlungsräume. Einen idealen Einsatzfall stellen Verflechtungen mittelgroßer Städte mit kleineren Ortschaften im Umland dar. Besondere Einsatzgebiete sind gegeben, wenn spezielle Quell- Zielrelationen vorhanden sind. Dies betrifft vorrangig den Berufs- und den Ausbildungsverkehr. Durch einen Umstieg auf das Fahrrad können städtische Hauptverkehrsrouten entlastet werden.

Verlagerungspotenziale:

In der aktuellen Ausgabe von „Österreich unterwegs 2013/2014“ vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie wird für Österreich eine durchschnittliche Wegelänge von 12,9 km angegeben. Die durchschnittliche Wegedauer beträgt für Gesamtösterreich 25 Minuten je Weg. Diese Werte beziehen sich auf den werktäglichen Personennormalverkehr. In Abbildung 2 werden die Wegelängen und die Wegedauer zusätzlich zu Gesamtösterreich auf die Großstädte und Bezirke

verteilt dargestellt. Zu erkennen ist, dass je ländlicher die Raumstruktur ist desto länger sind auch die Wege, wogegen bei der Wegedauer keine signifikanten Unterschiede festzustellen sind. Dieser Effekt kann auf die unterschiedliche Verkehrsmittelwahl zurückgeführt werden. Im ländlichen Bereich wird vermehrt der motorisierte Individualverkehr genutzt, in den Städten wird auf andere Verkehrsmittel wie den öffentlichen Verkehr zurückgegriffen [Tomschy *et al.*, 2016].

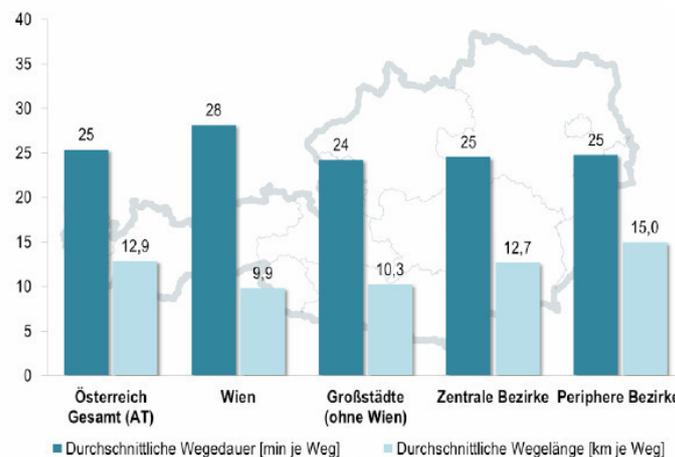


Abbildung 2: Durchschnittliche Wegedauer und Wegelänge in Minuten bzw. Kilometer je Weg (Quelle: [Tomschy *et al.*, 2016])

Die hier erreichten durchschnittlichen Wegelängen eignen sich unter gewissen Voraussetzungen ideal, um mit dem Rad zurückgelegt werden zu können. Eine Voraussetzung dafür könnte sein, dass eine geeignete und sichere Radinfrastruktur zur Verfügung steht. Unter Berücksichtigung, dass es sich bei den oben gezeigten Wegelängen, für Gesamtösterreich zirka 13 km, um Durchschnittswerte handelt und die Standardabweichung mit 33 km sehr groß ist, kann trotzdem abgeleitet werden, dass ein beachtlicher Teil der Wege auf das Rad verlagert werden könnte. Speziell in urbanen und suburbanen Gebieten könnte ein beachtliches Potenzial für mögliche Verlagerungen vom Kfz auf das Fahrrad absehbar sein. Vor allem im Berufs- und Ausbildungsverkehr wäre eine deutliche Veränderung im Modal Split möglich [Tomschy *et al.*, 2016].

Einsatzfälle:

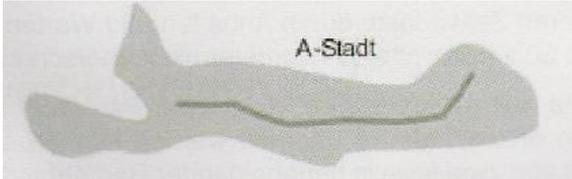
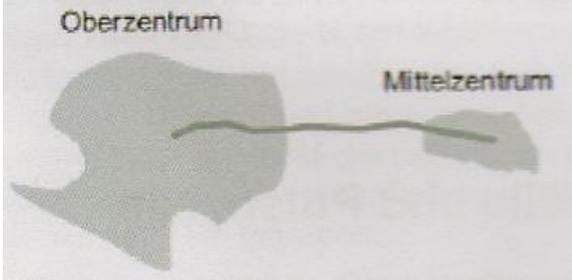
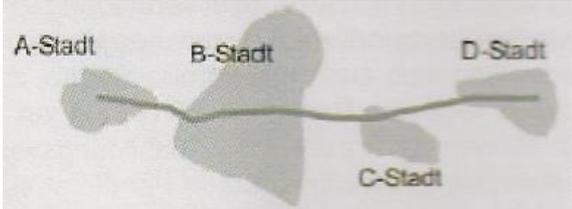
Der sinnvolle Einsatz von Radschnellverbindungen ist sehr stark ortsabhängig. Die wichtigsten Kriterien sind Schwerpunkte der Verkehrserzeugung sowie der Verkehrsanziehung. Werden die Kriterien auf den Ausbildungsverkehr bezogen, wäre eine Radschnellverbindung zwischen typischen Wohngebieten und Standorten von Universitäten und Schulen sinnvoll umsetzbar. In Bezug auf den Berufsverkehr bietet eine Anbindung an Arbeitsplatzschwerpunkte eine potenzielle Nutzerquelle.

Verkehrsschwerpunkte mit hohem Nutzerpotenzial für Radschnellverbindungen könnten sein:

- Stadtzentren
- Hochschulen
- Industriegebiete
- Schnittstellen zum öffentlichen Verkehr
- andere Versorgungsschwerpunkte

Für Deutschland werden im Arbeitspapier „Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen“ von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen generell vier unterschiedliche Einsatzformen, bezogen auf die vorhandene Siedlungsstruktur, beschrieben. Obwohl diese Einteilungen aus einem deutschen Arbeitspapier stammen, können diese als allgemein gültig angesehen werden.

Tabelle 6: Typische potenzielle Einsatzgebiete für Radschnellverbindungen in Abhängigkeit der Siedlungsstruktur (Quelle: [Gwiasda et al., 2014])

<p>Kernstadt Innerstädtische Schnellverbindung (Durchmesserlinie), besonders wichtige Verbindung, Verbindung ist Teil des Netzes von Hauptverbindungen einer Stadt</p>	
<p>Benachbarte Zentren Verbindung Mittelzentrum (Schwerpunkt Wohnen) mit Oberzentrum (Schwerpunkt Arbeiten)</p>	
<p>Perlenschnur Verbindung mehrerer Städte/Stadtteilzentren mit zentraler Funktion</p>	
<p>Stadt – Umland (Ballungsraum, Stadtregion) Anbindung von Vororten/Stadtteilen (Schwerpunkt Wohnen) an Hauptarbeitsschwerpunkte (z.B. Gewerbegebiete mit Arbeitsplatzkonzentrationen) oder/und Zentrum</p>	

Die in Tabelle 6 gezeigten Prinzipskizzen geben einen Überblick über die typischen Einsatzmöglichkeiten von Radschnellverbindungen. Neben der klassischen Funktion der Verbindung von Städten mit dem Umland wird gezeigt, dass auch innerstädtische Radschnellverbindungen sinnvoll sein können.

Potenzialermittlung:

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt gibt es keinen methodischen Ansatz für die systematische Potenzialermittlung einer Radschnellverbindung. Allerdings ist durch grundsätzliche Ansätze aus der Verkehrswissenschaft und Verkehrsplanung eine Abschätzung des möglichen Potenzials möglich. Folgende Punkte sollten dabei berücksichtigt werden [Gwiasda *et al.*, 2014]:

- Reiseweitenverteilungen, wie sie aus anderen Radverkehrsanlagen bekannt sind, können bei Radschnellverbindungen nicht angewendet werden. Gleiche Distanzen können in kürzerer Zeit, aufgrund der höheren Geschwindigkeit, zurückgelegt werden. Für eine Umrechnung kann allerdings das Verhältnis aus den Reisezeiten einer normalen Verbindung und einer Radschnellverbindung herangezogen werden.
- Sollte für den zu untersuchenden Raum bereits ein Verkehrsmodell bestehen, kann dieses auch für Untersuchungen einer Radschnellverbindung herangezogen werden. Wichtig ist hierbei, dass die verkürzte Reisezeit sowie die Bündelungsfunktion eines Radschnellweges im Modell mitberücksichtigt werden muss.
- Nicht außer Acht gelassen werden darf die Wirksamkeit des Marketings. Das Potenzial einer großangelegten Infrastruktur, wie jene einer Radschnellverbindung, hängt nur zu einem Teil vom infrastrukturellen Angebot ab.

2.2 Radschnellwege im europäischen Vergleich

In diesem Kapitel soll am Beispiel verschiedener europäischer Länder, in denen bereits Radschnellwege errichtet wurden, gezeigt werden, welche konkreten Planungsansätze dort vorhanden sind. Die einzelnen Länder werden vorerst getrennt voneinander betrachtet und abschließend werden die wichtigsten Kriterien gegenübergestellt. Ein Teil der Betrachtung stellt die allgemeine Beschreibung des Status quo in den jeweiligen Ländern dar. Neben der Ist-Situation soll darauf eingegangen werden, aus welchen Gründen Radschnellwege geplant bzw. umgesetzt werden. In einem zweiten Punkt sollen die wichtigsten Qualitätskriterien wie Breite, Kurvenradien, Geschwindigkeit, Oberfläche und Beleuchtung besprochen werden. Bei Vorhandensein konkreter Informationen wird auf Errichtungskosten eingegangen, wobei diese aufgrund der unterschiedlichsten örtlichen Gegebenheiten schwer vergleichbar sind. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Ausführungsvarianten, auch in Kombination mit verschiedenen Radverkehrsanlagen im Bestand, wie Radfahrstreifen oder einer Fahrradstraße, ist der länderübergreifende Vergleich konkreter Projekte sehr schwierig. Für jene Länder, in denen Rad-Highways bereits längere Zeit im Einsatz sind, werden als dritter Punkt die Auswirkungen auf den gesamten Verkehr betrachtet. Dabei steht im Vordergrund, ob signifikante Abnahmen im Kfz-Verkehr verzeichnet wurden und ob konkrete staugefährdete Straßenzüge entlastet werden konnten.

2.2.1 Radschnellwege in den Niederlanden

Allgemein:

Die Niederlande sind gemeinsam mit Dänemark die europäischen Spitzenreiter im Bereich Radverkehr. Das niederländische Radverkehrsnetz wird häufig als positives Beispiel herangezogen und dient vielen Ländern als Vorbild. Auch im Bereich der Radschnellwege leisteten die Niederlande Pionierarbeit und waren eines der ersten Länder, in denen eine Radschnellinfrastruktur umgesetzt werden konnte.

Die Investitionen in Radverkehrsanlagen haben in den Niederlanden ihren Ursprung im Ansatz, den Stau auf Autobahnen zu verringern. Die Idee sieht vor, dass Autofahrer künftig kurze Strecken (bis zu 15 km) mit dem Fahrrad zurücklegen sollen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden nicht nur qualitativ hochwertige Radschnellwege errichtet, sondern es wurde vermehrt auf das Konzept von Radschnellstrecken gesetzt. Bei Radschnellstrecken handelt es sich um keine durchgehend homogenen Verbindungen, sondern um eine Aneinanderreihung von Korridoren, in denen schnelles Radfahren möglich ist. Hohe Qualitätsstandards, wie man sie von Radschnellwegen erwarten würde, sind nicht gefordert oder müssen nicht immer eingehalten werden. Es wird eine geringere Ausstattungsqualität akzeptiert und speziell auf Brücken, Tunnel und andere Kunstbauwerke wird verzichtet. Grund für den Einsatz von Radschnellstrecken anstatt der Ausführung von hochwertigen Radschnellwegen sind die Kosten- und Zeitersparnisse in der Errichtung der Anlagen. Die Errichtung eines klassischen Radschnellweges kostet in den Niederlanden zwischen 1,0 und 2,0 Millionen Euro pro km. Der Bau bzw. Ausbau einer Radschnellstrecke benötigt im Vergleich 0,5 bis 1,0 Millionen Euro pro km. Für die Straßenbehörden in den Niederlanden ist es auf Basis dieser Ansätze wesentlich einfacher, kurzfristig solche Projekte zu realisieren. Außerdem gibt es in den Niederlanden keine generelle verbindliche Richtlinie, welche die Standards für Radschnellverbindungen und Radschnellwege regelt. Je nach den örtlichen Voraussetzungen kann jede Kommune die Ausführung einer Radschnellstrecke angepasst ausgestalten. Diese Art der Infrastrukturanlagen kann sich durch verschiedenste Abschnitte zusammensetzen. Die Ausbauqualität kann sich von Straßen im Mischverkehr bis hin zum gut ausgebauten Radschnellweg zusammensetzen [Spapè *et al.*, 2015].

In den Jahren 2006 bis 2008 wurden in den Niederlanden die ersten fünf Routen (Apeldoorn - Deventer, Zoetermeer - Den Haag, Delft - Rotterdam, Amsterdam - Zaandam, Breukelen - Utrecht) als Radschnellstrecken realisiert. Im Jahr 2015 waren in den Niederlanden bereits 18 solcher Routen errichtet bzw. wurden die bereits bestehenden Anlagen weiter ausgebaut. Weitere sieben Radschnellstrecken befanden sich in der Planungsphase mit Aussicht auf Errichtung. Neben diesen gibt es eine Vielzahl an weiteren Ideen für Standorte in den ganzen Niederlanden. Die in Abbildung 3 gezeigte Karte stellt einen Überblick über bereits realisierte, geplante und künftig mögliche Radschnellstrecken dar.



Abbildung 3: Übersichtskarte Radschnellstrecken Niederlande (rot = bestand, blau = in Planung, grün = potenzielle zukünftige Routen)
(Quelle: [Spapè, 2016])

Richtlinien:

Wie bereits beschrieben besteht in den Niederlanden keine verpflichtende Einhaltung von Standards für die Errichtung von Radschnellwegen und -strecken. In den Niederlanden gibt es die Wissensorganisation CROW welche mit der deutschen FGSV zu vergleichen ist. Diese beschäftigt sich mit den Themen der Infrastruktur für Verkehr, Transport und den öffentlichen Raum. Die Hauptaufgabe von CROW ist es, Wissen zu sammeln und anschließend das vorhandene Wissen in praxistaugliche Form umzusetzen. Daraus ergeben sich wiederum Empfehlungen, Richtlinien und Regelungen für verschiedenste Themen.

Die von CROW erstellte Richtlinie für den Radverkehr (Design manual for bicycle traffic) enthält neben allgemeinen Informationen zum Radverkehr auch konkrete Empfehlungen zur Ausführung von Radschnellwegen und Fahrradstraßen. In diesem Leitfaden für die empfohlene Ausstattung wurden die grundlegenden Kriterien für eine Radschnellverbindung in den Niederlanden definiert [Groot, 2016]. Diese sind in Tabelle 7 dargestellt und mit Konsistenz, Direktheit, Attraktivität, Sicherheit und Komfort decken sich diese Anforderungen mit jenen, die allgemein für Radschnellwege gelten sollen.

Tabelle 7: Hauptkriterien für Radschnellwege in den Niederlanden

Konsistenz:	Radschnellwege sollen als solche erkennbar sein und als hochrangigste Führungsform die Basis des gesamten Radverkehrsnetzes bilden.
Direktheit:	Eine Radschnellverbindung soll eine direkte Verbindung zwischen Quelle- und Ziel bieten.

Attraktivität:	Eine Einbindung in die Umgebung soll so stattfinden, dass sowohl die Nutzer als auch Anrainer von der neuen Infrastruktur profitieren können.
Sicherheit:	Ein nahezu ungehindertes Fahren soll möglich sein. Konfliktpunkte sind so gut als möglich zu vermeiden. Die Fahrbahnoberfläche soll stets eine hohe Qualität aufweisen. Neben der Fahrbahn soll eine hindernisfreie Zone vorhanden sein, um von der Fahrbahn abkommende Radfahrer zu schützen.
Komfort:	Durch eine breite Ausführung kann die Sicherheit sowie das Wohlfühlvermögen gesteigert werden. Zudem sorgen die höchsten Qualitätsanforderungen der Materialien sowie die nahezu hindernisfreie Routenführung für maximalen Komfort.

Um eine Verbindung als Radschnellweg bezeichnen zu können, müssen konkrete Anforderungen in punkto Ausführungsqualität eingehalten werden. In den Niederlanden wird für die Bemessung von Radschnellverbindungen in bebauten Gebieten eine Geschwindigkeit von 30 km/h angesetzt. Außerorts wird auf Geschwindigkeiten von bis zu 40 km/h dimensioniert [Groot, 2016].

Je nach Möglichkeit soll darauf geachtet werden, dass die beiden Fahrrichtungen getrennt voneinander geführt werden. Im Falle einer Einrichtungsfahrbahn ist eine Breite von 3,0 m je Richtung vorzusehen. Zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen ist ein Mindestabstand von 0,5 m einzuhalten. Bei sehr hohen Bordsteinen oder angrenzender Bepflanzung sind außerdem nochmals 0,5 m (2 x 0,25 m) miteinzubeziehen. Für die gesamte Querschnittsbreite ergeben sich somit Abmessungen bis zu 7,0 m. In Abbildung 4 wird ein typischer Regelquerschnitt für den getrennten Einrichtungsverkehr dargestellt [Groot, 2016].

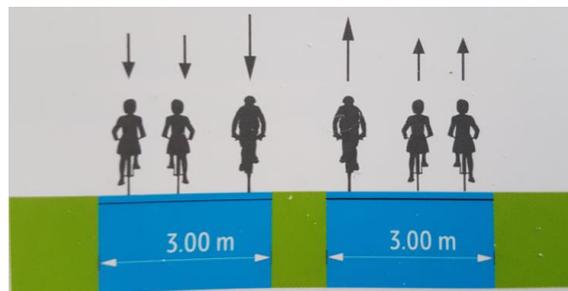


Abbildung 4: Querschnitt Radschnellweg 2 x 3,0 m
(Quelle: [Groot, 2016])

Neben der Ausführung als baulich getrennte Einrichtungsfahrbahnen ist auch die Gestaltung als Zweirichtungsfahrbahn möglich. Beim Zweirichtungsradschnellweg ist eine Mindestbreite von 4,0 m vorzusehen. Für Bordsteine und bei angrenzender Bepflanzung sind auch hier 2 x 0,25 m miteinzuberechnen. Bei sehr hohem Verkehrsaufkommen (> 3000 Radfahrer/Tag) oder signifikanten Unterschieden in den gefahrenen Geschwindigkeiten zwischen den einzelnen Verkehrsteilnehmern, ist eine zusätzliche Fahrbahnfläche von 0,5 – 1,0 m anzuordnen. Andererseits darf die Mindestbreite bei sehr geringem Verkehrsaufkommen (< 1000 Radfahrer/Tag) um 0,5 – 1,0 m verringert werden. Voraussetzung sind kaum signifikante Unterschiede in den gefahrenen Geschwindigkeiten. Ein typischer Regelquerschnitt für eine Ausführung als Zweirichtungsradschnellweg wird in Abbildung 5 gezeigt [Groot, 2016].

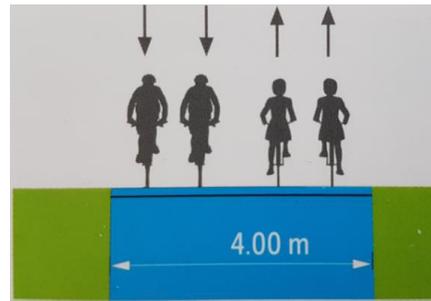


Abbildung 5: Querschnitt Zweirichtungsfahrbahn 1 x 4,0 m
(Quelle: [Groot, 2016])

Bei den gezeigten Querschnitten besteht unter gewissen Umständen auch die Möglichkeit, den Rad-Highway in Kombination mit einem Gehweg zu führen, was eine Mischung von Radfahrern und Fußgängern zur Folge hat. Vorrangig ist allerdings immer die Bedingung, die auftretenden Konfliktflächen so gering als möglich zu halten bzw. gänzlich zu vermeiden.

Die Kurvenradien hängen direkt mit den fahrbaren Geschwindigkeiten zusammen. Neben der Geschwindigkeit ist der gewählte Radius auch immer von den tatsächlichen örtlichen Gegebenheiten abhängig. Als unterstes Limit gilt jedoch ein Radius von 5,0 m [Groot, 2016]. Aus den verschiedenen Projektierungsgeschwindigkeiten für die verschiedenen Streckenkategorien ergeben sich somit folgende Mindeststradien:

Tabelle 8: Beziehung zwischen Geschwindigkeit und minimalem Radius (Quelle: [Groot, 2016])

Route	Design speed	Minimaler Radius
Mindestanforderung	12 km/h	5 m
Basisnetzwerk	20 km/h	10 m
Hauptradnetz	30 km/h	20 m

Für die Ausführung der Fahrbahnoberfläche sieht die Niederländische Richtlinie entweder einen Belag aus Asphalt oder Beton vor. Dieser soll gemäß dem übrigen Radverkehrsnetz rot eingefärbt sein, um sofort die Zugehörigkeit zum Radverkehrsnetz zu signalisieren. Die Fahrbahnbegrenzung soll durch Markierungen auf der Oberfläche gekennzeichnet werden [Groot, 2016].

Da eine Straßenbeleuchtung maßgeblich zum Komfort beiträgt und die Sicherheit auf Radschnellwegen erhöht, ist für Radschnellverbindungen durchgehend eine entsprechende Beleuchtung vorzusehen, was vor allem für Radwege innerorts gilt. Außerhalb der bebauten Gebiete ist es nicht immer sinnvoll den Rad-Highway flächendeckend beleuchtet zu haben. In den Niederlanden kommt aus diesem Grund ein Intelligentes Beleuchtungssystem zum Einsatz. Darunter versteht man eine Beleuchtung, welche im Normalfall nicht mit voller Kraft leuchtet. Wird jedoch ein ankommender Radfahrer erfasst, wird die Beleuchtungsstärke entlang der Strecke nach und nach erhöht. Es ist so möglich, nur jene Bereiche mit voller Stärke zu beleuchten, in denen sich auch wirklich ein Radfahrer befindet [Groot, 2016].

Wirkungen:

Derzeit wohnen in den Niederlanden 61% der arbeitenden Bevölkerung im Umkreis von 15 km von ihrem Arbeitsplatz entfernt. Mehr als 25% der Beschäftigten fährt bereits mit dem Rad zur Arbeit. Von diesen fahren 50% bei Entfernungen von bis zu 5 km, 25% bis zu 10 km, 10 % bis zu 15 km und 15% auf

Strecken länger als 15 km. Auf Radschnellstrecken beträgt der Anteil auch bei 15 km noch 25% und ab 15 km noch 15% [Spapè, 2016]

Der Überwachung der Wirkung einer Radschnellstrecke wird in den Niederlanden ein hoher Stellenwert zugeschrieben. Als Beispiel soll die Verbindung zwischen Leiden und Den Haag angeführt werden. Hier wurde erhoben, dass sich der Radverkehrsanteil von der Eröffnung im Jahr 2013 bis 2015 um 25% erhöht hat [Spapè *et al.*, 2015]. In städtischen Abschnitten der Radschnellstrecke sogar um bis zu 30%.

Richtlinien

Auch in Dänemark gibt es konkrete Entwurfsansätze für Radschnellwege. Diese Entwurfsprinzipie dienen dazu, um die Qualitätsziele einer Radschnellverbindung erfüllen zu können. Andererseits gibt es zum Beispiel keine verpflichtende Richtlinie, die festlegt, wie breit ein Radschnellweg ausgeführt werden muss. Diese Anforderungen richten sich vielmehr nach den tatsächlich auftretenden Verkehrsstärken. So werden im Bereich von Ballungsräumen aufgrund der höheren Verkehrsbelastungen breitere Radschnellwege benötigt, als in ländlichen Gebieten. Die tatsächliche Breite ist demnach stark von der punktuellen Nachfrage abhängig, wobei bereits in der Planung die zukünftigen Verkehrsstärken berücksichtigt werden müssen [COWI *et al.*, 2014].

Eine Radschnellverbindung in Dänemark kann sich aus folgenden Streckenabschnitten zusammensetzen:

- einem separat geführten Radweg
- einem an einer Straße anliegenden Radweg (einseitig oder doppelseitig)
- in Ausnahmefällen kann auch eine Ortsstraße ohne bestehenden Radweg Teil einer Radschnellverbindung sein

Die ideale und hochwertigste Lösung für eine Radschnellverbindung stellt ein baulich getrennter und separat geführter Radschnellweg dar. Dadurch wird eine Beeinflussung durch den Kfz-Verkehr gänzlich vermieden. Da in der Realität allerdings Kriterien wie die Erreichbarkeit von einzelnen Destinationen und die Direktheit eine wichtige Rolle spielen, ist diese Form der Routenführung meist nur schwer umsetzbar. In weiten Teilen der Region werden die Radschnellwege deshalb auf bereits bestehenden Radwegen an Straßen geführt.

Einrichtungsfahrbahn entlang einer Straße:

Für Streckenabschnitte mit einer Verkehrsstärke von über 1500 Radfahrern/Spitzenstunde wird eine Breite von 3,0 m und in besonderen Fällen von 3,5 m empfohlen. Auf Strecken mit weniger als 1500 Radfahrern/Stunde wird eine Breite von 2,5 m empfohlen. Wenn es die örtlichen Gegebenheiten zulassen, sollte eine Breite von 2,8 m angestrebt werden. Dadurch kann ermöglicht werden, dass zwei nebeneinander fahrende Radfahrer von einem Dritten überholt werden können. Auch in Ausnahmefällen sollte jedoch mindestens eine Breite von 2,2 m gegeben sein [COWI *et al.*, 2014].

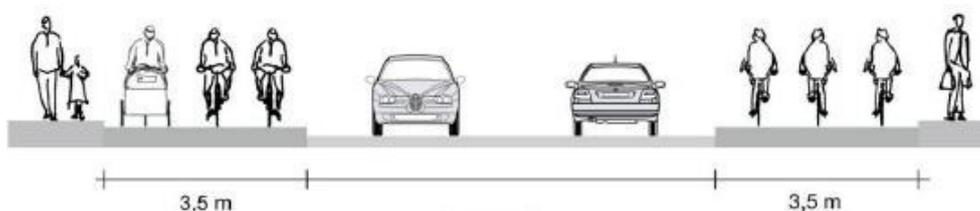


Abbildung 7: Querschnitt Einrichtungs-Radschnellweg Straßenbegleitend: Breite von 3,5 m je Richtung (Verkehrsstärke > 1500 Radfahrer/Spitzenstunde) (Quelle: [COWI *et al.*, 2014])

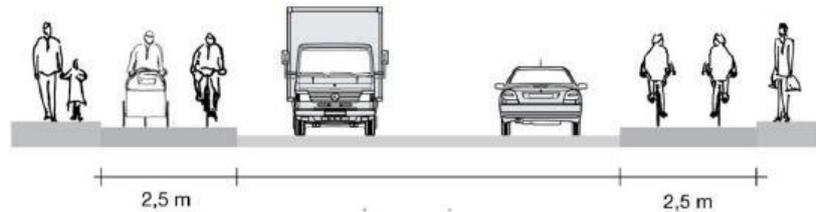


Abbildung 8: Querschnitt Einrichtungs-Radschnellweg Straßenbegleitend: Breite von 2,5 m je Richtung (Verkehrsstärke < 1500 Radfahrer/Spitzenstunde) (Quelle: [COWI et al., 2014])

Zweirichtungsradwege:

Für separat geführte Zweirichtungsradwege wird eine Mindestbreite von 4,0 m empfohlen. Lässt es die Verkehrslage zu, befinden sich also deutlich weniger Radfahrer auf der Strecke, kann diese Breite auch auf 3,0 m reduziert werden. Dies ist in erster Linie dann gegeben, wenn die einzelnen Richtungen tageszeitabhängig unterschiedlich stark belastet sind oder generell eine niedrige Belastung vorliegt. In ländlichen Streckenabschnitten ist ebenfalls eine Breite von 3,0 m üblich, da auch hier die Verkehrsstärken erfahrungsgemäß eher gering ausfallen. Auf gut übersichtlichen Strecken ist außerhalb von Ortsgebieten sogar eine Reduktion auf 2,5 m möglich. Eine noch geringere Breite wird für die Ausführung als Radschnellweg nicht empfohlen. Die Breitenempfehlungen für Zweirichtungs-Radschnellwege gelten sowohl für Strecken entlang einer Straße als auch für separat geführte Abschnitte.

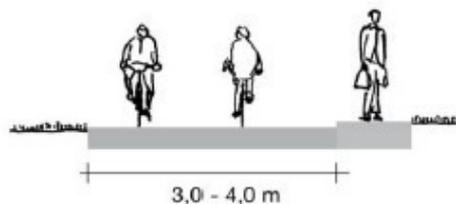


Abbildung 9: Querschnitt Zweirichtungs-Radschnellweg separat geführt: Breite 3,0 m – 4,0 m (Quelle: [COWI et al., 2014])

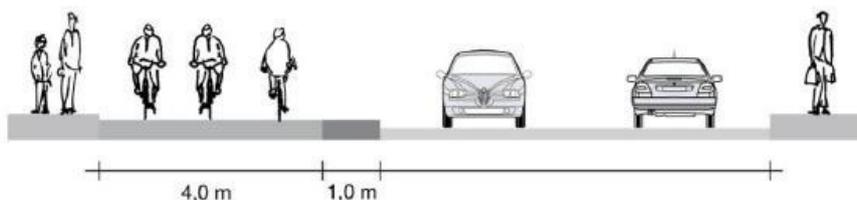


Abbildung 10: Querschnitt Zweirichtungs-Radschnellweg Straßenbegleitend: Breite 4,0 m + 1,0 m Trennfläche (Quelle: [COWI et al., 2014])

Es ist sowohl innerorts als auch außerorts empfohlen, die Einrichtungs-Radschnellwege baulich vom restlichen Verkehr zu trennen. Zweirichtungs-Radschnellwege müssen immer eine bauliche Trennung aufweisen. Diese Trennung beträgt generell 1 m und kann außerorts je nach Örtlichkeit bis zu 1,5 m erreichen. Ein derartiger Trennstreifen könnte bei zusätzlichen Maßnahmen (Zaun, usw.) entfallen.

Gemeinsame Nutzung mit Fußgängern:

Wenn möglich sollte immer eine Trennung zwischen Fußgängern und Radfahrern vorgenommen werden. Hierfür gibt es allerdings Ausnahmen. In Bereichen mit geringem Verkehrsaufkommen und in Bereichen, an denen die räumlichen Rahmenbedingungen keine Trennung zulassen, kann darauf

verzichtet werden. Die Gesamtbreite soll dabei mindestens 4,0 m betragen, um dem Radverkehr zumindest 2,5 m Breite zu gewährleisten.

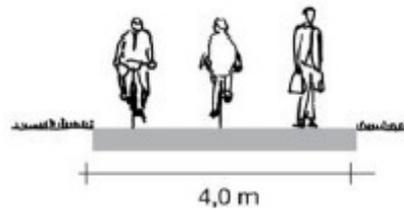


Abbildung 11: Querschnitt Radschnellweg inklusive Fußgängerzonen: Breite 4,0 m (Quelle: [COWI et al., 2014])

Gemeinsame Straßennutzung:

Ist die Streckenführung allerdings nur auf einer gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr genutzten Straße ohne Radweg möglich, ist eine Geschwindigkeitsbegrenzung im Bereich von 30 bis 40 km/h anzuordnen. Die Fahrbahnbreite für den Radverkehr soll mindestens 2,0 m betragen. Betrachtet man noch zusätzlich die Mindestbreite für den Kfz-Verkehr, so ergibt sich eine gesamte Mindestbreite von 5,0 m [COWI et al., 2014].

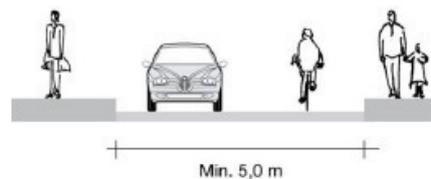


Abbildung 12: Radschnellverbindung auf Straße ohne gekennzeichneten Radweg (Quelle: [COWI et al., 2014])

In Bezug auf Beleuchtung und Sichtbarkeit gilt, dass Radschnellverbindungen aus der Entfernung gut erkennbar sein sollen. Auf der gesamten Strecke ist eine Beleuchtung der Beleuchtungskategorie E2 vorzusehen. In Tunneln wird eine höhere Beleuchtungskategorie gefordert (Kategorie E1). Im ländlichen Bereich und geschützten Gebieten, wo eine derartige Beleuchtung nicht oder nur unter hohem Kostenaufwand möglich ist, kann auf alternative Beleuchtungsvarianten zurückgegriffen werden [COWI et al., 2014].

In der Planung von Radschnellwegen ist auf die Kurvigkeit sowie die Steigung zu achten, da sich diese Faktoren direkt auf die Geschwindigkeit und demnach auch auf die Reisezeit auswirken. Grundsätzlich gilt, dass der Rad-Highway so gestaltet werden muss, dass er mit 25 – 30 km/h sicher befahren werden kann. Genauere Trassierungsvorschriften finden sich in den Straßenverkehrsrichtlinien Handbuch 2 „Traceringselementer“ für Dänemark wieder [COWI et al., 2014].

Die Kosten für die Errichtung aller 28 zuvor genannten Radschnellwege mit einer Gesamtnetzlänge von 500 km sind mit 1 bis 2 Milliarden dänische Kronen prognostiziert. In Euro würde sich die Summe auf 135 bis 270 Millionen Euro belaufen. Umgerechnet auf jeden einzelnen Kilometer ergeben sich durchschnittliche Errichtungskosten von 270.000 bis 540.000 Euro pro Kilometer [SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER, o. J.].

Wirkungen

Eine Errichtung aller 28 geplanten Radschnellwege hätte aus den vielseitigsten Betrachtungsweisen Vorteile. Volkswirtschaftlich betrachtet könnten durch die Errichtung der 28 Supercykeltiers die jährlichen Krankheitstage um 34.000 Tage gesenkt werden. Zusätzlich könnten bis zu 1,4 Millionen Autofahrten und etwa 856 Tonnen CO₂ eingespart werden [SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER, o. J.].

Durch eine Evaluierung des Cycle Superhighway Farumruten kam man zu dem Ergebnis, dass seit der Eröffnung dieser Route im Jahr 2013 der Radfahreranteil bei den Pendlern um 52 % im Vergleich zum Jahr 2012 angestiegen ist. In absoluten Zahlen beträgt diese Erhöhung 600 – 1000 Radfahrer pro Tag [COWI Denmark, 2014]. Bei 25 Prozent dieser zusätzlichen Nutzer handelt es sich um Umsteiger vom Kfz auf das Fahrrad. Durch diese Evaluierung ging außerdem hervor, dass das Sicherheitsgefühl durch den Radschnellweg von 7,3 auf 8,1 erhöht werden konnte (Skala von 1-10) [SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER, o. J.].

Für Kopenhagen ist bekannt, dass ca. 60 Prozent der Erwerbstätigen und Schüler innerhalb der Stadt das Fahrrad nutzen. Ab einer Reiseweite von über 5 km wird nach wie vor das Auto als Verkehrsmittel verwendet. In diesem Reisweitenbereich um die 5 km steckt das große Potenzial der Radschnellwege in Dänemark. Diese verbinden die gesamte Region rund um Kopenhagen miteinander [SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER, o. J.].

2.2.3 Radschnellwege in Großbritannien

Allgemein

Die im deutschsprachigen Raum unter der Bezeichnung „Radschnellweg“ bekannte Radinfrastruktur findet sein Gegenstück in Großbritannien unter der Bezeichnung „Cycle Superhighway“. Der Radverkehrsanteil spielte in Großbritannien lange Zeit keine Rolle im täglichen Verkehr. Daraus resultiert, dass Radschnellwege in London bzw. Großbritannien nicht die identen Qualitätsanforderungen erfüllen, wie jene in Dänemark oder den Niederlanden. Dies liegt zum einen an der stark begrenzten Fläche im städtischen Raum und zum anderen an der bis zur Errichtung der Radschnellwege kaum vorhandenen Rad- Infrastruktur.

Das momentane Londoner Radverkehrsnetz, auch bekannt unter „The Central London Grid“ besteht aus zwei verschiedenen Typen von Radwegen. Typ eins sind die „Cycle Superhighways“, die rund ein Viertel des gesamten Netzes ausmachen. Diese Routen sind entlang der Hauptverkehrsadern angeordnet und bilden damit das übergeordnete Radverkehrsnetz. Die weiteren 75 % des Radwegenetzes werden von weniger gut ausgebauten Radwegen, den sogenannten „Quietways“, gebildet. In London befinden sich gegenwärtig acht dieser Superhighways für Radfahrer [Transport For London, 2013]. In Abbildung 13 wird ein typisches Beispiel für einen Cycle Superhighway in London gezeigt.



Abbildung 13: Entwurf der North-South Cycle Route (Blackfriars Road)
(Quelle: [Transport For London, 2013])

Richtlinien

Von „Transport For London“ wurden Empfehlungen für die Dimensionierung von Cycle Superhighways erstellt. Ab einer Verkehrsstärke von 800 Radfahrern pro Spitzenstunde und Richtung oder 1000 Radfahrer pro Spitzenstunde am gesamten Querschnitt ist eine Breite von 2,5 m im Einrichtungsverkehr und 4,0 m im Zweirichtungsverkehr vorgesehen. Des Weiteren gehören zur Errichtung weitere Ausstattungseinrichtungen. Dazu zählen unter anderem eine ausreichende Anzahl an Abstellplätzen oder auch die Querschnittsgestaltung und deren Parameter. In Abbildung 14 wird eine detailliertere Auflistung der Breitenanforderungen dargestellt [Transport For London, 2014].

	Absolute minimum	Preferred minimum
cycle lanes (inc contraflow lanes) **	1.5m	2.0m
lead-in lanes to ASLs (see section 4.3)	1.2m	2.0m
bus/cycle lanes *	4.0m	4.5m
1-way cycle track ** (including segregated lanes)	1.5m (low flow) 2.2m (medium flow) 2.5m+ (high flow)	
2-way cycle track **	2.0m (low flow) 3.0m (medium flow) 4.0m+ (high flow)	
shared use – separated (two-way)	1.5m each for cyclists and pedestrians (low flow) 3.0m each for cyclists and pedestrians (high flow)	
shared use – fully shared (two-way)	2.0m (low flow) 3.0m (medium flow)	

	Peak hour	6am – 8pm	24-hour
Low	<200	<1,000	<1,600
Medium	200-800	1,000-4,000	1,600-5,500
High	800+	4,000+	5,500+

Abbildung 14: Zusammenfassung der Richtlinien für die Breite von Radverbindungen und der Kategorialen Einteilung der Verkehrsstärke in London
(Quelle: [Transport For London, 2014])

An Knotenpunkten sollen Cycle Superhighways möglichst priorisiert behandelt werden. Die Führung soll generell baulich getrennt ausgebildet werden. Verläuft ein Cycle Superhighway allerdings entlang einer Straße, die sehr geringe Verkehrsstärken aufweist, ist eine bauliche Trennung nicht unbedingt notwendig. Sämtliche Ausstattungsmerkmale sind in den London Cycling Design Standards ausführlich beschrieben [Transport For London, 2014].

Wirkungen

Durch die Verbesserungen im Londoner Radverkehrsnetz machte der Radverkehrsanteil knapp ein Viertel des Gesamtverkehrs im Londoner Rush-Hour Verkehr aus. An vereinzelt Straßenabschnitten werden knapp zwei Drittel erreicht. Die Anzahl der Pendler, welche mit dem Rad in die Stadt fahren betrug zum damaligen Zeitpunkt 38000 Radfahrer. Der Fahrradpendlerverkehr im Stadtteil West End sowie der übrigen Stadt ist in zehn Jahren um 210 Prozent gestiegen. Zur selben Zeit ist in diesem Zusammenhang der Kfz-Verkehr in London spürbar zurückgegangen. An einigen Straßen sogar um bis zu 30 Prozent [Spapé *et al.*, 2015].

Werden die Ziele, den Radverkehrsanteil auf 14% zu steigern, erreicht, kann außerdem die Menge an Stickoxiden um 30 % (453 t) und die Feinstaubpartikel um 24 % (33,8 t) pro Jahr gesenkt werden [Spapé *et al.*, 2015].

2.2.4 Radschnellwege in der Schweiz:

Allgemein

Der Schweizer Begriff Velobahn entspricht dem im restlichen deutschsprachigen Raum verwendeten Begriff Radschnellweg oder Radschnellverbindung. Der Begriff Velobahn darf jedoch nicht mit einer Veloroute verwechselt werden. Hierbei handelt es sich nämlich um Radschnellstrecken, die nicht den hohen Anforderungen entsprechen müssen. Demnach handelt es sich bei diesen Velobahnen ebenfalls um qualitativ hochwertige Radverbindungen, die größere Ziele miteinander verbinden. In der Schweiz wird ein besonderer Fokus auf eine unterbrechungsfreie Fahrt gelegt. Eine Velobahn richtet sich in erster Linie an den werktäglichen Wochentagsverkehr und hat für den touristischen Radverkehr kaum Bedeutung [Velokonferenz Schweiz, 2015].

Die Schweizer Velobahnen lassen sich in zwei unterschiedliche Kategorien aufteilen. Bei jener der Kategorie eins handelt es sich um Routen innerhalb von Siedlungsgebieten. Sie verbinden zum Beispiel innerhalb einer Stadt wichtige Ziele und knüpfen an Velobahnen außerhalb der Stadt an. Die Strecken in der Kategorie zwei befinden sich außerhalb von Siedlungsgebieten. Diese dienen dazu Gemeinden und Ortsteile miteinander zu verknüpfen. Durch diese Unterteilung in Kategorien können für Strecken inner- sowie außerhalb von Siedlungsgebieten unterschiedliche Kriterien definiert werden [Velokonferenz Schweiz, 2015].

Velobahnen stellen in der Schweiz die oberste hierarchische Ebene des Radverkehrsnetzes dar. Neben den Radschnellwegen unterteilt sich das Netz in Haupt- und Nebenverbindungen. Es kann ein eigenes Velobahnnetz geben, diese können aber auch als selbstständige Einzelverbindungen bestehen. Außerdem kann zwischen radialen und tangentialen Velobahnen unterschieden werden. Radiale Verbindungen verlaufen meist bis in oder durch das Stadtzentrum. Durch räumliche Einschränkungen ist dies nicht immer möglich, weshalb ein Lückenschluss durch Hauptverbindungen möglich ist. Tangentiale Verbindungen dienen eher der Erschließung peripherer Gebiete, weisen jedoch oft sehr hohes Potenzial auf, da die ÖV- Anbindung in diesen Gebieten erfahrungsgemäß schlechter ausgebaut ist. In Abbildung 15 wird anhand einer Skizze eines Siedlungsgebietes gezeigt, wie das Schweizer Radverkehrsnetz aufgebaut ist [Velokonferenz Schweiz, 2015].

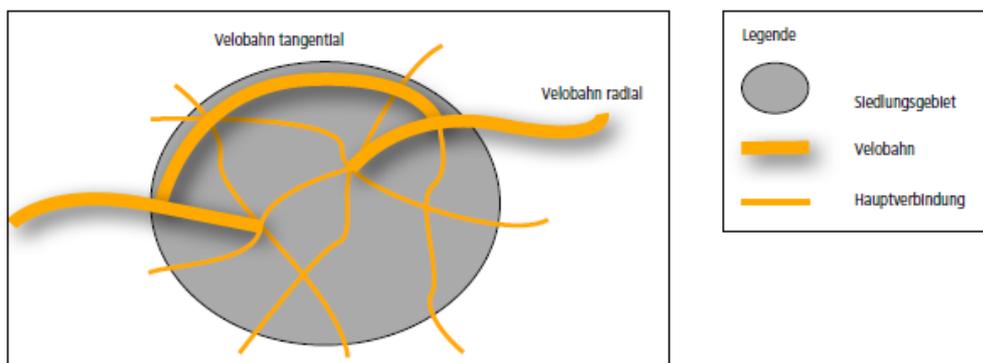


Abbildung 15: Beispiel für ein Schweizer Velonetz mit Velobahnen (radial und tangential) sowie Hauptverbindungen (Quelle: [Velokonferenz Schweiz, 2015])

Richtlinien und Standards

Bei den Velobahnen gibt es keine klar definierte Führungsform. Vielmehr ergibt sich diese aus bereits vorhandener Infrastruktur, welche auf die Standards von Radschnellwegen erweitert werden soll [Velokonferenz Schweiz, 2015].

Die erforderlichen Fahrbahnbreiten von Velobahnen ergeben sich aus dem Platzbedarf für das Nebeneinanderfahren und das Überholen. Dimensioniert wird immer auf das zukünftig erwartete Radverkehrsaufkommen. Bei der Dimensionierung der Breite gibt es in der Schweiz zwei Ansätze. Beim ersten wird die Breite über den maßgebenden Begegnungsfall bestimmt. Die notwendige Breite ergibt sich hier aus den Lichtraumprofilen der nebeneinanderfahrenden Fahrzeuge. Bei diesem Ansatz muss die Strecke in Abschnitte unterteilt werden, da für jeden Abschnitt andere Begegnungssituationen entstehen können. Hierbei ist nicht jeder mögliche Begegnungsfall zu gewährleisten. Bei selten auftretenden Begegnungen können Einschränkungen akzeptiert werden. Die endgültigen Abmessungen eines Normalprofils sind jedoch nicht nur vom Lichtraumprofil sondern auch von verkehrlichen und betrieblichen Anforderungen abhängig. In Abbildung 16 wird ein Beispiel für ein Normalprofil mit drei nebeneinanderfahrenden Radfahrern gezeigt [Baker *et al.*, 2017].

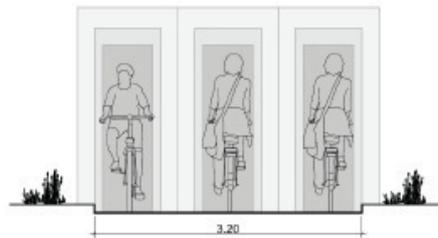


Abbildung 16: Geometrisches Normalprofil Zweirichtungsradweg (eigenständig) für 3 Fahrräder (Quelle: [Baker *et al.*, 2017])

Neben dem maßgebenden Begegnungsfall ist die Breite auch über die Verkehrsqualität (LOS) zu ermitteln. Unter Umständen liefert bei sehr hohem Radverkehrsaufkommen die Bemessung der Fahrbahnbreite über den maßgebenden Begegnungsfall keine zufriedenstellende Qualität. Durch eingeschränkte Bewegungsfreiheit kann es in weiterer Folge zu einer deutlichen Geschwindigkeitsreduktion kommen [Baker *et al.*, 2017].

Die Verkehrsqualität für Radfahren ergibt sich in der Schweiz aus dem Verkehrsaufkommen, der durchschnittlichen Geschwindigkeit, der Standardabweichung der Geschwindigkeit und der Richtungsverteilung zur Spitzenstunde. Auch die Verkehrsqualität muss für eine Route abschnittsweise festgelegt werden. In Tabelle 9 ist die Einteilung der Qualitätsstufen dargestellt [Baker *et al.*, 2017].

Tabelle 9: Definition der Verkehrsqualitätsstufen LOS für Radstreifen, Radwege sowie Rad- und Fußwege gemäß VSS 2007 306 [53]
(Quelle: [Baker *et al.*, 2017])

Verkehrsqualitätsstufen LOS	Verkehrsqualität	Beschreibung	Anteil Nutzer mit Begegnungen
A	Sehr gut	Alle Radfahrer können sich frei bewegen. Es finden kaum Begegnungsereignisse statt. Alle erreichen ihre Wunschgeschwindigkeit.	≤ 10 %
B	Gut	Die Bewegungsfreiheit ist kaum eingeschränkt. Einige Begegnungsereignisse, die keine Reduzierung der Geschwindigkeit erfordern.	11-20 %

C	Zufriedenstellend	Die Zahl der Begegnungsereignisse nimmt zu und führt bei einzelnen Radfahrern zu einer Reduzierung der Geschwindigkeit.	21-40 %
D	Ausreichend	Die Zahl der Begegnungsereignisse nimmt deutlich zu und führt häufig zu einer Reduzierung der Geschwindigkeit.	41-70 %
E	Mangelhaft	Ständige Begegnungsereignisse beeinträchtigen den Fahrtablauf und führen fast immer zu einer Reduzierung der Geschwindigkeit.	71-100 %
F	Ungenügend	Alle Radfahrer sind mit Begegnungsereignissen konfrontiert. Die gegenseitige Beeinträchtigung ist so stark, dass die Geschwindigkeit dauernd reduziert ist.	

Anhand der in Tabelle 9 gezeigten Qualitätsstufen kann die nötige Breite ermittelt werden. Bei Zweirichtungswegen gilt grundsätzlich, dass eine optimale Breite von 4,0 m angestrebt werden muss. Bei Einrichtungswegen liegt die Breite zwischen 2,0 m und 3,0 m. Eine Breite von 3,0 m stellt hierbei eine sehr komfortable Strecke dar [Baker *et al.*, 2017].

Für die Projektierungsgeschwindigkeit von Radschnellwegen werden Vorgaben aus anderen europäischen Ländern in der Schweiz übernommen. Auf der freien Strecke werden 30 km/h angenommen. An Knotenpunkten soll eine Geschwindigkeit von mindestens 20 km/h gewährleistet werden [Baker *et al.*, 2017].

Während es in den meisten Ländern zwar Mindestmaße für die Kurvenradien gibt, diese allerdings an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden können, ist dieser Sachverhalt in der Schweiz über die VSS-Norm SN 640 060 geregelt. Der Kurvenradius ergibt sich hier aus der angestrebten Projektierungsgeschwindigkeit und kann über das Diagramm in Abbildung 17 abgelesen werden. Für eine Geschwindigkeit von 30 km/h wäre demnach ein Kurvenradius von 30 m anzuordnen. Durch entsprechende Begleitmaßnahmen wie Sicherheitslinien, Kurvenverbreiterung oder Signalisation wäre jedoch eine Reduktion des Radius auf 18 m möglich [Baker *et al.*, 2017].

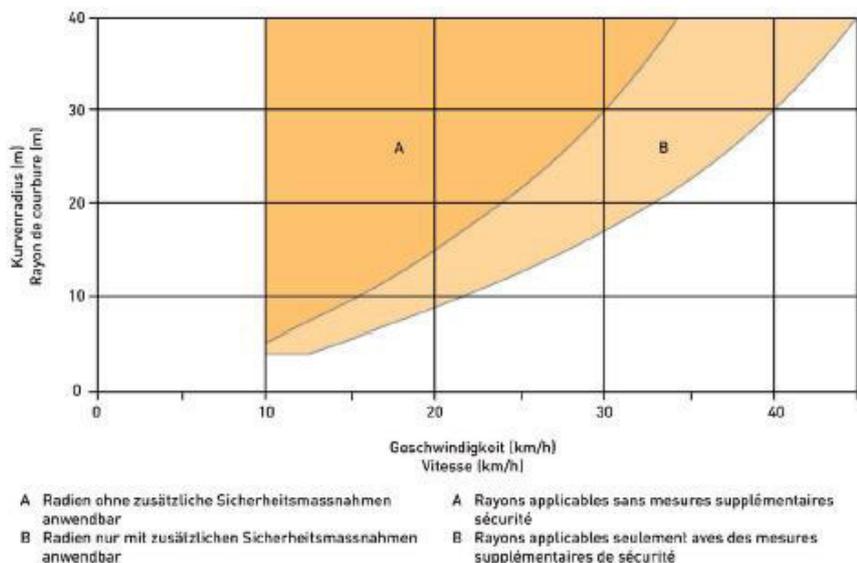


Abbildung 17: Kurvenradien in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit gem. SN 640 060 (Quelle: [Baker *et al.*, 2017])

Die Fahrbahndeckschicht von Veloschnellrouten soll, wenn möglich aus Asphalt hergestellt werden. Bei Durchquerung von gepflasterten Flächen soll trotzdem eine Asphaltdeckschicht beibehalten werden [Baker *et al.*, 2017].

Die Markierungen auf Veloschnellrouten in der Schweiz werden, wie auf allen Schweizer Radwegen üblich, gelb dargestellt. Eine flächendeckende Markierung ist nicht vorgeschrieben. Die Markierungen sollen in erster Linie einer eindeutigen Darstellung dienen. So macht es Sinn bei Einmündungen, Kurven oder an Knotenpunkten Markierungen vorzusehen, welche auf gerader, freier Strecke nicht zwingend notwendig sind. Ein gezielter Einsatz von Farbe für die Oberfläche ist sinnvoll, um die Erkennbarkeit und die Abgrenzung einer Veloroute von der restlichen Straßeninfrastruktur zu fördern. Eine einheitliche Regelung ist aber nicht vorhanden. [Baker *et al.*, 2017].

Die Beleuchtung von Velobahnen muss innerorts der generellen Straßenbeleuchtung angepasst werden. Des Weiteren ist innerorts eine durchgehende Beleuchtung notwendig. Außerorts ist diese unter Umständen nicht immer notwendig. Durch intelligente Beleuchtungskonzepte (siehe Kap. 2.2.1) ist es möglich einen Kompromiss aus guter Beleuchtung und Ressourcenschonung zu finden [Baker *et al.*, 2017].

Wirkungen

Hauptzielgruppe in der Schweiz sind die Pendler. Es besteht großes Potenzial für einen Wechsel des Verkehrsmittels. In der Schweiz wird aus diesem Grund auch vermehrt auf das Potenzial durch E-Bikes hingewiesen. Dadurch wird es möglich, größere Reiseweiten komfortabel zurückzulegen und erhöht die Attraktivität des Radfahrens auch für Pendler.

2.2.5 Radschnellwege in Deutschland

Allgemein

In Deutschland wird derzeit der Ausbau der Radinfrastruktur speziell durch die Errichtung von Radschnellwegen vielerorts diskutiert. Zudem gibt es bereits für viele Routen konkrete Pläne. Gründe für den Ausbau sind einerseits die Verbesserung der Radinfrastruktur und andererseits die dadurch entstehende größere Attraktivität zum Verkehrsmittel Fahrrad zu wechseln. Durch gezielte Maßnahmen zur Verbesserung der Attraktivität ermöglicht man ein hohes Potenzial an Umsteigern vom Kfz auf das Fahrrad. Derzeit beträgt der Radverkehrsanteil bei den Pendlern in Deutschland rund 11 %. Nicht wenige Pendler legen dabei Wege zwischen 5 und 15 Kilometern zurück. Eine positive Entwicklung zeigt sich auch in den gefahrenen Geschwindigkeiten im Radverkehr. Diese stieg in Deutschland in den letzten Jahren von durchschnittlich 15 km/h auf aktuell 25 km/h. Nicht zuletzt ist diese erhöhte Geschwindigkeiten auf das immer populärer werdende Pedelec zurückzuführen [Nimrich, 2017].

Als Vorreiter in punkto Radschnellwegen gilt in Deutschland das Bundesland Nordrhein-Westfalen (NRW). Ende 2015 hat das Kabinett in NRW ein neues Straßen- und Wegegesetz erarbeitet. In diesem wurde festgelegt, dass künftig Radschnellwege mit Landstraßen gleichzusetzen sind. Durch diese Änderung muss die Baulast vom Land aufgenommen werden und die Kommunen werden entlastet. Neben der finanziellen Entlastung, soll auch die Instandhaltung und der Winterdienst vom Land übernommen werden. Dieses neue Straßen- und Wegegesetz soll noch im Jahr 2017 vom Landtag in NRW endgültig beschlossen werden [Nimrich, 2017].

Zum derzeitigen Zeitpunkt befinden sich in Nordrhein-Westfalen sieben Radschnellwege in Planung. Vorzeigeprojekt, nicht nur in Deutschland, sondern ganz Europa, ist der rund 100 km lange Radschnellweg Ruhr RS1. Dieser führt quer durch das Ruhrgebiet und hat aufgrund seiner Länge viel internationale Beachtung erhalten. Ein Teilabschnitt der Route zwischen Essen und Mülheim wurde bereits im November 2015 eröffnet. Der gesamte Streckenverlauf ist in Abbildung 18 ersichtlich [Nimrich, 2017].

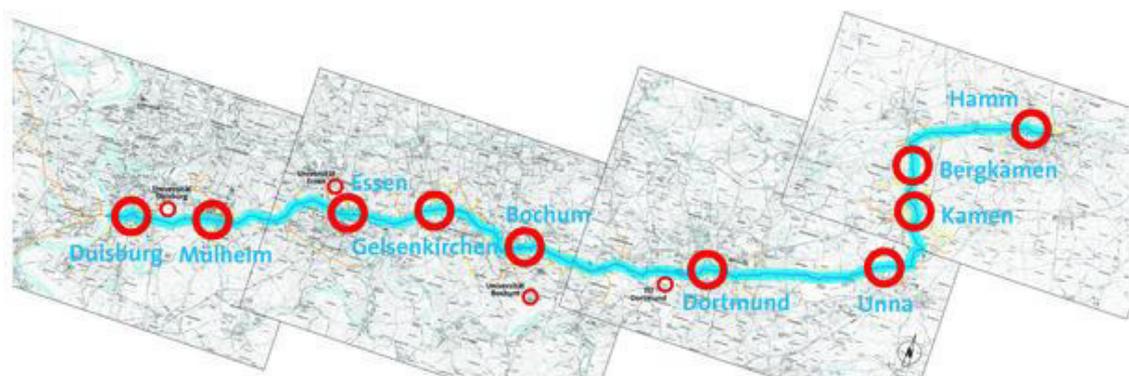


Abbildung 18: geplante Strecke für den Radschnellweg Ruhr RS1
(Quelle: [Nimrich, 2017])

In der folgenden Tabelle findet sich eine Auflistung aller sieben geplanten Radschnellwege für das Bundesland NRW:

Tabelle 10: geplante Radschnellverbindungen Nordrhein-Westfalen
Quelle: [AGFS, 2017]

Bezeichnung	Länge
RS1 Radschnellweg Ruhr	101 km
RS2 Radschnellweg Westmünsterland	45 km
RS3 Radschnellweg Minden-Herford	36 km
Radschnellweg mittleres Ruhrgebiet	16 km
Radschnellweg Städteregion Aachen	30 km
Radschnellweg Köln-Frechen	8 km
Radschnellweg Neuss, Düsseldorf Langenfeld/Monheim	31 km

In Deutschland werden nicht nur im Vorreiterbundesland Nordrhein-Westfalen Radschnellverbindungen geplant. Radschnellwege werden derzeit im ganzen Land diskutiert. In der Metropolregion München ist unter dem Namen „Radlautobahn“ eine Radschnellverbindung zwischen München und dem Hochschulstandort Garching geplant. Ein möglicher Baubeginn ist für 2019 vorgesehen und die Kosten werden sich auf 34 Millionen Euro belaufen [Frehse, 2017].

Auch auf der Städteachse Nürnberg werden derzeit mögliche Trassen diskutiert [ADFC *et al.*, 2014].

Im Verkehrsentwicklungsplan Bremen 2025 wird ein Netz von acht sogenannten Rad-Premiumrouten für zukünftige Ausbaumaßnahmen empfohlen. Eine solche Rad-Premiumroute sind der Beschreibung nach Radschnellverbindungen mit geringfügig angepassten Ausbaustandards [Hamburger and Freie Hansestadt Bremen, 2015].

Auch in Rheinland-Pfalz wird zwischen Bingen, Ingelheim und Mainz eine Radschnellverbindung geplant. In dieser Planung sind jedoch geringere Ausbaustandards, als für Radschnellwege üblich, vorgesehen. Demnach soll durch die Bezeichnung „Pendler-Rad-Route“ der Unterschied zum Radschnellweg deutlich gemacht werden [Ministerium des Innern und für Sport - Rheinland Pfalz, 2016].

In Baden-Württemberg wurde bereits der Bau von drei Radschnellverbindungen beschlossen. Diese verlaufen zwischen Heidelberg-Mannheim, Heilbronn-Neckarsulm-Bad Wimpfen und Esslingen-Stuttgart [Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg, 2017].

Die hier erwähnten Projekte stellen nur vereinzelte Beispiele dar. Planungen für Radschnellwege bzw. den generellen Ausbau der Radinfrastruktur findet man im gesamten Land.

Richtlinien

In Deutschland wurde bereits vor über zehn Jahren damit begonnen Richtlinien für die Gestaltung von Radschnellverbindungen zu erarbeiten. Aus diesen Bemühungen entstand das Arbeitspapier „Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen“ von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. In diesem werden folgende möglichen Führungsformen für Radschnellverbindungen definiert [Gwiasda *et al.*, 2014]:

- Selbstständige Radverkehrsanlagen unabhängig von Straßen
- Fahrbahnbegleitende Radwege

- Radfahrstreifen sowie auch Radfahrstreifen mit Busverkehr
- Fahrradstraßen
- Wege mit zugelassenem land- und forstwirtschaftlichen Verkehr (durchgängige Benutzbarkeit, Reinigung, Winterdienst, usw. müssen gewährleistet sein)
- Außerortsstraßen bis zu Tempo 50 km/h mit geringem Kfz- Verkehrsaufkommen
- Straßen innerorts mit maximal Tempo 30 km/h wobei an Knotenpunkten die Vorfahrt gegeben sein muss

Im Gegensatz zu den erwünschten Führungsformen werden ebenfalls Führungsformen definiert, die vermieden werden sollen [Gwiasda *et al.*, 2014].

- Gemeinsame Geh- und Radwege
- Gehwege oder Bereiche für zu Fuß Gehende mit zugelassenem Radverkehr
- Verkehrsberuhigte Bereiche (Schrittgeschwindigkeit für den Radverkehr)
- Verkehrsberuhigte Geschäftsbereiche (in der Regel Tempo 20 km/h)

Im deutschen Arbeitspapier wurden für die unterschiedlichsten Führungsformen Empfehlungen festgelegt. Um die Qualitätsanforderungen an Radschnellwege zu gewährleisten, sollen diese Empfehlungen bzw. Anforderungen eingehalten werden. Bei sehr hohen Verkehrsstärken kann es allerdings notwendig werden, die Querschnitte größer auszubilden als die Empfehlungen vorsehen.

Zweirichtungsradwege:

Für Zweirichtungsradweg ist grundsätzlich eine Mindestbreite von 4,0 m vorzusehen. Dies gilt sowohl für separat geführte als auch für fahrbahnbegleitende Radwege. Für Engstellen im geplanten Streckenverlauf sind Sonderlösungen vorzusehen, bei denen die Fahrbahnbreite auf minimal 2,5 m verringert werden darf. Die Kurvenradien sollen außerorts bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h mindestens 20 m betragen. Innerorts sind diese an die örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Zwischen Gehweg und Radschnellweg wird ein Begrenzungsstreifen von 0,60 m empfohlen. Dieser soll mindestens 0,30 m betragen. Ein Regelquerschnitt für einen selbstständig geführten Radschnellweg wird in Abbildung 19 gezeigt [Gwiasda *et al.*, 2014].

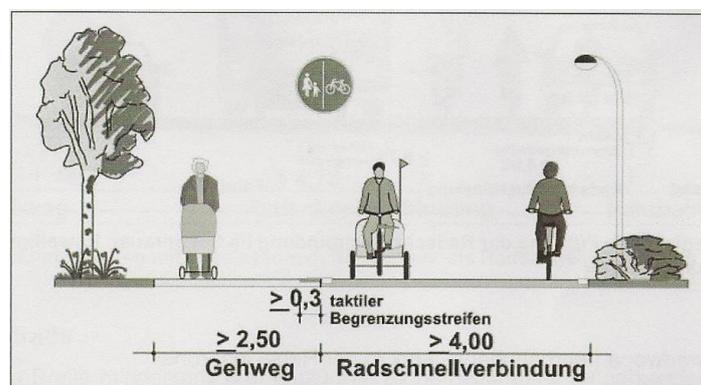


Abbildung 19: Regelquerschnitt selbstständig geführter Zweirichtungsradweg mit angrenzendem Gehweg bei eingeschränkter Flächenverfügbarkeit (Quelle: [Gwiasda *et al.*, 2014])

Fahrbahnbegleitend ist eine bauliche Trennung zum Kfz-Verkehr vorzusehen. Hierzu ist ein Sicherheitstrennstreifen von mindestens 0,75 m notwendig. Die Kurvenradien ergeben sich aus dem Straßenverlauf, wobei nach Möglichkeit die Radien von 20 m eingehalten werden sollen.

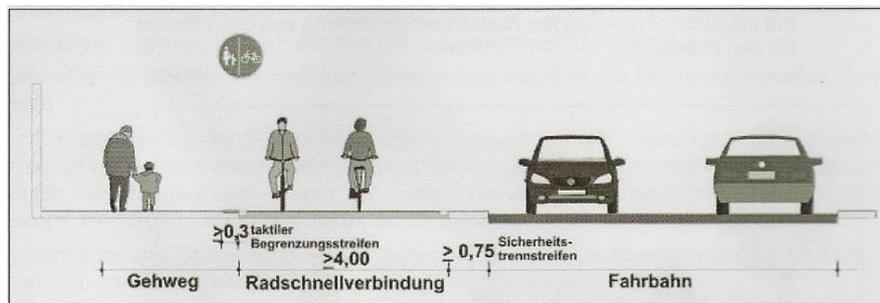


Abbildung 20: Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung im Seitenraum: Einseitiger Zweirichtungsradweg
Quelle: [Gwiasda et al., 2014]

Einrichtungsradswege:

Für beidseitig geführte fahrbahnbegleitende Einrichtungsradschnellwege ist eine Mindestbreite von 3,0 m, zuzüglich eines Sicherheitstrennstreifens von mindestens 0,75 m, vorgesehen. In den restlichen Punkten unterscheidet sich der Einrichtungsradschnellweg nicht vom Zweirichtungsradweg. Im Einrichtungsverkehr besteht die Möglichkeit, einen Fahrradstreifen als Radschnellweg zu verwenden. Hierbei handelt es sich um eine Führung der Radschnellverbindung im Straßenquerschnitt ohne bauliche Trennung. Eine Mindestbreite des Radweges von 3,0 m ist für die Ausführung als Radschnellweg erforderlich, und die Ausführung eines Sicherheitstrennstreifens ist, wie bei einer baulichen Trennung, erforderlich [Gwiasda et al., 2014]. Bei der Führung als Radfahrstreifen erfolgt die Trennung zur Fahrbahn laut ERA nur durch einen Breitstrich (0,25 m) [Gwiasda et al., 2010]. Zusätzlich sind bei einem Radfahrstreifen retroreflektierende Markierungen notwendig, um eine ausreichende Kennzeichnung sicherzustellen [Gwiasda et al., 2014].

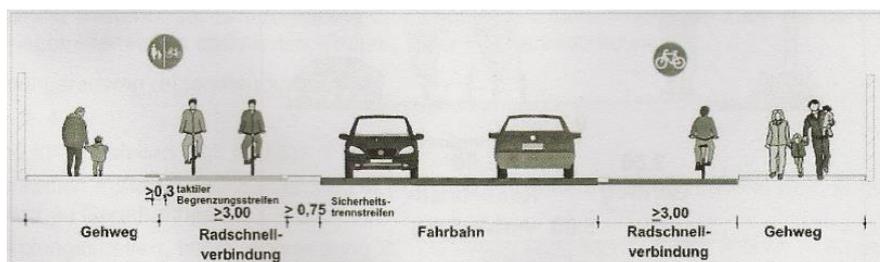


Abbildung 21: Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung als Einrichtungsradschnellweg oder Radfahrstreifen
(Quelle: [Gwiasda et al., 2014])

Mischung Radverkehr und Linienbusse

Eine Radschnellverbindung kann abschnittsweise, am bestehenden Fahrbahnquerschnitt, gemeinsam mit Linienbussen auf einem eigenständigen Fahrstreifen geführt werden. Diese Führungsform soll bevorzugt als Radfahrstreifen mit zugelassenem Linienbusverkehr laut Z 237 StVO ausgebildet werden. Hierfür ergibt sich eine Mindestbreite von 3,25 – 3,5 m auf der freien Strecke. In Haltestellenbereichen beträgt die Mindestbreite 4,5 – 4,75 m, um das Vorbeifahren an haltenden Bussen zu ermöglichen. Abschnitte mit gemischter Führung müssen dementsprechend mit einem Radpiktogramm und dem Schriftzug BUS gekennzeichnet sein [Gwiasda et al., 2014].

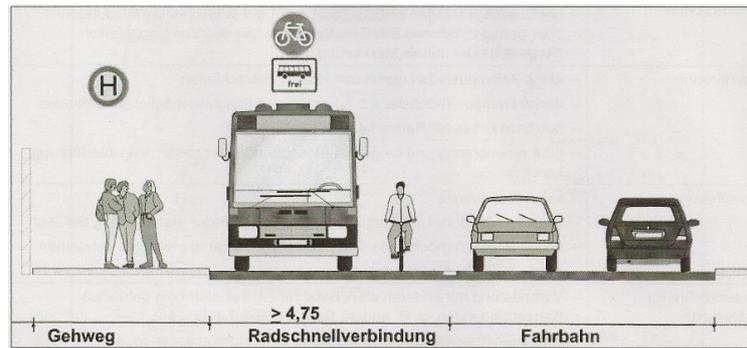


Abbildung 22: Radfahrstreifen mit zugelassenem Busverkehr als Radschnellverbindung (Quelle: [Gwiasda et al., 2014])

Fahrradstraße als Teil einer Radschnellverbindung

Wie bereits erwähnt eignen sich Fahrradstraßen sehr gut, um als Radschnellverbindung geführt zu werden. Der Kfz-Verkehr ist erlaubt, wobei der Radverkehr Vorrang hat. Das Parken ist für den Kfz-Verkehr außerhalb der Fahrgasse ebenfalls möglich. Der Fußgängerverkehr ist allerdings auf separaten Gehwegen zu führen. Die Mindestanforderung an die nutzbare Breite im Zweirichtungsverkehr beträgt mindestens 4,0 m, zuzüglich eines Sicherheitsabstandes von 0,75 m zu parkenden Fahrzeugen [Gwiasda et al., 2014].

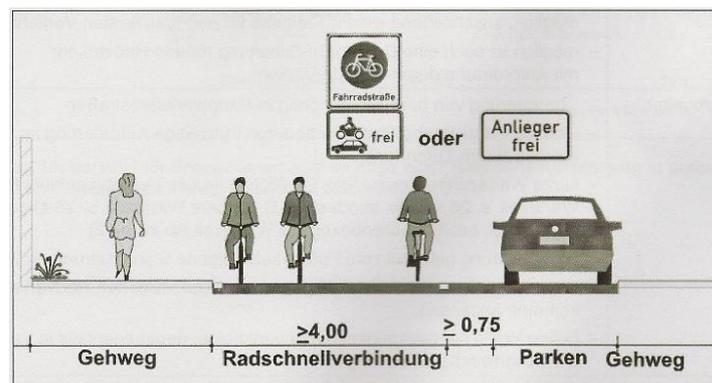


Abbildung 23: Beispiel für die Führung einer Radschnellverbindung als Fahrradstraße (Quelle: [Gwiasda et al., 2014])

All die eben aufgezählten Führungsformen (Einrichtungs-, Zweirichtungsradweg, Mischung Radverkehr und Linienbusse, Fahrradstraße) sehen eine Trennung zwischen Radfahrern und Fußgängern vor, was grundsätzlich immer der Fall sein sollte. Allerdings gibt es auch hierbei vereinzelt Ausnahmen. Eine gemeinsame Führung ist dann in Betracht zu ziehen, wenn keine andere Führungsform realisierbar ist und die zu erwartende Fußverkehrsmenge dementsprechend gering sind. Auch bei baulicher Trennung sind einige Vorkehrungen zu beachten. Nach Möglichkeit sollen Radwege von Gehwegen durch Grünstreifen oder vergleichbar deutliche Maßnahmen getrennt werden. Sollte dies nicht möglich sein und ist ein angrenzender Gehweg vorhanden, dann ist durch eine farbliche Differenzierung oder eine abweichende Fahrbahndeckschicht eine Abgrenzung bzw. Unterscheidung zu erzeugen. Wichtige Fußgängerquerungen über Radschnellwege sind durch Materialwechsel deutlich erkennbar zu machen. Bereits vor Querungen können geschwindigkeitsdämpfende Maßnahmen ergriffen werden, um mögliche Gefahrensituationen zu minimieren [Gwiasda et al., 2014].

Als Belag für Radschnellverbindungen wird im Regelfall Asphalt oder Beton verwendet. Die Fahrbahnbegrenzung soll beidseitig durch einen durchgehenden Schmalstrich gekennzeichnet

werden. Beim Zweirichtungsverkehr wird es in Kurvenbereichen notwendig, die beiden Fahrstreifen durch eine unterbrochene Mittellinie zu trennen [Gwiasda *et al.*, 2014].

Eine ortsfeste Beleuchtung auf Radschnellwegen ist innerorts immer notwendig. Außerorts ist eine durchgehende Beleuchtung wünschenswert. Auf jeden Fall sollen Radschnellwege dementsprechend beleuchtet sein, dass ihre Begrenzungen erkennbar sind. An kritischen Punkten, wie etwa Engstellen oder in Kreuzungsbereichen, ist zwingend eine Beleuchtung erforderlich [Gwiasda *et al.*, 2014].

Wirkungen

Für das Beispiel des Radschnellweges Ruhr RS1 wurden anhand der durchgeführten Machbarkeitsstudie positive Auswirkungen festgestellt. Erkannt wurden sinkende Unfallzahlen und die verbesserten gesundheitlichen Rahmenbedingungen, die einen rechnerisch fünfmal höheren Nutzen erzeugen als die Investitionskosten. Die Studie zeigt also, dass sich die Investitionskosten auf jeden Fall lohnen. Für den gesamten Ruhrradschnellweg wird von einer Entlastung des Pkw-Verkehrs um bis zu 52.000 Pkw-Fahrten ausgegangen. Dies entspricht rund 400.000 gefahrenen Kilometern [Nimrich, 2017].

2.2.6 Vergleich

Die in Tabelle 11 gezeigten Werte dienen zur Orientierung und können unter bestimmten Umständen direkt miteinander verglichen werden. Wie bereits mehrfach erwähnt, gibt es in den meisten Ländern keine verbindlichen Maximal- oder Minimalwerte der Entwurfsparameter. Bei allen dargestellten Werten handelt es sich um Empfehlungen, welche, je nach örtlichen Erfordernissen, abweichen können.

Tabelle 11: Vergleich Kriterien für Radschnellwege

Land	Breite		angestrebte Reisegeschwindigkeit	Oberfläche	Markierungen
	Einrichtungsradschweg	Zweirichtungsradschweg			
Deutschland	2,5 m	4,0 m	20 – 30 km/h	Beton, Asphalt	Begrenzungslinie, Piktogramm
Schweiz	2,0 – 3,0 m	4,0 m	20 – 30 km/h	Asphalt	gelbe Bodenmarkierungen
Niederlande	3,0 m	4,0 m	25 – 30 km/h	Beton, Asphalt	rot eingefärbter Belag
Dänemark	2,5 m	4,0 m	25 – 30 km/h	Asphalt	Blau eingefärbter Belag bei Kreuzungen

Vergleicht man die in Tabelle 11 dargestellten Empfehlungen der einzelnen Länder so fällt auf, dass Anforderungen in Bezug auf Breite und Geschwindigkeit sehr ähnlich sind. In allen betrachteten Ländern wird für stark befahrene Zweirichtungsradschnellwege eine Mindestbreite von 4,0 m empfohlen. Auch für Einrichtungsverbindungen sind die Breitenanforderungen sehr ähnlich. Die empfohlenen Abmessungen schwanken zwischen 2,0 m und 3,0 m. Die Projektierungsgeschwindigkeiten sind grundsätzlich auf bis zu 30 km/h auszulegen. Eine Ausnahme stellt die Niederlande dar. Hier werden Rad-Highways außerorts vereinzelt auf Geschwindigkeiten von bis zu 40 km/h dimensioniert. Grund dafür ist das vermehrte Aufkommen von Pedelecs sowie E-Bikes, welche wesentlich höhere Geschwindigkeiten erlauben als konventionelle Fahrräder. Grundsätzlich sollte auf zu hohe Geschwindigkeiten verzichtet werden, da es sonst zu größeren Geschwindigkeitsdifferenzen zwischen konventionellen Radfahrern und Radfahren mit elektrisch

unterstützten Fahrrädern kommt, was wiederum zu erhöhten Konflikten führt. Eine Zielgeschwindigkeit für die Dimensionierung von 30 km/h stellt hier ein gutes Mittelmaß dar. Um eine, den hohen Ansprüchen entsprechende, Fahrbahnoberfläche zu erhalten, werden meist Asphalt oder Betonoberflächen eingesetzt. Die Fahrbahnmarkierungen und Färbungen unterscheiden sich jedoch von Land zu Land. Außer in den Niederlanden ist keine flächendeckende Einfärbung der Oberfläche vorgesehen. Ausnahmen bilden hier Kreuzungsbereiche und andere Bereiche mit erhöhtem Konfliktpotenzial. Hier wird vermehrt auf farbliche Unterstützung bei der Kennzeichnung von Gefahrenstellen geachtet. Eine Begrenzung der Fahrbahn durch entsprechende Linien ist generell anzuordnen. Weitere Bodenmarkierungen werden in den diversen Ländern unterschiedlich gehandhabt. Auch die Farbwahl der Markierungen sowie etwaige Piktogramme unterscheiden sich. Generell gilt, dass Radschnellverbindungen deutlich als solche erkennbar sein müssen.

2.3 Radschnellwege in Österreich:

Während in anderen europäischen Ländern bereits Radschnellverbindungen umgesetzt wurden oder zumindest entsprechende Gesetze und Richtlinien bestehen, sind in Österreich noch keine konkreten Umsetzungen vorhanden.

Jedoch sind Bestrebungen und Pläne vorhanden, Radschnellverbindungen auch in Österreich umzusetzen. Vorreiter sind hierzulande die Städte Wien und Salzburg. Im Folgenden wird auf die Planungsansätze in den jeweiligen Städten detaillierter eingegangen. In den aktuellen Ausgaben der RVS für Radverkehr (03.02.13) sowie der StVO gibt es noch keine konkreten Richtlinien für die Ausführung von Radschnellwegen. Aktuell wird aber bereits an einer neuen Ausgabe der RVS für den Radverkehr gearbeitet. Ein eigener Unterausschuss beschäftigt sich hierbei mit dem Thema Radschnellwege. Nach ersten Angaben ist diese Richtlinie stark an jene von Deutschland angelehnt. Voraussichtlich wird in Österreich für den Zweirichtungsradweg eine Mindestbreite von 4,0 m und bei Einrichtungsradwegen eine Breite von mindestens 2,0 m vorzusehen sein. Bei diesen Angaben handelt es sich jedoch nur um erste Entwürfe und noch nicht um bestätigte Dimensionierungsparameter aus der Richtlinie. Nach ersten Angaben soll die neue Richtlinie Mitte 2018 erscheinen [Robatsch, 2017].

2.3.1 Wien

Der 2010 errichtete Wiental-Radweg wird gerne auch als Wiental-Highway oder Rad-Highway bezeichnet. Gemeint ist damit der 3,5 km lange und 4,0 m breite Radweg im Bett des Wienflusses. Verglichen mit internationalen Standards würde die hier errichtete Infrastruktur einem Radschnellweg nahezu entsprechen. Laut StVO ist der Wiental-Radweg allerdings gar kein richtiger Radweg und demnach auch kein Radschnellweg. Juristisch gesehen handelt es sich dabei um einen Freizeitweg. Es ist demnach auch keine Kennzeichnung als Radweg mittels Verkehrszeichen vorhanden. Die Nutzung ist sowohl Fußgängern als auch Radfahrern gestattet [Rottenberg, 2013].

Angelehnt an Radschnellverbindungen sollen in Wien zur Förderung des Pendlerverkehrs mit dem Rad, stadtkreuzende Rad-Langstreckenverbindungen errichtet werden. Diese Rad-Langstrecken sollen die Funktionen von Radschnellwegen einnehmen und daher auch ähnlich hohe Standards erfüllen. Ein wesentliches Merkmal soll das zügige und komfortable Befahren sein. Ein weiteres Ziel der Stadt Wien ist es, dass diese Radschnellwege durchgehend mit einer Geschwindigkeit von 15 km/h befahren werden können. Da das neue Rad-Langstreckennetz nicht zur Gänze neu errichtet wird, sondern zu einem gewissen Teil auch auf das bestehende Wiener Radverkehrsnetz zurückgreift, müssen die

Bestandsstrecken weitgehend an die geforderten Standards angepasst werden. Eine Strecke soll erst dann als Rad-Langstrecke bezeichnet werden können, wenn insgesamt 75 % der Strecke die hohen Qualitätskriterien erfüllen [Stadtentwicklung Wien, o. J.]. Bei der Bezeichnung als Rad-Langstrecke handelt es sich laut Definition also nicht um einen Radschnellweg, sondern eher um Radschnellstrecken oder Radrouten mit gehobenen Ausbaustandards.

In Abbildung 24 sind die für die Stadt Wien möglichen, ausgearbeiteten Rad-Langstreckenrouten mit dem Umland dargestellt.

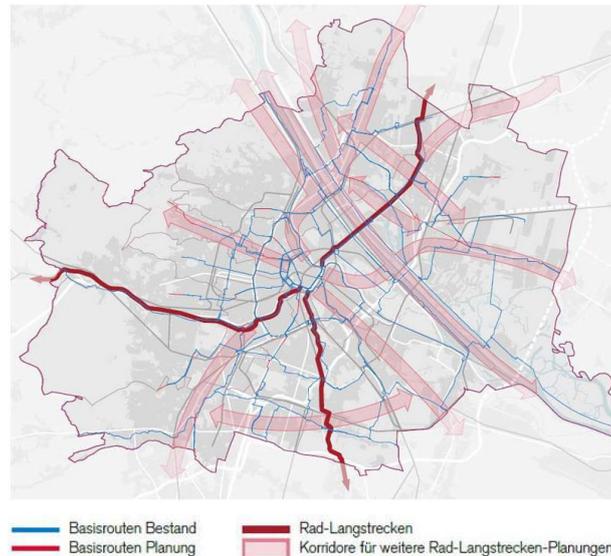


Abbildung 24: Rad-Langstreckenverbindungen Wien-Umland
(Quelle: [Stadtentwicklung Wien, o. J.a])

Aufgrund der vielfach Bundesländerübergreifenden Führung dieser Rad-Langstrecken, wurden diese auf das niederösterreichische Radverkehrsnetz abgestimmt. Aus dieser Zusammenarbeit resultierte ein Netz mit folgenden Zielbeziehungen [Stadtentwicklung Wien, o. J.]:

- Korridor Nordwest (Richtung Korneuburg)
- Korridor Nord I (Richtung Gerasdorf)
- Korridor Nord II (Richtung Stammersdorf)
- Korridor Nordost I (Richtung Groß Enzersdorf)
- Korridor Nordost II (Richtung Gänserndorf)
- Korridor Ost (Richtung Schwechat)
- Korridor Süd (Richtung Leopoldsdorf)
- Korridor Südwest (Richtung Mödling)
- Korridor West I (Richtung Neuwaldegg)
- Korridor West II (Richtung Purkersdorf)
- Korridor Donauradweg (Klosterneuburg bis Lobau)
- Korridor Tangente Süd
- Korridor Tangente Nord

Für drei Routen wurden bereits Details zum konkreten Streckenverlauf ausgearbeitet. Da es in der Detailplanung allerdings noch zu Änderungen kommen kann, sind diese nicht bindend. Die drei ausgearbeiteten Verläufe werden in Abbildung 24 dunkelrot dargestellt [Stadtentwicklung Wien, o. J.a].

- *Streckenverlauf Korridor Süd:*
Querung Karlsplatz - Argentinierstraße - Querung Hauptbahnhof - Sonnwendgasse - Gudrunstraße - Steudelgasse - Favoritenstraße - Weidelgasse - Radnickygasse - Himberger Straße - Anschluss Leopoldsdorf
- *Streckenverlauf Korridor Nord:*
Aspernbrücke - Aspernbrückengasse - Praterstraße - Lassallestraße - Reichsbrücke - Wagramer Straße - Kürschnergasse - Anschluss Gerasdorf
- *Streckenverlauf Korridor West:*
Operngasse - Linke Wienzeile - Rechte Wienzeile - Schönbrunner Straße - Rechte Wienzeile - Schönbrunner Schloßstraße - Wientalbegleitweg - Anschluss Purkersdorf

Als erste Wiener Rad-Langstrecke soll die Route Süd bis 2018 eröffnet werden. Die Stadt Wien plant bis 2025 die Umsetzung der Routen Nord und West sowie möglicher weiterer [Stadtentwicklung Wien, o. J.].

Bestehende Richtlinien:

Einheitliche Richtlinien für Radschnellwege gibt es in Österreich nicht. Die Kompetenzen liegen derzeit in den jeweiligen Ländern und Städten, was zu vielen unterschiedlichen Definitionen und Standards führt. Die Ausführungsdetails sowie die Qualitätsansprüche an Radschnellverbindungen können so innerhalb von Österreich variieren. Die in Kapitel 2.1.2 allgemein definierten Qualitätskriterien sollten allerdings stets angestrebt und berücksichtigt werden, um von einer hochrangigen Radverbindung zu sprechen.

Für die Stadt Wien gibt es bereits einen eigenen Kriterienkatalog für Rad-Langstrecken. Dieser wurde von der Abteilung für Stadtentwicklung und Stadtplanung (MA 18) entwickelt. Diese Richtlinien und Kriterien sind sehr stark an die RVS für Radverkehr (03.02.13) angelehnt und sollen die Grundlage für die Planung von Rad-Langstrecken in der Stadt Wien darstellen. Als besonders wichtige Kriterien wurden folgende definiert [Stadtentwicklung Wien, o. J.]:

- Enge Kurven sowie unübersichtliche und enge Stellen sollen weitestgehend vermieden werden
- An den Ampeln sind die Wartezeiten für Radfahrer möglichst kurz zu halten
- Die Rad-Langstrecke soll, wo möglich, als Vorrangstraße geführt werden
- Die Breite der Fahrbahn so gewählt werden, dass Überholen möglich ist

Weitere wichtige Merkmale stellen die Beleuchtung, Fahrbahnoberfläche sowie das Konfliktpotenzial mit dem übrigen Verkehr dar. Speziell die Art der Ausführung und die Breite sind fundamentale Eigenschaften einer Radschnellverbindung. In Tabelle 12 wird die Anlageart sowie die Fahrbahnbreite in Abhängigkeit der Qualitätsstufe dargestellt. Diese Tabelle wurde auf Basis der RVS erstellt und soll als Richtlinie für die Planung von Radverkehrsanlagen in Wien dienen.

Tabelle 12: Kriterien für die Beschaffenheit von Radverkehrsanlagen in Wien
(Quelle: [Stadtentwicklung Wien, o. J.]

Anlageart	Ausgezeichnete Qualität	Gute Qualität	Ausreichende Qualität (Mindestanforderungen)
Ein-Richtungs-Radweg	größer/gleich 2 Meter	1,6 bis 2 Meter	1 Meter
Zwei-Richtungs-Radweg	4 Meter (größer/geich 3 Meter [2])	3 Meter	2 Meter
Radfahrstreifen	2 Meter [3]	1,75 Meter (1,5 Meter [1])	1,5 Meter (1,25 Meter [1])
Mehrzweckstreifen	[4]	1,75 Meter (1,5 Meter [1])	1,5 Meter (1,25 Meter [1])
Mischverkehr Rad/Kfz	Fahrradstraße	Tempo 30 km/h, DTV kleiner/gleich 2.000 Kfz pro Tag [2] oder Begegnungszone	Tempo 30 km/h, DTV kleiner/gleich 7.000 Kfz pro Tag
Busfahrstreifen	Kein Busfahrstreifen	kleiner/gleich 6 Busse pro Stunde	kleiner/gleich 12 Busse pro Stunde
Radfahren gegen die Einbahn (ohne Markierung)	Fahrradstraße größer/gleich 4,5 Meter	4 Meter [1]	3,5 Meter [1]
Radfahren gegen die Einbahn (mit Markierung)	Fahrradstraße größer/gleich 4,5 Meter [5]	1,75 Meter (1,5 Meter [1])	1,5 Meter (1,25 Meter [1])
Geh- und Radweg	größer/gleich 5 Meter	4 Meter	3,5 Meter

Um die Qualität entlang der gesamten Strecke auf einem hohen Level zu halten sind außerdem Kriterien wie jene in Tabelle 13 einzuhalten.

**Tabelle 13: Basis Kriterienkatalog Rad-Langstrecken Wien
(Quelle: [Stadtentwicklung Wien, o. J.]**

Kriterium	Gute Qualität	Ausreichende Qualität	Ungenügende Qualität
Beleuchtung	Vorhanden im bebauten Gebiet	Im unbebauten Gebiet nicht unbedingt erforderlich, aber wünschenswert; wenn keine Beleuchtung vorgesehen wird, sollten Begrenzungs- oder Leitlinien markiert werden.	Nicht vorhanden im bebauten Gebiet
Fahrbahnoberfläche	Bituminöse Decke oder Betondecke in gutem Zustand	Kleinpflaster in gutem Zustand, bituminöse Decke oder Betondecke mit kleinen Rissen oder vereinzelt Unebenheiten	Großpflaster; Kleinpflaster mit Schäden oder wassergebundener Oberbau; bituminöse Decke oder Betondecke mit wiederholten Unebenheiten
Konflikte mit ruhendem Verkehr	Kein angrenzender ruhender Verkehr	Schutzstreifen zwischen Radweg und ruhendem Verkehr gemäß RVS (oder mindestens 0,6 Meter) bzw. Regelbreite der Radverkehrsanlage neben ruhendem Verkehr; seltenes Hineinragen von Kfz in die Radverkehrsanlage; Schutzstreifen zwischen Radfahranlage und Ein- und Ausstiegsstellen oder Lieferzonen mit Querung, der mindestens 1 Meter, besser 1,5 Meter breit ist	Kein oder zu schmaler Schutzstreifen zwischen Radweg und ruhendem Verkehr bzw. Breite der Radverkehrsanlage neben ruhendem Verkehr unter Regelbreite, häufiges Hineinragen von Kfz in die Radverkehrsanlage; Schutzstreifen zwischen Radfahranlage und Ein- und Ausstiegsstellen oder Lieferzonen mit Querung, der schmaler als 1 Meter ist
Streckenführung	Weniger als drei Richtungswechsel (größer als 45 Grad) auf 300 Meter (dichtbesiedeltes Gebiet) bzw. 500 Meter (dünnbesiedeltes Gebiet); Umwegfaktor: weniger als 1,2 Wechsel, maximal 2 Wechsel der Straßenseite pro Kilometer		Mehr als drei Richtungswechsel (größer als 45 Grad) auf 300 Meter (dichtbesiedeltes Gebiet) bzw. 500 Meter (dünnbesiedeltes Gebiet); Umwegfaktor: mehr als 1,2 oder mehr als 2 Wechsel der Straßenseite pro Kilometer
Mischverkehr Rad/Fuß	Konflikte mit FußgängerInnen selten (maximal 15 FußgängerInnen pro 5 Minuten)	Konflikte mit FußgängerInnen mäßig (maximal 30 FußgängerInnen pro 5 Minuten)	Konflikte mit FußgängerInnen häufig (mehr als 30 FußgängerInnen pro 5 Minuten)
Mischverkehr Rad/Kfz	Siehe "Mischverkehr Rad/Kfz" im Reiter "Beschaffenheit der Radverkehrsanlage"		
Steigung	RVS-konform (zum Beispiel 4 Prozent bei 250 Meter Länge)		Nicht RVS-konform
Winterdienst	Prioritäre Räumung		Keine prioritäre Räumung oder aufgrund des Belags nicht möglich
Wohlfühlfaktor	Der Wohlfühlfaktor wird neben bereits definierten Kriterien vor allem durch die angrenzenden Nutzungen bestimmt: Positiv sind zum Beispiel Grünstreifen, Gewässer und Parks. Negativ ist eine angrenzende Fahrbahn (Lärm, Abgase, Parken, Straßenbahn et cetera). Da eine Bewertung anhand einer definierten Skala nicht möglich ist, wird für dieses Kriterium für jeden Streckenabschnitt eine begründete Abwägung der verschiedenen Aspekte vorgenommen und zur Diskussion gestellt.		
	Beispiel gut: Straßenunabhängige Führung unter Bäumen (zum Beispiel Parkring)	Beispiel mittel: Radweg mit RVS-Regelbreite und Schutzstreifen an stark befahrener Straße (zum Beispiel Sonnwendgasse)	Beispiel schlecht: Radfahrstreifen an sehr stark befahrener Straße mit hohem Lkw-Anteil und hohen Fahrgeschwindigkeiten (zum Beispiel Himberger Straße)

Für die Regelung an konkreten Örtlichkeiten wurde folgender Kriterienkatalog entworfen (Tabelle 14). Hierbei gilt, dass ungünstige Stellen im Bestand verbessert werden müssen. Dazu zählen ungünstige Kurven, Lichtsignalsteuerungen, Engstellen oder Fußgängerübergänge, welche sich auf der Rad-Langstrecke befinden. Außerdem gilt es die Lücken zwischen den Rad-Langstrecken und dem Hauptradwegnetz zu schließen und so ein durchgehendes Gesamtnetz zu erhalten.

Tabelle 14: Kriterienkatalog spezielle Örtlichkeiten an Rad-Langstrecken der Stadt Wien (Quelle: [Stadtentwicklung Wien, o. J.]

Kriterium	Ungünstig, wenn ...
Kurvenradius \geq	Kurven-Innenradius kleiner als 8 Meter (bei 20 km/h gemäß RVS) auf der freien Strecke und bei entsprechenden Platzverhältnissen auch an Knoten
Nachrang bei Verkehrslichtsignalanlagen (Ampeln)	Nachrang oder maximale Wartezeit an Ampeln von mehr als 40 Sekunden an Straßen, die keine Hauptstraße A oder B oder Schienenstraßen sind; Druckknopfampeln (Lösungsvarianten: Druckknopf entfernen oder zumindest mit einer vorgelagerten Anmeldung mit Detektoren und durch einen schnellen Phasenwechsel Halte vermeiden; je nach Verkehrsaufkommen kann alternativ für die Rad-Langstrecke Dauergrün geschaltet werden mit Anmeldung der querenden Strecke)
Engstelle \geq	Verminderung der Anzahl der Fahrstreifen im Vergleich zum Standardquerschnitt (1 Fahrstreifen = 1 Meter) auf einer Länge von weniger als 50 Meter; Einschränkung des Lichttraums gemäß RVS
FußgängerInnen queren	Punktuelle Kreuzung von Gehlinie und Radfahranlage (zum Beispiel Schutzweg, FußgängerInnen-Flächen auf beiden Seiten der Radverkehrsanlage mit Querungsbedürfnis der FußgängerInnen); mehr als 120 FußgängerInnen pro Stunde
Sichtverhältnis \geq	Anhaltesichtweite von 15 Metern (bei 20 km/h gemäß RVS) wird nicht eingehalten.
Erreichbarkeit/Anbindung an Hauptradwegnetz	Fehlen von Anbindungen von Stadtteilzentren oder Ähnliches, Lücken zwischen Hauptradwegnetz und Rad-Langstrecke, Fehlen von Radabstellanlagen an wichtigen Zielen et cetera

Wirkungen:

Zu den möglichen Auswirkungen der Rad-Langstreckenverbindungen in Wien können derzeit noch keine Aussagen getroffen werden. Die Stadt Wien geht jedoch auf einzelnen Strecken, aufgrund der attraktiven Infrastruktur für Radfahrer, von einer Abnahme im Kfz-Verkehr aus. Auch das Ziel den Fahrradpendleranteil signifikant zu erhöhen, soll durch den Infrastrukturausbau langfristig gesichert werden.

2.3.2 Salzburg

Die Stadt Salzburg gilt im österreichischen Vergleich bereits jetzt als Stadt mit einem sehr hohen Radverkehrsanteil. Derzeit liegt dieser bei ca. 20 % und könnte durch weitere Infrastrukturmaßnahmen erhöht werden. Der 2003 erbaute Salzach Radweg zeigte deutlich, welche Wirkungen ein Ausbau der Radinfrastruktur auf den Modal Split nach sich zieht. Nach Fertigstellung dieses Radweges am 12. Juli 2013 ist der Radverkehrsanteil sprunghaft angestiegen. Der Anteil am Modal Split stieg zwischen dem Jahr 2004 und 2012 von 16,0 % auf 19,6 % im Stadtgebiet von Salzburg [Land Salzburg, 2015]. Seitdem werden keine weiteren Steigerungen beobachtet. In der Stadt Salzburg würden sich mehrere Möglichkeiten anbieten, um das Netz mittels Radschnellverbindungen zu erweitern. Andere Städte im europäischen Vergleich zeigen, dass der Radverkehrsanteil durch gezielte Maßnahmen auf bis zu 40 %

erhöht werden konnte. In Salzburg könnten solche Radschnellwege ohne großen Aufwand entlang der gegebenen Flüsse, Bäche, Bahnlinien und Stadtbergen errichtet werden [Horsteiner, 2017].

Eine sehr effektive Maßnahme für die Verbesserung des Radverkehrs in Salzburg ist der Ausbau der Verbindung zwischen Salzburg und Freilassing. Auf dieser Verbindung stehen derzeit zwei Bestandsstrecken zur Verfügung. Zum einen die B155 (Münchner Bundesstraße) und zum anderen der Bahnbegleitweg. Beide Routen weisen für den Radverkehr keine besondere Attraktivität auf. Der Bahnbegleitweg ist im derzeitigen Zustand zwar in weiten Teilen vom Kfz-Verkehr getrennt, kann aber nicht durchgehend befahren werden. Wird diese Route durch die Radfahrer gewählt, werden Umwege notwendig. Um diese Missstände zu beheben, wurden von dem Planungsbüro komobile Gmunden GmbH im Auftrag der Stadt Salzburg, konkrete Planmaßnahmen erarbeitet um diese Verbindung zu einem durchgehenden Premiumradweg auszubauen. Bei diesem Premiumradweg soll es sich um einen Radschnellweg mit Anforderungen laut deutscher Richtlinie handeln. Demnach wäre dies der erste österreichische Radschnellweg, welcher den Qualitätsanforderungen im europäischen Vergleich entspricht [Koch *et al.*, 2016].

Der generelle Ausbau der Radinfrastruktur, inklusive Errichtung von Radschnellwegen, trägt dazu bei die Radverkehrsstrategie 2025+ des Landes Salzburg zu erfüllen. In dieser Strategie wurde beschlossen, dass im gesamten Bundesland der derzeit bei 11% [Land Salzburg, 2015] liegende Radverkehrsanteil um 20 % gesteigert werden soll. Zudem soll das Fahrrad als Alltagsverkehrsmittel stärker positioniert werden.

Die Stadt Salzburg sieht in der Förderung des Radverkehrs drei wesentliche Bereiche. Diese sind Infrastruktur, Kommunikation und Fahrradkultur. Für Erhöhungen des Radverkehrsanteils werden drei unterschiedliche Ansätze, mit welchen die Ziele unterschiedlich schnell erreicht werden können, untersucht. Die Förderung des Radverkehrs ist maßgebend vom Ressourceneinsatz abhängig. Zum einen betrifft das die finanziellen Mittel für Bau und Erhaltung der Infrastruktur, zum anderen aber auch den personellen Einsatz, um Projekte zu entwickeln. Die drei betrachteten Entwicklungsstrategien können folgendermaßen betrachtet werden [Stadt Salzburg, 2017]:

- „Weiter wie bisher“: Ressourcen entsprechen dem derzeitigen Stand
- „Ambitioniert“: Finanzmittel und Personalressourcen werden in etwa verdoppelt
- „Top-Level“: Finanzmittel und Personalressourcen werden etwa vervierfacht

Tabelle 15: Finanzierungsansatz für die drei Entwicklungsstrategien in der Stadt Salzburg (Quelle: [Stadt Salzburg, 2017])

Ressourcen Radverkehr	WIE BISHER	AMBITIONIERT	TOP-LEVEL
Investitionsbudget/Jahr	1 Mio. €	2 Mio. €	4 Mio. €
Planungsbudget/Jahr	160.000 €	360.000 €	700.000 €

Zu den drei Entwicklungsstrategien wurde eine qualitative Abschätzung der Wirkungen auf den Verkehr ausgearbeitet. Diese sind in Tabelle 16 dargestellt. Würde die Radverkehrsförderung wie bisher fortgesetzt werden, wären zwar positive Wirkungen zu verzeichnen, jedoch nur in geringem Ausmaß. Bei der „Ambitionierten“ Variante sind bereits spürbare Veränderungen möglich und bei der „Top-Level“ Variante würde der Radverkehrsanteil jährlich um ca. 1 % steigen [Stadt Salzburg, 2017]. Obwohl sich diese Tabelle auf den gesamten Radverkehr bezieht, spielt das Thema Radschnellwege bei zukünftigen Investitionen in den Radverkehr immer eine Rolle.

**Tabelle 16: Gegenüberstellung der Wirkungen durch die unterschiedlichen Entwicklungsansätze der Stadt Salzburg
(Quelle: [Stadt Salzburg, 2017])**

WIRKUNG 2025	WIE BISHER	ABITIONIERT	TOP-LEVEL
Länge Radnetz (dzt. 187)	200 km	220 km	250 km
Abnahme Kfz-Fahrten/Tag *	8750	17500	35000
ÖV-Fahrzeitgewinne **	gering	spürbar	deutlich spürbar
Einsparung CO ₂ -Emissionen/Tag	4,5 t	9 t	18 t
Radverkehrsanteil	22 %	24 %	28 %
Steigerung Radverkehrsanteil durch Begleitmaßnahmen zur Dämpfung des Autoverkehrs ***	bis 4 %	bis 4 %	bis 4 %
Radverkehrsanteil Gesamt	26 %	28 %	32 %
* Annahme Modal Split ÖV, FG bleibt konstant			
** In den Verkehrsspitzen, Insbesondere mit begleitender ÖV- Priorisierung			
*** Parkraumbewirtschaftung, Innenstadt- Verkehrsregelung, Busbeschleunigung			

Richtlinien:

Da es, wie bereits mehrfach erwähnt, in Österreich keine konkreten Richtlinien zum Bau von Radschnellwegen gibt, wurde für die Planung der Radschnellverbindung zwischen Salzburg und Freilassing das deutsche Regelwerk herangezogen. Konkret sind in diesem Zusammenhang folgende zwei Leitfäden zu nennen [Koch *et al.*, 2016]:

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): Arbeitspapier Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen, Köln 2014
- Arbeitsgemeinschaft fußgänger- und fahrradfreundlicher Städte, Gemeinden und Kreise in Nordrhein-Westfalen: Leitfaden für die Planung von Radschnellwegen, Krefeld 2015

Für solche Premium-Radwege ist demnach eine Mindestbreite von 4,0 m im Zweirichtungsverkehr vorzusehen. An vereinzelt Engstellen kann diese auf 2,5 m verringert werden. Generell gilt, dass diese Radschnellwege so zu dimensionieren sind, dass Beeinflussungen untereinander verhindert werden. Dies gilt speziell für Überholmanöver, für Lastenräder sowie für Fahrräder mit Anhängern [Koch *et al.*, 2016].

Bei der Trassierung der Radschnellwege ist auf eine möglichst kreuzungsfreie Streckenführung zu achten. Des Weiteren sollen diese soweit als möglich vom Fußgängerverkehr getrennt werden. Ein weiteres Kriterium für rasches Vorankommen sind die Kurvenradien. Diese sind außerorts mit 20

Meter definiert. Innerorts müssen diese an die zum Teil engen örtlichen Gegebenheiten angepasst werden. Ein Mindestradius von 2,5 Meter soll aber eingehalten werden [Koch *et al.*, 2016].

Um die Qualitätsstandards für Komfort und Sicherheit zu erfüllen, soll ein geeigneter Oberflächenbelag wie beispielsweise Asphalt aufgebracht werden. Weitere Qualitätskriterien sind die durchgehende Beleuchtung sowie die Hindernisfreiheit. Wichtige Maßnahmen im hochrangigen Radverkehrsnetz sind ebenfalls die Reinigung sowie der Winterdienst. Außerdem ist dafür zu sorgen, dass entlang der Strecke ausreichend Servicestationen vorhanden sind [Koch *et al.*, 2016].

Wirkungen:

Zu den tatsächlich eintretenden Wirkungen kann derzeit weder in Wien noch in Salzburg eine konkrete Aussage getroffen werden, da in beiden Städten die Radschnellverbindungen noch nicht fertiggestellt wurden.

Für den in Salzburg neu zu bauenden Premium-Radweg zwischen Salzburg und Freilassing gibt es aber konkrete Ansätze, wie sich die neue Infrastruktur auf den Verkehr auswirken wird. Hierzu wurden die Reisezeiten der Verkehrsmittel Kfz, ÖV und Fahrrad im Bestand mit den zurückgelegten Zeiten im Planfall verglichen. Der Vergleich ist in Tabelle 17 aufgelistet [Koch *et al.*, 2016].

Tabelle 17: Prognostizierte Auswirkungen der Radschnellverbindung Salzburg – Freilassing auf die Reisezeit
(Quelle: [Koch *et al.*, 2016])

Von Freilassing Bahnhof nach Salzburg:	Reisezeit im MIV im Bestand	Reisezeit im ÖV im Bestand	Reisezeit mit dem Rad im Bestand	Reisezeit mit dem Rad nach Errichtung der Saalachbrücke	Reisezeit mit dem Rad nach Vollausbau auf der ganzen Strecke
LKH / Rudolf-Biebl-Straße	21 bis 35 Minuten (5,7 km)	16 Minuten	20 Minuten (6,2 km)	16 Minuten	14 Minuten
Hanuschplatz	25 bis 31 Minuten (7,1 km)	29 Minuten	28 Minuten (8,0 km)	24 Minuten	22 Minuten
Mirabellplatz	27 bis 33 Minuten (6,9 km)	27 Minuten	28 Minuten (8,1 km)	24 Minuten	22 Minuten

2.3.3 Graz

Wie gezeigt wurde, gibt es in Wien und Salzburg bereits konkrete Bestrebungen Radschnellwege oder zumindest gut ausgebaute Rad-Langstrecken zur Förderung des Pendlerverkehrs mit dem Rad zu errichten. Doch auch in Graz gibt es zum gegenwärtigen Zeitpunkt vereinzelt Radwege, welche, ohne die Bezeichnung Radschnellweg, Rad-Highway oder Rad-Langstrecke zu tragen, sehr gut ausgebaute Verbindungen darstellen. So ist es möglich, dass im Großraum Graz bereits Radwege existieren, die die Kriterien für einen Radschnellweg erfüllen. Der in der Wickenburggasse im Jahre 2016 verbreiterte Radweg könnte aufgrund seiner guten Ausbaustandards die Kriterien eines innerstädtischen Rad-Highways erfüllen. Diese Verbindung wurde auf eine Breite von 3,0 m erweitert und stellt somit eine leistungsfähige, innerstädtische Radverbindung dar. Dennoch trägt diese Verbindung die Bezeichnung als Rad-Highway nicht.

Ein weiteres Beispiel für eine sehr gut ausgebaute Verbindung befindet sich zwischen Graz und Werndorf. Hier handelt es sich um den Südbahnradweg Richtung dem R2 Murradweg. Insbesondere der fast 8 km lange Abschnitt zwischen der Straße „Am Wagrein“ und der Forststraße entspricht in mehreren Punkten den charakteristischen Merkmalen von Radschnellverbindungen. In punkto Breite und Beschaffenheit der Fahrbahnoberfläche erfüllt dieser Abschnitt alle Anforderungen. Problematisch ist allerdings, dass die Straße neben den Fußgängern auch teilweise für den Kfz-Verkehr freigegeben ist. Bei geringem Verkehrsaufkommen aller Verkehrsmitteln stellt dieser Umstand allerdings keine signifikante Leistungsminderung dar. Außerhalb dieses Abschnittes gibt es in der Qualität des Radweges starke Schwankungen, welche mit den Anforderungen einer hochrangigen Radinfrastruktur nicht vergleichbar sind. Der zuvor genannte Abschnitt kann, wenn auch nicht sämtliche Anforderungen für eine Radschnellverbindung erfüllt sind, bereits als hochrangige Radverbindung zwischen Graz und dem Umland bezeichnet werden. Bevorzugt wird diese Verbindung derzeit allerdings für den Freizeitverkehr genutzt. Weiterführende Ausbaumaßnahmen in diesem Bereich wären sinnvoll, um tatsächlich den Alltagspendlerverkehr auch anzusprechen.

3 Rad-Highway in Graz

3.1 Grazer Rad-Verkehrsnetz

Das Rad als Alltagsverkehrsmittel erfreut sich in Graz seit einigen Jahren großer Beliebtheit. Einerseits liegen die Gründe in der kompakten Stadtstruktur zum anderen prägen Universitäten das gesellschaftliche Leben der Stadt. Wird der Modal Split Anteil des Radverkehrs in Graz betrachtet, so liegt der Radfahranteil, laut Erhebung aus dem Jahr 2013, bei 14,5 Prozent. Dieser Anteil hat sich über die letzten 15 Jahre kaum verändert, wobei im Vergleich zum Jahr 2008 ein leichter Rückgang verzeichnet werden musste. Verglichen mit anderen österreichischen Städten stellt dieser Prozentsatz einen guten Mittelwert dar. In Wien betrug der Radverkehrsanteil 2013 nur 6 % und in Linz 7 %. In Bregenz, Salzburg und Innsbruck konnten in den Jahren 2012 und 2013 allerdings bereits Anteile um die 20 % verzeichnet werden [Land Salzburg, 2015]. Trotz des einigermaßen guten Modal Split Anteils des Radverkehrs, gibt es in einigen Teilen der Stadt großes ungenutztes Potenzial, das die Attraktivität für den Radverkehr weiter steigern könnte. Abbildung 25 stellt die Entwicklung des Modal Split für Graz im Zeitraum zwischen 1982 und 2013 dar.

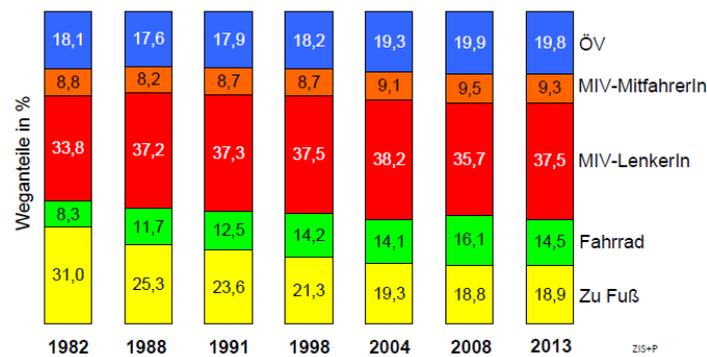


Abbildung 25: Modal Split Verteilung Graz
(Quelle: [ZIS+P and Stadt Graz, 2014])

Die Stadt Graz hat sich zum Ziel gesetzt, den stagnierenden Radverkehrsanteil zu erhöhen. Die größte Hürde, um dieses Ziel zu erreichen, ist die Kfz-freundliche Stadtplanung der 1970er Jahre. Aufgrund des damaligen Fokus der Verkehrsplanung auf den Kfz-Verkehr, wurde der Radverkehr lange Zeit vernachlässigt. Erst in den 1980er Jahren wurde damit begonnen, die Radinfrastruktur sukzessiv zu errichten. Die ersten Ideen, die Radinfrastruktur zu verbessern, lagen allerdings nicht unbedingt darin Radwege zu errichten. Durch die räumlichen Einschränkungen der Grazer Stadtstruktur war es nämlich nur in den seltensten Fällen möglich, baulich getrennt Radwege zu errichten. Es galt also nach anderen Methoden zu suchen, die Radfahrer sicher in den Verkehr zu involvieren. Folgende Maßnahmen wurden dabei gesetzt [Hönig, o. J.]:

- Radfahrstreifen gegen Einbahnen
- das Nebeneinanderfahren von Fußgängern und Radfahrern in verkehrsberuhigten Straßen
- gemeinsame Fuß- und Radwege
- Radaufstellspuren bei Kreuzungen

Um das Radverkehrsnetz im gesamten Grazer Straßennetz erkennbar zu machen, wurde eine grüne Leitfarbe für Radwege und Radabstellanlagen eingeführt. Ein weiterer wesentlicher Schritt in der Verbesserung des Radfahrangebotes war die Einführung der „Tempo 30/50“ Regelung. Diese Regelung sagt aus, dass im gesamten Nebenstraßennetz der Stadt (ca. 80% des städtischen Straßennetzes) eine

Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h gilt. Ausgenommen davon ist nur das Hauptstraßennetz, das weiterhin mit Tempo 50 km/h befahren werden darf. Die Einführung dieser Regelung brachte nicht nur einen deutlichen Rückgang der Unfälle mit sich, sondern auch eine klare Verbesserung für den Radverkehr. Es wurden somit 80 % aller Straßen in Graz attraktiver für eine Radverkehrsnutzung [Hönig, o. J.].

Betrachtet man an diesem Punkt nochmals die Modal Split Verteilung in Abbildung 25, kann für den Radverkehr in Graz eine grundsätzlich positive Entwicklung bis 2008 abgeleitet werden. Seit den Anfängen des Radinfrastrukturausbaus ist der Anteil von 8,3 % (1982) auf zwischenzeitlich 16,1 % (2008) gestiegen. Zwischen den Jahren 2008 und 2013 sank der Radverkehrsanteil allerdings wieder auf 14,5 %.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt hat Graz ein relativ großes Radverkehrsnetz, wodurch in weiten Teilen der Stadt ein möglichst sicheres Radfahren gegeben ist. In Graz gibt es 13 sogenannte Haupt-Radrouten, welche momentan das Rückgrat des Grazer Radverkehrsnetzes bilden. Laut Definition in Kapitel 2.1.1 entsprechen diese am ehesten den Radschnellstrecken. Diese Routen sind gut ausgebaut und verlaufen sternförmig, vom Stadtzentrum ausgehend, in das suburbane Umland. Diese Verbindungen in das Umland sprechen vor allem Pendler an. Da sie ein relativ schnelles Vorankommen erlauben, stellen diese Radwege für manche Alltagspendler auch eine Alternative zum Auto dar. Da diese Routen oft entlang der Hauptverkehrsadern des Kfz-Verkehrs verlaufen, sind sie für den Freizeitradverkehr kaum von Interesse. Die 13 Hauptradrouten werden mit HR1 bis HR13 abgekürzt und sind in Tabelle 18 aufgelistet:

Tabelle 18: Liste aller Grazer Hauptradrouten
(Quelle: [Glösl, o. J.]

Route	Ziel	Länge
HR1	Gratwein	13,3 km
HR2	Gratkorn	12,0 km
HR3	Stattegg	4,8 km
HR4	Weinitzen	5,5 km
HR5	Mariatrost	5,7 km
HR6	Ragnitz	4,7 km
HR7	Raaba	7,4 km
HR8	Gössendorf	10,6 km
HR9	Thalerhof	9,2 km
HR10	Pirka	5,7 km
HR11	Straßgang	6,8 km
HR12	Eggenberg	3,3 km
HR13	Thalersee	4,9 km

Die in Tabelle 18 aufgelisteten Hauptradrouten werden auf der Karte in Abbildung 26 grafisch dargestellt. Die Abbildung zeigt den Verlauf der Routen, inklusive einiger markanter Zwischenstationen.

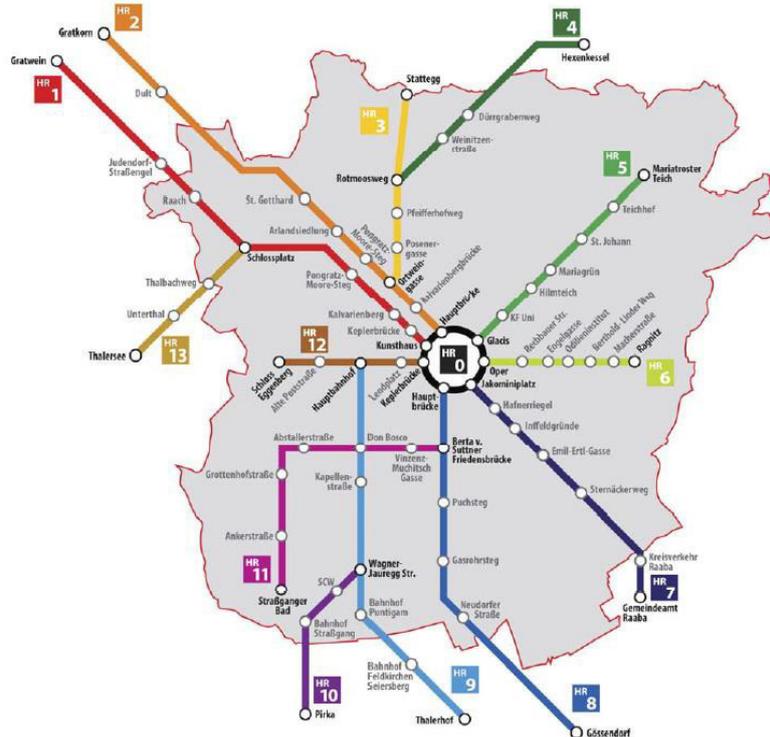


Abbildung 26: Darstellung und Verlauf der 13 Hauptradrouten im Grazer (Quelle: [FGM - Forschungsgesellschaft Mobilität, 2007])

Neben den Hauptradrouten, welche mit HR ausgeschildet sind, finden sich im übergeordneten Radverkehrsnetz auch Radwege, die mit der Bezeichnung „R“ ausgewiesen sind. Bei diesen handelt es sich um Landesradwege, die durch das Stadtgebiet verlaufen. In Summe werden aktuell sieben Landesradwege in der Stadt Graz ausgewiesen [Glösl, o. J.]:

- R2 - Mur – Radweg
- R23 - Mariatroster – Radweg
- R28 - Stattegger – Radweg
- R39 - Thaler – Radweg
- R49 - Mostwärts – Radweg
- R52 - Hönigtal – Radweg
- R9 - Erzherzog Johann – Radweg

Neben diesen übergeordneten Radwegen wird das restliche Radverkehrsnetz in Graz durch Radfahrstreifen sowie den Tempo 30 km/h Zonen gebildet. Zusätzlich ist in einigen Fußgängerzonen der Grazer Innenstadt das Radfahren erlaubt. Voraussetzung für das Radfahren in Fußgängerzonen ist die ausdrückliche Erlaubnis mittels Zusatztafeln. Zu beachten ist, dass das Radfahren in einer Fußgängerzone nur mit Schrittgeschwindigkeit erlaubt ist.

3.2 Graz 2020

Die Stadt Graz hat sich zum Ziel gesetzt die verkehrliche Situation der Stadt schrittweise in Richtung umweltfreundlichere Stadt zu verbessern. In einem Mobilitätskonzept wurden Ziele zusammengefasst, welche durch entsprechende Maßnahmen bis zum Jahre 2021 erfolgreich umgesetzt werden sollen. Durch den Beschluss der „Verkehrspolitischen Leitlinie 2020“ und der Abfassung der

Verkehrsplanungsrichtlinie wurde die Grundlage für eine zukunftsorientierte Verkehrsplanung in Graz geschaffen. Aufbauend auf diesem Beschluss wurde das Grazer Mobilitätskonzept 2020 beschlossen. Dieses Konzept beinhaltet auch einen Maßnahmenkatalog, anhand dem genaue Ziele definiert wurden. Bei weiterer Betrachtung des Grazer Mobilitätskonzeptes wird nur noch auf den, für diese Arbeit relevanten Radverkehr eingegangen.

Als Ausgangslage für die Erstellung dieses Konzepts diente die Mobilitätsbefragung 2013. Neben der Befragung wurden demografische Prognosen und Trends zur Wirtschaftsentwicklung im Großraum Graz herangezogen. Unter Einbeziehung der Daten aus der Mobilitätsbefragung sowie der Zukunftsprognosen konnte ein erhöhter Handlungsbedarf festgestellt werden, um die positive Entwicklung der Verkehrsplanung in Zukunft weiter fortzusetzen. Primäres Ziel aller Maßnahmen ist die Verbesserung der Erreichbarkeit innerhalb der Stadt [Fallast and Huber, 2015].

Die wachsenden Bevölkerungszahlen der letzten Jahre innerhalb der Stadt Graz stellen die Verkehrsplanung vor große Herausforderungen. Das Verkehrsmittel Pkw hat kaum noch Reserven und ist auf Grund des Platzmangels innerhalb der Stadt nur schwierig und kostspielig ausbaufähig. Dies betrifft sowohl den fließenden als auch den ruhenden Verkehr. Für den öffentlichen Verkehr zeigt sich eine andere Situation. Ausbaupotential ist vorhanden und die Optimierung der Betriebskonzepte ist nach wie vor möglich. Für die Mobilität der Zukunft wird speziell das Fahrrad eine wichtige und aktive Rolle im Alltagsverkehr spielen. Konkret besteht in Graz Handlungsbedarf bezüglich der infrastrukturellen Ausbaumaßnahmen im Radverkehr. Aber auch in der generellen verkehrlichen Organisation sind Maßnahmen für ein radfahrerfreundlicheres Gesamtkonzept zu setzen. Der Fußgängerverkehr muss in Zukunft vor allem im dicht genutzten Bereich gesichert werden. Eine Möglichkeit zur Erhöhung des Fuß- und Radverkehrsanteils besteht in der Förderung der Nahmobilität. Bereits in der Entwicklung neuer Siedlungsstrukturen soll auf möglichst kurze Streckenführungen und Anschlüsse zu den bereits bestehenden Radwegen geachtet werden. Dieses Konzept der Stadt- und Mobilitätsplanung wird unter dem Begriff „Stadt der kurzen Wege“ zusammengefasst [Fallast and Huber, 2015].

3.2.1 Vision 2050 für Graz

Teil des Mobilitätskonzeptes 2020 ist die Vision 2050 für Graz. Diese beinhaltet ein langfristiges Mobilitätsziel der Stadt Graz. Dieses Ziel ist wie folgt definiert:

"Die Mobilität im Graz des Jahres 2050 sichert die Aktivitätendurchführung bei geringstmöglichem Ressourcenverbrauch und gewährleistet gleichzeitig die Förderung der sozialen Kontakte.

Eine ideale Nahversorgung mit Gütern, Dienstleistungen und Freizeiteinrichtungen gemeinsam mit einer städtischen Struktur der kurzen, Fuß-, Rad- und ÖV-gerechten Wege gewährleisten neben einem geringen Ressourcenverbrauch eine freimotivierte Mobilität.

Ein wesentlicher Teil der vom MIV besetzten Flächen ist für die Aufenthaltsfunktionen der BürgerInnen zurückgewonnen.

Das veränderte Angebot ermöglicht eine grundlegende Veränderung der Verkehrsmittelwahl im urbanen und regionalen Bereich“ [Fallast and Huber, 2015]

Unter Betrachtung dieses Mobilitätsziels für das Graz im Jahre 2050 und der prognostizierten Modal Split Aufteilung bis 2050 (Abbildung 27), ist sofort zu erkennen, dass dem Rad als Alltagsverkehrsmittel immer mehr Bedeutung zukommt. Auch dem öffentlichen Verkehr wird ein markanter Anstieg prognostiziert, während die mIV Nutzung sehr stark verringert werden soll.

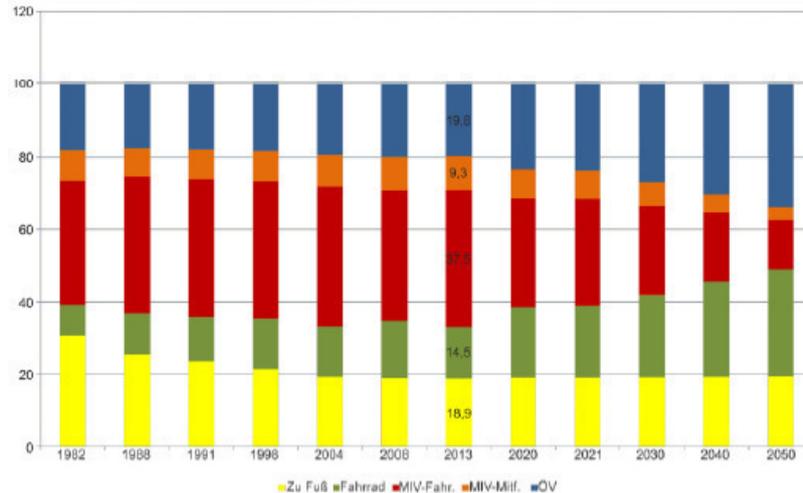


Abbildung 27: Entwicklung und langfristige Ziele des Modal Split von 1982 bis 2050 (Anteil an den Wegen der Grazer Wohnbevölkerung) (Quelle: [Fallast and Huber, 2015])

3.2.2 Verkehrspolitische Leitlinie 2020

Die verkehrspolitische Leitlinie, welche am 23.09.2010 vom Gemeinderat beschlossen wurde, beinhaltet alle wesentlichen Grundsätze der Grazer Verkehrspolitik bis 2020 [Fallast and Huber, 2015].

1. Nachhaltigkeit steht im Mittelpunkt
2. Graz als Stadt der kurzen Wege
3. Mobilität ist in ihrer Gesamtheit zu betrachten
4. Mobilität im urbanen Raum bedeutet Vorrang für die sanfte Mobilität
5. Graz als Teil einer Region setzt auf Kooperation

3.2.3 Ziele des Mobilitätskonzeptes Graz 2020

Die Mobilitätsziele wurden aus Beobachtungen der vergangenen Entwicklung sowie aus Prognosen für die unmittelbare Zukunft erstellt. Neben den Zielen für die Nahmobilität und den qualitativen Zielen sind vor allem die übergeordneten Ziele von Interesse. Diese sind im Konzept integriert worden und werden in Tabelle 19 dargestellt. Diese Tabelle enthält zum einen die generellen Ziele, welche sich in unterschiedliche Kategorien wie ÖV- oder Radanteil aufteilen. Zu jedem dieser Ziele wurde auch eine messbare Größe definiert anhand welcher das Ziel genauer beschrieben werden kann. Für die einzelnen Punkte wird immer der IST- Zustand als Ausgangswert im Vergleich zum gewünschten Zielwert für das Jahr 2021 dargestellt [Fallast and Huber, 2015].

Tabelle 19: Übergeordnete Ziele Mobilitätskonzept Graz 2020
(Quelle: [Fallast and Huber, 2015])

Übergeordnete Ziele			
Ziel	Messgröße	Ausgangswert	Zielwert für das Jahr 2021
Stärkung der Verkehrsmittel des Umweltverbundes	Modal Split der Grazer Wohnbevölkerung, Verhältnis MIV : Verkehrsmittel des Umweltverbundes	2008 = 45:55	37:63
Erhöhung des ÖV- Anteils	ÖV- Anteil des Modal Split der Grazer Wohnbevölkerung	2008: 19,9%	24%
Erhöhung des Radverkehrs-Anteils	Radverkehrs-Anteil im Modal Split der Grazer Wohnbevölkerung	2008: 16,1%	20%
Stabilisierung des Fußgänger-Anteils	Fußgänger-Anteil im Modal Split der Grazer Wohnbevölkerung	2008: 18,8%	19%
Reduktion des MIV-Anteils im BerufspendlerInnenverkehr	MIV-Anteil beim BerufspendlerInnenverkehr im Modal Split der Grazer Wohnbevölkerung	2008: 45,0%	40,0%
Reduktion der Anzahl der Kfz-Wege der Grazer Wohnbevölkerung trotz Bevölkerungszuwachs	Kfz-Wege / Tag der Grazer Wohnbevölkerung	2008: 360800	330.900
Steigerung des Besetzungsgrades von Pkw	Pkw-Besetzungsgrad (Personen / Pkw)	2008: 1,27	1,5
Erhöhung der Verkehrssicherheit: Reduktion der Verkehrsunfälle mit Personenschaden	Anzahl der Straßenverkehrsunfälle mit Personenschaden im Grazer Stadtgebiet	2010: 2036	-40,0%

3.2.4 Maßnahmen

Um die gesetzten Ziele erreichen zu können, sind die entsprechenden Maßnahmen durchzuführen. Im Mobilitätskonzept findet sich daher auch ein umfangreicher Maßnahmenkatalog wieder. In weiterer Folge wird in dieser Arbeit nur noch auf die für den Radverkehr relevanten Maßnahmen eingegangen. Aus der Modal Split Entwicklung in Abbildung 25 kann abgeleitet werden, dass der Radverkehrsanteil

seit 1998 bei knapp über 14 % stagniert und vom Jahr 2008 auf 2013 sogar wieder abgenommen hat. Dieser Trend zeigt, dass ohne deutliche Bemühungen die Attraktivität des Radverkehrs zu steigern, kein Zuwachs des Radverkehrsanteils erreicht werden kann. Der Trend lässt darauf schließen, dass der Anteil, der mit dem Rad zurückgelegten Wege, sogar weiter sinken könnte. Die wichtigsten Maßnahmen für eine Rad-Offensive wurden an dieser Stelle zusammengefasst [Fallast and Huber, 2015]:

- Einen wesentlichen Teil der Maßnahmen macht der Ausbau der Infrastruktur aus. Entscheidend ist hierbei die Radverkehrsinfrastruktur auf einem hohen Qualitätsstandard zu halten und zu verbessern.
- Ein weiterer Punkt ist die verbesserte Verkehrsführung für den Radverkehr in Kreuzungsbereichen. Besonderes Augenmerk liegt hier an den kurzen Wartezeiten, denn nur dadurch können die Reisezeitvorteile im Radverkehr voll ausgenutzt werden. Insbesondere bei Neu- und Umplanungen von VLSA- geregelten Knoten soll auf den Radverkehr Rücksicht genommen werden.
- Durch Wegweisung für den Radverkehr sollen die aktuellen Nutzer unterstützt werden. Des Weiteren können die vorhandenen Wegweiser als Information für potenzielle künftige Nutzer dienen.
- Bei der Instandhaltung des Radwegenetzes sollen neben den baulichen Maßnahmen auch die regelmäßigen Inspektionen analog zum Straßennetz erfolgen. Nur so ist es möglich bauliche Mängel frühzeitig zu erkennen und zu beseitigen.
- Eine wesentliche Maßnahme besteht in der dauerhaften Verfügbarkeit eines Fahrrades. Ziel ist es, den Zugang zur Radnutzung so einfach als möglich zu gestalten. Dazu zählt neben der Erreichbarkeit der individuellen Ziele auch die Mitnahme des Rades bei Nutzung anderer Verkehrsmitteln (z.B.: öffentlicher Verkehr). Eine sehr gute Möglichkeit diesen Anforderungen gerecht zu werden sind Fahrradverleihsysteme. Verleihsysteme haben ein sehr großes Potenzial im Bereich der gelegentlichen Nutzer.

Neben den hier genannten Maßnahmen, um den Radverkehr zu fördern, enthält das Mobilitätskonzept viele weitere Maßnahmen für das Erreichen der übergeordneten Mobilitätsziele. Dazu zählen Maßnahmen im öffentlichen Verkehr sowie in der Nahmobilität. Darunter wird aber auch Bewusstseinsbildung und das Thema Elektromobilität verstanden. Die Förderung der multimodalen Mobilität, sowie eine Neuorientierung der Parkraumbewirtschaftung sind weitere wesentliche Teile des Maßnahmenkataloges.

3.3 Rad- Highway am Beispiel der Mandellstraße/Petersgasse

Wie bereits im vorherigen Abschnitt erwähnt, ist es unabdinglich, die Radverkehrsinfrastruktur in Graz zu erweitern und zu verbessern. Dadurch können langfristige Änderungen im Verkehrsverhalten erreicht werden. In dieser Arbeit wird daher die mögliche Etablierung eines hochwertigen Radweges, unter dem Namen Rad-Highway, im Bereich der Mandellstraße sowie der Petersgasse untersucht. Dieser untersuchte Rad-Highway kann eine solche Maßnahme zur Radverkehrsförderung darstellen. Diese neue Verbindung im Zentrum von Graz würde die derzeit hochwertigste Radverbindung im ganzen Stadtgebiet darstellen und könnte als Vorzeigebispiel für zukünftige Investitionen dienen.

3.3.1 Erhebung des Radfahreranteils

Um konkrete Planungsmaßnahmen in einem Gebiet umzusetzen, muss zuerst der IST- Zustand analysiert werden. Auf Basis der aktuellen Situation können geeignete Schritte für die Verbesserung der verkehrlichen Situation erreicht werden. Im konkreten Fall der geplanten Radschnellverbindung war es somit unabdingbar, die Verkehrsstärken im Radverkehr zu erheben. Die Zählraten für den Kfz-Verkehr wurden separat erhoben und werden in Kapitel 4.4.2 dargestellt.

Neben den erhobenen Zählraten für den Kfz- Verkehr (siehe Kapitel 4.4.2) wurden für den zukünftigen Streckenverlauf des Rad-Highways zusätzliche Zählraten des Radverkehrs erhoben. Ziel der Erhebung war die Ermittlung des Radverkehrsanteils in der Mandellstraße/Petersgasse. Die Daten konnten weder über Detektorschleifen automatisiert erhoben werden, noch gab es aus vorangegangenen Projekten Zählraten in diesem Gebiet. Um Informationen über den Radfahreranteil zu erhalten, musste eine manuelle Zählung organisiert werden. Diese Zählung wurde in Kooperation mit dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen der TU Graz sowie der Unterstützung privater Personen durchgeführt.

Vorbereitung Verkehrszählung

Das entscheidende Kriterium für die Aussagekraft der zu ermittelten Zählraten war die zeitliche Einteilung der Erhebung. Um einen typischen Werktag abbilden zu können, wurde der Donnerstag 8. Mai 2017 gewählt. Die Vergleichbarkeit mit den Zählraten des Kfz-Verkehrs ist von großer Bedeutung, daher wurde der Erhebungszeitraum mit einer morgendlichen und einer abendlichen Spitzenstunde festgelegt. Die Zählung in den Morgenstunden wurde zwischen 06:30 und 08:30 Uhr durchgeführt. Für die Abendspitze wurde der Zeitraum zwischen 16:00 – 18:00 Uhr gewählt. Beide Erhebungszeiträume decken sich somit mit den, aus den Kfz- Zählraten ermittelten Spitzenstunden.

Maßgebend für die Aussagekraft der Zählraten war neben der Uhrzeit, die richtige Wahl der Zählstandorte. Durch die vielen Ein- und Ausfahrtmöglichkeiten sowie die Vielzahl an Zielobjekten entlang des Rad-Highways, mussten Stellen gefunden werden, an denen der Verkehrsfluss nachvollziehbar dargestellt werden kann. Die Zählraten sollten in Abschnitten mit interessanten Zielen oder Kreuzungen keine, nicht nachvollziehbaren, Schwankungen durch Zu- und Abfahrten aufweisen. Als zentraler Bereich konnte das Gebiet rund um den Standort Campus Neue Technik ermittelt werden. Da dieser Bereich das Zentrum der geplanten Radinfrastruktur darstellen wird und von einem starken Verkehrserzeugungs- und Attraktionspotential ausgegangen werden kann, liegt der Fokus der Erhebung in diesem Abschnitt.

In Abbildung 28 werden die gewählten Zählstellen dargestellt. Insgesamt wurden vier Erhebungsstandorte definiert. Zwei Standorte wurden als Querschnittszählung ausgeführt. Bei diesen kann lediglich die Verkehrsmenge, die während des gewählten Zeitraums den Querschnitt durchfährt, erhoben werden. Für die beiden anderen Bereiche wurden Knotenstromerhebungen durchgeführt. Eine Knotenstromzählung erlaubt, neben der Erfassung der Verkehrsmenge, kleinräumige Definitionen von Quell- Zielbeziehungen. Die erste Querschnittserhebung wurde in der Mandellstraße nahe der Kreuzung Mandellstraße – Brockmannngasse durchgeführt. Der zweite Zählstandort befand sich in der Petersgasse gegenüber der neuen Technik nahe des Felix- Dahn- Platzes. Der Fokus lag hier auf der Erfassung jener Radfahrer, die ausgehend vom Campus Neue Technik in Fahrtrichtung Norden und Süden den Bereich verlassen. Um die Quell- Zielrelationen am Standort Neue Technik detailliert erfassen zu können, wurde für den Knotenpunkt Steyrgasse – Petersgasse eine Knotenstromerhebung durchgeführt. Die zweite Knotenstromerhebung wurde am Knotenpunkt Petersgasse – Moserhofgasse durchgeführt. Die Idee dieser Standortwahl war die Ermittlung der Zu-

und Abflüsse in der Moserhofgasse, um gegebenenfalls Relationen des Quell- Zielverkehrs für den Campus Inffeldgasse zu erhalten.



Abbildung 28: Zählstellen Radverkehrsanteil Petersgasse / Mandellstraße
(Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017])

Nachdem die Planung der räumlichen und zeitlichen Einteilung der Erhebung abgeschlossen war, mussten geeignete Zählformulare für die manuelle Erfassung erstellt werden. Ein solches Zählformular beinhaltet Datum und Name des jeweiligen Zählers. Außerdem ist auf dem Formular ein Übersichtslageplan der Kreuzung bzw. des Querschnittes, inklusive empfohlenen Standort des Zählers, abgebildet. Das Zählintervall der Erhebung wurde in 15 Minuten Abschnitte eingeteilt. Zudem wurde für jede Fahrtrichtung, sowie jeden Zufluss eine eigene Spalte angelegt. Die Spalten wurden, um dem Zähler eine bessere und einfachere Orientierung zu gewährleisten, mit Abbiegepfeilen versehen. Die Anzahl der Radfahrer konnte nach dem Prinzip der Strichliste in diese Spalten eingetragen werden. In Anhang F wird exemplarisch das erstellte Zählformular für die Kreuzung Petersgasse – Moserhofgasse dargestellt.

Auswertung:

Nach abgeschlossener Erhebung der Rohdaten wurden diese unter Zuhilfenahme der Software MS Excel ausgewertet und tabellarisch aufbereitet. Demnach betragen die Belastungen am ersten Querschnitt (Mandellstraße) zu Spitzenzeiten zirka 350 Radfahrer pro Stunde. Diese Spitzenwerte gelten sowohl für die Morgen- also auch für die Abendspitze. Ein ähnliches Bild ergibt sich für die Belastungen am zweiten Querschnitt (Petersgasse). Als morgendliche Spitzenbelastung wurden ebenfalls 350 Radfahrer pro Stunde ermittelt. Am Abend ergibt sich mit rund 400 Radfahrern pro Stunde eine etwas höhere Belastung als in der Mandellstraße. In Abbildung 29 wird für diese beiden Querschnitte das gesamte Auswertungsergebnis dargestellt.

Querschnittsbelastung Q1		Querschnittsbelastung Q2	
Stunde	Mandellstraße	Stunde	Petersgasse
06:30 - 07:30	201	06:30 - 07:30	177
06:45 - 07:45	165	06:45 - 07:45	210
07:00 - 08:00	227	07:00 - 08:00	269
07:15 - 08:15	286	07:15 - 08:15	321
07:30 - 08:30	345	07:30 - 08:30	360
16:00 - 17:00	333	16:00 - 17:00	357
16:15 - 17:15	324	16:15 - 17:15	372
16:30 - 17:30	339	16:30 - 17:30	389
16:45 - 17:45	364	16:45 - 17:45	405
17:00 - 18:00	334	17:00 - 18:00	407

Abbildung 29: Auswertung Querschnittsbelastungen (QS1 – Mandellstraße, QS2 – Petersgasse)

Ähnliche Belastungsspitzen zeigen sich für die beiden Knotenstromerhebungen. Die Spitzenbelastungen an den einzelnen Querschnitten betragen in etwa 400 Radfahrer pro Stunde. Die genauen Zählraten, unterteilt in Viertelstundenintervallen, können der Abbildung 30 entnommen werden.

Stunde	Petersgasse Norden	Steyrergasse	Petersgasse Süden
06:30 - 07:30	183	26	179
06:45 - 07:45	210	38	212
07:00 - 08:00	277	58	287
07:15 - 08:15	321	65	338
07:30 - 08:30	353	76	377
16:00 - 17:00	358	76	384
16:15 - 17:15	375	76	407
16:30 - 17:30	389	72	417
16:45 - 17:45	402	76	420
17:00 - 18:00	407	78	423

Stunde	Petersgasse Norden	Moserhofgasse	Petersgasse Süden
06:30 - 07:30	169	44	155
06:45 - 07:45	229	55	206
07:00 - 08:00	295	84	263
07:15 - 08:15	356	98	320
07:30 - 08:30	383	102	343
16:00 - 17:00	360	83	323
16:15 - 17:15	374	80	338
16:30 - 17:30	392	84	344
16:45 - 17:45	391	88	339
17:00 - 18:00	381	94	331

Abbildung 30: Knotenstromerhebungsdaten Kreuzung: Petersgasse – Moserhofgasse, Petersgasse – Steyrergasse

Zusammenfassend ergaben sich, entlang des geplanten Rad-Highway Korridors, Belastungen für den Radverkehr im IST-Zustand von rund 400 Radfahrern pro Stunde am Querschnitt.

3.3.2 Planmaßnahmen Mandellstraße/Petersgasse

Für einen ersten Planungsentwurf des Rad-Highways in der Mandellstraße/Petersgasse wurde vom Ingenieurbüro Planum Fallast Tischler & Partner GmbH eine Analyse über die derzeitige Nutzung des Straßenraumes, die vorhandenen Breiten und die Nutzung angrenzender Objekte erhoben. Aus dieser Erhebung ergab sich folgende Aufteilung des Straßenraumes inklusive Rad-Highway:

- Getrennter Rad- und Fußweg mit einer Gesamtregelbreite von 5,75m an der Ostseite der Mandellstraße/Petersgasse
- Führung des Kfz-Verkehrs in einer Einbahn Richtung stadtauswärts
- Kfz-Abstellplätze als Längsparker an der Westseite der Mandellstraße/Petersgasse
- Gehsteig im Bestand an der Westseite der Mandellstraße/Petersgasse

Durch eine hochrangige Radachse in der Mandellstraße und der Petersgasse sollen in erster Linie die drei Standorte der Technischen Universität miteinander verbunden werden, aber es soll auch eine hochwertige und leistungsfähige Radverbindung für die Bewohner aus dem Bereich St. Peter in das Stadtzentrum errichtet werden. Besonders in den Bereichen um die Moserhofgasse und Sandgasse sind viele Wohnbauten mit großem Nutzerpotenzial vorhanden. Zusätzlich befinden sich auf der Route

der Radverbindung weitere wichtige Ziele wie die WIKU, das Realgymnasium Petersgasse, die Landes-Berufsschule 5, der Campus „Sacre Coeur“, die Projektschule Graz und das Volkshilfe Kinderhaus.

Streckenführung

Ausgehend von der Glacisstraße im Norden verläuft der erste Abschnitt des Rad-Highways entlang der Mandellstraße/Petersgasse bis zur Kreuzung Waltendorfer Gürtel. In diesem Abschnitt ist ein getrennter Geh- und Radweg mit einer Gesamtbreite von 5,75 m möglich. Lediglich in einem kurzen Abschnitt vor der Kreuzung Waltendorfer Gürtel muss die Breite auf 4,1 m verringert werden. In diesem Bereich ist aufgrund der engen Platzverhältnisse keine größere Breite möglich. Die Stellplätze können je nach Anspruch der angrenzenden Nutzung als Ladezone, Stellplätze für 10 min Halt, Behindertenstellplätze oder gebührenpflichtige Kurzparkplätze verordnet werden. Die in diesem Bereich stadteinwärts fahrenden Buslinien müssen umgeleitet werden. Stadtauswärts bleibt die Führung für den Kfz- Verkehr in seiner ursprünglichen Form erhalten [Fallast and Moser, 2016].

Der zweite Abschnitt, welcher sich zwischen Waltendorfer Gürtel und Moserhofgasse befindet, bildet, verglichen mit dem restlichen Rad-Highway, eine Ausnahme. In diesem Bereich bleiben beide Fahrtrichtungen für den Kfz-Verkehr geöffnet. Folglich kann auch die Führung des städtischen Busses stadteinwärts aufrecht erhalten bleiben. Durch die günstigen Platzverhältnisse kann auch der geplante Geh- und Radweg mit einer Breite von 5,75 m ausgeführt werden. Im Bereich des St. Peter Friedhofs können die Kurzparkplätze in Senkrechtaufstellern sowie die Taxistellplätze ebenfalls erhalten bleiben [Fallast and Moser, 2016].

Der dritte und letzte Abschnitt liegt zwischen dem Bereich Moserhofgasse und Eisteichgasse. Durch die hier verlaufende Straßenbahnlinie ergibt sich eine zusätzliche Herausforderung in der Planung. Die derzeitige Variante sieht vor, dass der Radverkehr stadteinwärts im Mischverkehr mit Bus, Straßenbahn und Taxi geführt wird. Für den Kfz- Verkehr ist wie im ersten Abschnitt nur das Befahren stadtauswärts möglich. Da der Rad-Highway inmitten der Petersgasse beginnt bzw. endet und sich auf der östlichen Seite der Fahrbahn befindet, wäre es dem Radverkehr stadtauswärts ab hier nicht möglich, auf dieser Strecke weiterzufahren. Zudem würde es zu Konflikten mit den entgegenkommenden Taxis sowie der Straßenbahn kommen. Der Radverkehr stadtauswärts wird daher bereits frühzeitig am Knotenpunkt Moserhofgasse – Petersgasse auf die gegenüberliegende Straßenseite überführt. Auf dieser Straßenseite steht dem Radverkehr ein 1,5 m breiter Radfahrstreifen zur Verfügung [Fallast and Moser, 2016].

In Abbildung 31 wird die Führung des Kfz- Verkehrs schematisch dargestellt.

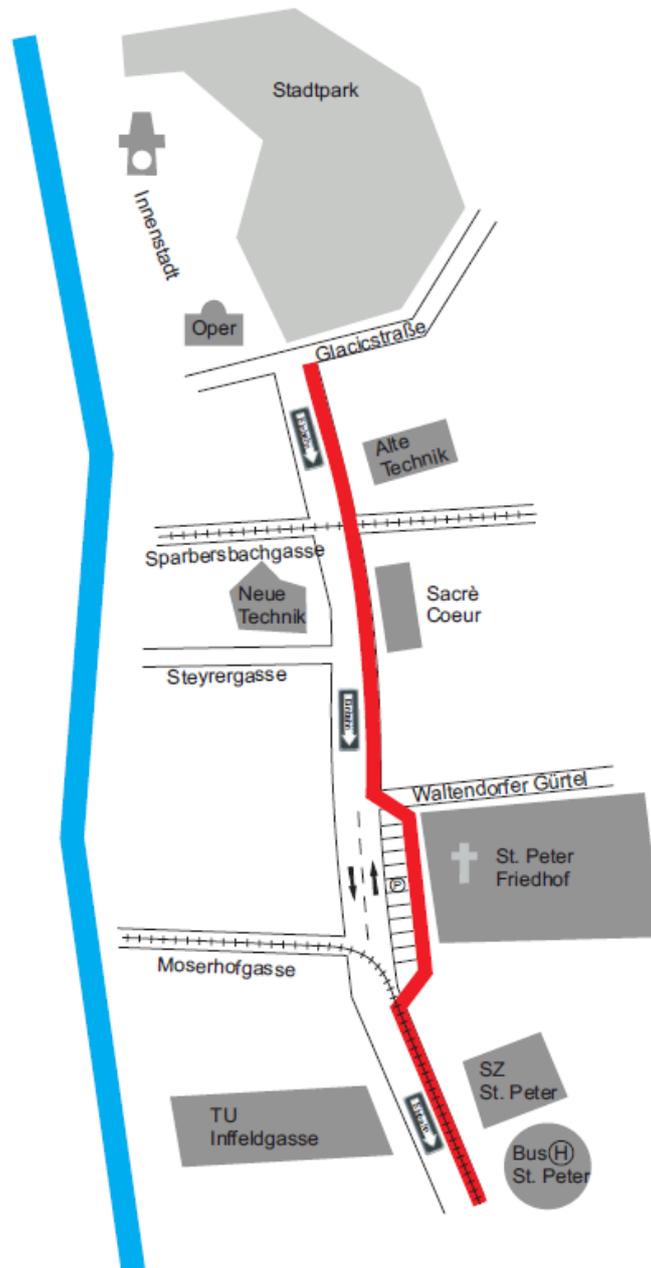


Abbildung 31: Schematische Darstellung der Verkehrsführung im Falle eines Rad-Highways in der Mandellstraße/Petersgasse

Die Pläne in denen der exakte Verlauf sowie die genauen Abmessungen in den einzelnen Bereichen dargestellt sind, können dem Anhang A entnommen werden.

3.3.3 Planungsgrundsätze und bauliche Aspekte

In diesem Abschnitt werden die für den Rad-Highway geplanten Maßnahmen auf Kompatibilität mit den aktuellen Grazer Verkehrsplanungsrichtlinien untersucht. Die Verkehrsplanungsrichtlinie ist, wie die verkehrspolitische Leitlinie 2020 und das Grazer Mobilitätskonzept 2020, Teil der gesamten Mobilitätsstrategie der Stadt Graz. Diese Richtlinie kann als Sammelwerk sämtlicher, für die Straßen- und Verkehrsplanung der Stadt Graz relevanten Richtlinien, Gesetze und Normen betrachtet werden. Auf die für den Rad-Highway relevanten Punkte wird im Folgenden genauer eingegangen.

Die Führung von Radverkehrsanlagen soll in Abhängigkeit der Kfz-Geschwindigkeiten, den Kfz-Verkehrsstärken und der verfügbaren Breite geplant werden. Ein Grundsatz dabei ist, dass Geh- und

Radwegbereiche, sofern es baulich möglich ist, getrennt voneinander anzuordnen sind. Nur in Ausnahmefällen bei Engstellen sollen beide Gruppen im Mischverkehr geführt werden. Vom Kfz-Verkehr ist der Radverkehr im übergeordneten Straßennetz mit Höchstgeschwindigkeiten von 50 km/h zu trennen. Die genaue Führungsform des Radverkehrs ist laut RVS 03.02.13 zu bestimmen. Für Anlieger- und Sammelstraßen mit Tempo 30 km/h wird die Führung des Radverkehrs im Mischprinzip bevorzugt [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011].

Bei der Dimensionierung der Radverkehrsanlagen im Grazer Stadtgebiet werden folgende Führungsformen verwendet:

- Radfahrstreifen
- Selbstständig geführte Radwege
- Gemischter Geh- und Radweg
- Getrennter Geh- und Radweg
- Mehrzweckstreifen

Da die Führungsvariante als Radfahrstreifen, Mehrzweckstreifen oder als selbstständig geführter Radweg für die, in der Mandellstraße/Petersgasse geplante Radinfrastruktur nicht in Frage kommt, werden diese hier nicht weiter betrachtet.

Gemischter Geh- und Radweg

Die derzeitige Planung sieht einen gemischten Geh- und Radweg in einem kurzen Teilstück vor dem Waltendorfer Gürtel vor. Eine solche Anlage soll nur bei geringen Verkehrsstärken von Fußgängern und Radfahrern Anwendung finden. Befinden sich angrenzende Tore oder Hauseinfahrten im Bereich des Geh- und Radweges, ist diese Ausführungsvariante nicht zu empfehlen. Der Vorteil einer gemischten Führungsform ist der deutlich geringere Flächenbedarf. Nachteilig sind die dadurch entstehenden Konflikte zwischen Radfahren und Fußgängern [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011].

Die bauliche Standardbreite für einen gemischten Geh- und Radweg beträgt 2,90 m. Bei einer direkt angrenzenden Fahrbahn ist ein zusätzlicher Sicherheitsstreifen von 0,60 m anzuordnen. Die sich daraus ergebende Regelbreite von 3,50 m soll nur bei sehr engen Platzverhältnissen Anwendung finden und wenn möglich, sollen größere Breiten gewählt werden. Grenzt der Geh- und Radweg an Hausmauern, Zäune oder ähnliche seitliche Hindernisse, ist ein Sicherheitsstreifen von 0,25 m zu berücksichtigen. In Tabelle 20 sind die Mindestbreiten sowie die Regelbreiten für unterschiedliche Anwendungsfälle aufgelistet. In Abbildung 32 wird ein typisches Regelprofil für gemischte Geh- und Radwege in Graz dargestellt. [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011].

**Tabelle 20: Breitenanforderungen von gemischten Geh- und Radwegen
(Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011])**

Gemischter Geh- und Radweg	Regelbreite [m]	Mindestbreite [m] (in Ausnahmefällen)
Standardbreite	2,90	2,50
neben Fahrbahn	3,50	3,10
neben seitlichen Hindernissen	3,15	2,75
zwischen Fahrbahn und seitlichem Hindernis	3,75	3,35

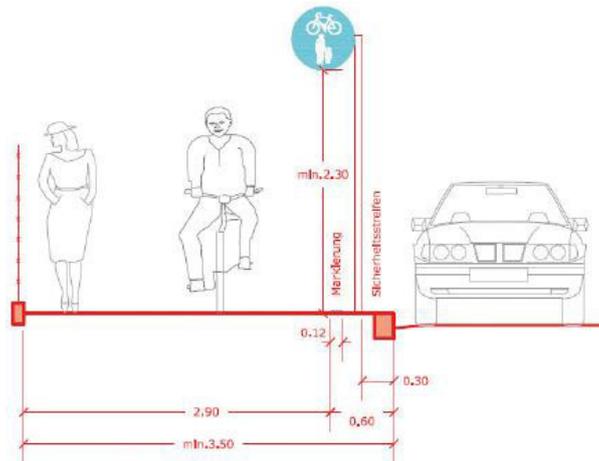


Abbildung 32: Regelprofil gemischter Geh- und Radweg
(Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011])

Werden die Mindestanforderungen an die Breite von gemischten Geh- und Radwegen aus Tabelle 20 mit den Breiten, die vom Ingenieurbüro Planum Fallast & Tischler GmbH vorgeschlagen wurden, verglichen, werden diese in jedem Teilabschnitt eingehalten. Die geplanten Breiten sind an der engsten Stelle im Verlauf des Rad-Highways um 0,35 m breiter als die vorgeschriebene Regelbreite. Aus technischer Sicht ist die Führung des Rad-Highways in der Mandellstraße/Petersgasse für das genannte Teilstück als gemischter Geh- und Radweg umsetzbar. Laut Definition soll eine solche Führungsform nur bei geringen Verkehrsstärken im Radverkehr angewendet werden. Die in Kapitel 3.3.1 erhobenen Verkehrsstärken betragen bereits in der derzeitigen Ausbausituation abschnittsweise über 450 Radfahrer pro Spitzenstunde und Querschnitt. Eine gesonderte Prüfung sowie eine mögliche Änderung der Führungsform in diesem Abschnitt sollte daher untersucht werden.

Getrennter Geh- und Radweg

Für getrennte Geh- und Radwege ohne Fahrbahngrenzung wird eine bauliche Mindestbreite von 3,90 m festgelegt. Dem Radverkehr werden von dieser Breite 2,00 m und den Fußgängern 1,60 m zugesprochen. Die übrigen 0,30 m dienen der geordneten Trennung der beiden Verkehrsarten. Bei angrenzender Fahrbahn ist zu den 3,90 m noch ein zusätzlicher Sicherheitsabstand von 0,60 m aufzuschlagen. Bei seitlichen Hindernissen ist wiederum ein Sicherheitsabstand von mindestens 0,25 m zu berücksichtigen. In Tabelle 21 sind die Mindestbreiten sowie die Regelbreiten für unterschiedliche Anwendungsfälle aufgelistet. In Abbildung 33 wird ein typisches Regelprofil für getrennte Geh- und Radwege in Graz dargestellt [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011].

Tabelle 21: Breitenanforderungen von getrennten Geh- und Radwegen
(Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011])

Gemischter Geh- und Radweg	Regelbreite [m]	Mindestbreite [m] (in Ausnahmefällen)
Standardbreite	3,90	3,50
neben Fahrbahn	4,50	4,10
neben seitlichen Hindernissen	4,15	3,75
zwischen Fahrbahn und seitlichem Hindernis	4,75	4,35

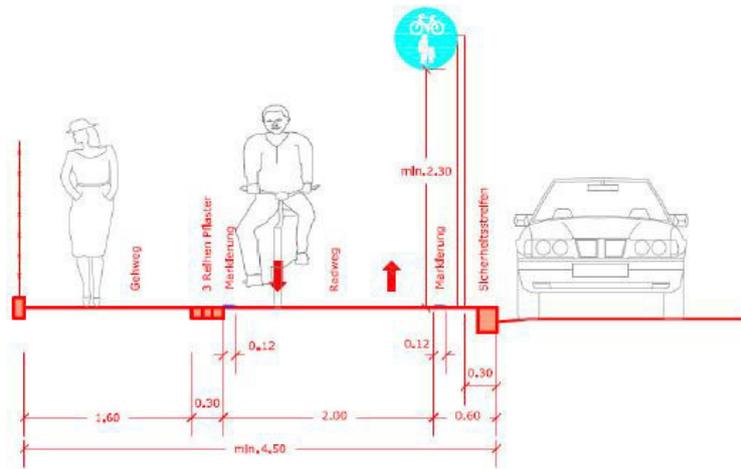


Abbildung 33: Regelprofil getrennter Geh- und Radweg
(Quelle: [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011])

Betrachtet man getrennte Geh- und Radwege im Vergleich zu der gemischten Variante, zeigt sich ein größerer Flächenbedarf für die getrennte Bauweise. Die beim Grazer Rad-Highway nahezu durchgehend geplante Breite von 5,75 m würde diese Führungsform in allen Teilen, mit Ausnahme des Abschnittes vor der Kreuzung Petersgasse – Waltendorfer Gürtel, erlauben. Unter Beachtung aller Sicherheitsabstände sowie der Breite für den Gehweg würden für den Zweirichtungsradweg noch 3,00 m zur Verfügung stehen. Entsprechend den österreichischen Richtlinien ist mit einer Breite von 3,00 m zwar die Mindestanforderung erfüllt, jedoch ist überholen oder nebeneinanderfahren im Begegnungsfall nicht möglich.

Führung bei Grundstückszufahrten

Da es im Verlauf des Rad-Highways immer wieder zu Kreuzungen und Grundstückszufahrten kommt, werden hier die wichtigsten Grundsätze für diese aufgelistet. Durch die bauliche Trennung vom Kfz-Verkehr ist eine Anrampung notwendig. Diese soll im Bereich des Sicherheitsstreifens liegen, um den Radweg auf einem einheitlichen Höhenniveau ohne Abschrägungen zu halten. Generell sind die Querungen möglichst rechtwinklig auszuführen [Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz, 2011].

Vergleich

Vergleicht man die eben dargestellten Planmaßnahmen mit den Anforderungen an Radschnellwege im europäischen Vergleich wird deutlich, dass in einigen Punkten diese Standards nicht erfüllt werden können. Beispielsweise sollte im Zweirichtungsverkehr eine Breite von 4,0 m vorgesehen werden. Diese kann zwar unter bestimmten Umständen kurzzeitig verringert werden, soll aber nicht, wie am Grazer Beispiel, generell maximal 3,0 m betragen. Besonders kritisch in Bezug auf die Qualitätsstandards von Radschnellwegen ist die Situation kurz vor dem Waltendorfer Gürtel. Hier steht nur eine Breite von 4,10 m zur Verfügung. Laut Tabelle 21 wäre hier auch nicht die Mindestbreite in Ausnahmefällen eingehalten und die Führung als getrennter Geh- und Radweg ist in diesem Teilbereich nicht möglich. Aus diesem Grund wurde der Teilabschnitt bereits in den Plänen als gemischter Geh- und Radweg eingezeichnet. Auch an den Knotenpunkten und besonders durch die Konflikte mit dem öffentlichen Verkehr ist eine Bevorrangung des Radverkehrs an Knotenpunkten kaum umsetzbar.

3.3.4 Integration in das bestehende Netz

In diesem Abschnitt soll, ergänzend zu der zuvor bereits betrachteten Kompatibilität des geplanten Rad-Highways mit den Zielen des Grazer Mobilitätskonzeptes 2020, erläutert werden, wie der Lückenschluss zwischen Rad-Highway und dem bestehenden Radverkehrsnetz erfolgen soll. Naheliegender ist, mögliche Verbindungen zu den zuvor beschriebenen Hauptradrouten zu finden, da diese das derzeit hochrangigste Radverkehrsnetz darstellen. Damit sollen verbesserte Anbindungen und zusätzliche Zubringer Routen zum Radwegenetz erreicht werden.

Durch die günstige Lage des Rad-Highways mit dem Anfang bzw. Ende an der Kreuzung Mandellstraße – Glacisstraße ist automatisch eine gute Anbindung zur Innenstadt gegeben. Ein direkter Lückenschluss ist hier mit der Hauptradroute 6 Richtung Ragnitz gegeben. Diese Route beginnt im Bereich der Kreuzung Mandellstraße – Glacisstraße und verläuft anschließend weiter entlang der Glacisstraße. Ebenfalls ist über den vorhandenen Radweg in der Franz-Graf-Allee eine Verbindung zu der Hauptradroute, welche entlang des Innenstadtrings geführt wird, gegeben. Über diese ringförmig angelegte Route, welche auch den neu ausgebauten Radweg in der Wickenburggasse miteinschließt, können nahezu sämtliche Hauptradrouten erreicht werden. In Abbildung 34 wird der Kreuzungsbereich Mandellstraße – Glacisstraße inklusive Lückenschluss in der Radinfrastruktur dargestellt.



Abbildung 34: Lückenschluss Rad-Highway Kreuzung Mandellstraße – Petersgasse (Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017])

Über das südliche Ende der Radschnellverbindung ist, nach derzeitigem Planungsstand, kein direkter Anschluss an das Bestandsnetz möglich. Ausgehend vom Jakominiplatz verläuft über kleine Seitenstraßen die Hauptradroute 7 Richtung Raaba nahezu parallel zwischen der Münzgrabenstraße und der Petersgasse. Über die Hafnerriegel-Straße sowie die Sandgasse ist eine günstige Verbindungsmöglichkeit gegeben. Zusätzlich wäre ein Lückenschluss über die Moserhofgasse gegeben, wobei allerdings aufgrund des hier höheren Kfz-Verkehrsaufkommens die Route über die Sandgasse zu empfehlen ist. Durch eine Fortsetzung der Fahrt auf der Petersgasse nach Ende der Radschnellverbindung ist über die Brucknerstraße die Möglichkeit gegeben, auf die Hauptradroute 7 zu wechseln.

3.3.5 Lösungsansätze für Knotenpunkte

Knotenpunkte stellen für Radverbindungen nicht nur leistungsmindernde Komponenten dar, sondern sind aufgrund der hohen Anzahl an Konfliktflächen mit anderen Verkehrsteilnehmern ein erhöhtes Gefahrenpotenzial. Generelle Musterlösungen können für Knotenpunkte nur schwer angewendet werden, da jeder Knotenpunkt für sich unterschiedliche Anforderungen hat. Trotz der individuellen Anforderungen an den Knotenpunkten gibt es generelle Grundsätze, die bei Querungen von Radwegen berücksichtigt werden sollen. Die im Folgenden gezeigten Planungsgrundsätze sind laut RVS 03.02.13 für Radwege in innerstädtischen Bereichen definiert. Hier wird nur auf jene Ansätze näher eingegangen, welche auch für die mögliche Führung in der Mandellstraße/Petersgasse relevant sein könnten. Bei der Gestaltung der Knotenpunkte soll grundsätzlich darauf geachtet werden, den flüssigen Verkehr am Radweg möglichst aufrecht zu erhalten.

Insbesondere gilt es zu beachten, dass an Kreuzungen immer eine gute Sichtverbindung zwischen Radfahrern und den übrigen Verkehrsströmen gegeben sein sollte. Besonders bei Zweirichtungsradsradwegen kommt der Sichtverbindung hohe Bedeutung zu. Bei Querungen mit Straßen ist die Führung mittels Radfahrerüberfahrt zu empfehlen. Wenn es aus Sicherheitsgründen notwendig ist, ist die Verbindung an Knotenpunkten zu unterbrechen. Um die Priorisierung des Radweges zu verdeutlichen, soll dieser auch im Kreuzungsbereich sein höheres Niveau beibehalten. Durch Rampen wird die Kfz-Überfahrt ermöglicht. Durch die dadurch entstehenden geringeren Geschwindigkeiten wird die Sicherheit am Knotenpunkt zusätzlich erhöht [Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, 2014]. Am Beispiel des Rad-Highways in der Mandellstraße/Petersgasse ist diese Form der Ausführung an allen Knotenpunkten, mit Ausnahme Mandellstraße – Glacisstraße und Mandellstraße – Sparbersbachgasse, sinnvoll umsetzbar. Eine besondere Herausforderung stellen Zu- und Abfahrten zu Parkplätzen, Grundstücken oder anderen Einrichtungen dar, welche die Radverbindung queren. In solchen Anwendungsfällen ist vor allem auf eine möglichst rechtwinklige Querung zu achten. Die Radwege sollen ohne Niveausenkung ausgeführt werden. Konfliktflächen sind des Weiteren möglichst auffällig auszubilden. Dies ist zum Beispiel durch eine rote Einfärbung oder auch durch einen Wechsel des Belages, beispielsweise von Asphalt auf Pflastersteine, möglich [Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, 2014]. Im Falle eines Zweirichtungsradsradweges, wie es beim „Rad-Highway“ Mandellstraße der Fall ist, ist an den Aus- und Einfahrten gesondert auf herannahende Radfahrer aus beiden Richtungen hinzuweisen.

In Abbildung 35 wird ein typisches Beispiel einer Zu- und Abfahrt mit einer Anrampung für die Kfz-Querung dargestellt. Diese Abbildung kann für nahezu alle Knotenpunkte entlang des Rad-Highways als Ansatz verwendet werden. Dies gilt sowohl für Einmündungen als auch für komplette Straßenquerungen.

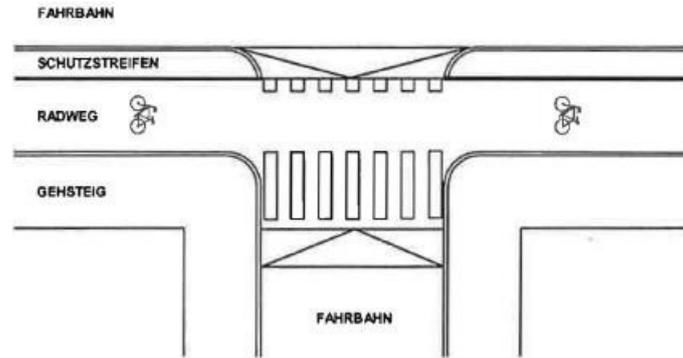


Abbildung 35: Angehobene Radwegquerung
(Quelle: [Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, 2014])

Eine wesentlich komplexere Situation stellt sich am Knotenpunkt Mandellstraße – Sparbersbachgasse ein. Hier ist aufgrund des hohen Kfz-Verkehrsaufkommens sowie der querenden Straßenbahnlinie eine Priorisierung des Radverkehrs kaum umsetzbar. In diesem Bereich wird es notwendig sein, die Radverbindung zu unterbrechen und die einzelnen Verkehrsströme mittels VLSA zu regeln. Eine Priorisierung zu Gunsten des Radverkehrs ist sinnvoll, allerdings soll dadurch keine Verschlechterung für den öffentlichen Verkehr entstehen.

Als ähnlich komplex stellt sich die Situation im Bereich der Oper an der Kreuzung Mandellstraße – Glacisstraße heraus. In diesem Bereich ist mit erhöhtem Kfz-Verkehrsaufkommen zu rechnen. Dem öffentlichen Verkehr kommt an diesem Knotenpunkt noch höhere Bedeutung zu. Neben den beiden Straßenbahnlinien verkehren einige Linienbuslinien. Die, in diesem Bereich, umgesetzte ÖV-Priorisierung soll durch eine mögliche Priorisierung der Radfahrerüberfahrt nicht beeinträchtigt werden. Eine Querung dieser Kreuzung ist für den Radverkehr wiederum nur über eine VLSA-Regelung möglich.

3.4 Fazit

3.4.1 Rad-Highway

Aufgrund der momentan relativ niedrigen Verkehrsstärken im Radverkehr von maximal 500 Radfahrern je Spitzenstunde und Querschnitt stellen die Platzverhältnisse für die Leistungsfähigkeit der gegenwärtig geplanten Radinfrastruktur keine besonderen Herausforderungen dar. Wird als Führungsvariante für den „Rad-Highway“ der getrennte Geh- und Radweg gewählt, so würde sich eine Breite von 3,00 m ergeben, die für den Radverkehr zur Verfügung steht. Vergleicht man diese Breite mit den in Europa üblichen empfohlenen Breiten von 4,00 m auf Radschnellverbindungen im Zweirichtungsverkehr, dann zeigt sich, dass die üblichen Qualitätskriterien nicht auf höchstem Niveau erreicht werden. Wird die Breite auf die aktuell anzutreffenden Verkehrsstärken in Graz bezogen, dann werden die 3,00 m Breite, die dem Radverkehr zur Verfügung stehen, ausreichen. Entscheidend ist, ob der Gesamtnutzen für das übergeordnete Ziel, den Radverkehr auf dieser Straße zu fördern und sicherer zu machen, erreicht werden kann. Bei einem Radverkehrsaufkommen von unter 1000 Radfahrern pro Spitzenstunde, einer Breite von 3,00 m, der kurzzeitigen Führung als gemischten Geh- und Radweg und der abschnittswisen Führung im Mischverkehr mit dem ÖV und Taxi kann dieses Ziel erreicht werden. Verglichen mit dem IST-Zustand würde sich die Situation für Radfahrer in punkto Zeitersparnis, vor allem aber im Bereich der Verkehrssicherheit im Straßenverkehr, um ein Vielfaches verbessern. Da sich aber die geplanten Maßnahmen des „Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse“ in

der derzeitigen Ausführung in vielerlei Hinsicht von den internationalen Standards und Qualitätskriterien von Radschnellwegen sowie der generellen Definition, wie sie aus anderen Ländern bekannt sind, abweichen, sollte von der Bezeichnung als „Rad-Highway“ Abstand genommen werden.

3.4.2 Ausblick - Alternative Führungsform

Um das Ziel, den Radverkehr in der Mandellstraße/Petersgasse zu verbessern, erreichen zu können, wäre ein gänzlich anderer Ansatz der Verkehrsführung denkbar. Für die Mandellstraße/Petersgasse wäre die Führungsform als Fahrradstraße eine geeignete Alternative zur gegenwärtig geplanten Radinfrastruktur. Wie in Kapitel 2.1.4 beschrieben, ist diese Variante bereits in der österreichischen StVO verankert und umgesetzt worden. Für den speziellen Fall der Mandellstraße/Petersgasse könnte diese Führungsform so aussehen, dass der Kfz-Verkehr, wie für den geplanten „Rad-Highway“, stadtauswärts als Einbahn geführt wird. An der Übereckbeziehung Moserhofgasse – Waltendorfer Gürtel müsste allerdings eine Sonderlösung entwickelt werden, um den ÖV-Linienbetrieb der Buslinien zu ermöglichen. Die Führung als Fahrradstraße bringt einige entscheidende Vorteile mit sich. Als erstes ist der geringe bauliche Aufwand zu nennen. Die beiden betroffenen Straßenzüge könnten nahezu in ihrer gegenwärtigen Bestehungsform belassen werden. Ein weiterer wesentlicher Punkt, der in Graz häufig kritisch betrachtet wird, ist die Parkplatzsituation. Im Falle einer Fahrradstraße würden auf keiner der beiden Straßenseiten Stellplätze entfallen. Durch den möglicherweise geringeren Platzbedarf, könnte sich sogar die Möglichkeit ergeben, weitere Stellplätze zu errichten. Da die Fahrradstraße in Österreich für den Kfz-Verkehr nur für Querungen und Anrainerfahrten geöffnet ist, würde außerdem der Durchgangsverkehr, für den die Bauart der Straße ursprünglich nicht ausgelegt wurde, unterbunden werden.

Eine andere Möglichkeit ist die Radverbindung in der Mandellstraße/Petersgasse als neue Strecke für die Hauptradroute 7 Richtung Raaba zu definieren. Die derzeitig verwinkelte Führung dieser Route stellt für eine Hauptroute eine nicht ideale Situation dar. Eine gut ausgebaute Verbindung über die Mandellstraße/Petersgasse würde eine Hauptverbindung des Radverkehrs eher entsprechen. Zusätzlich wäre durch die Verbindung in das Grazer Umland ein wesentliches Kriterium für einen Rad-Highway erfüllt.

Zusammengefasst sind aus derzeitiger Sicht technisch beide Varianten (getrennter Geh- und Radweg als „Rad-Highway“ und Fahrradstraße) umsetzbar und beide bringen entscheidende Vorteile für den Radverkehr mit sich. Ähnlich wie für den Rad-Highway, für den eine Machbarkeitsstudie durchgeführt wurde, sollte eine solche auch für die mögliche Führung als Fahrradstraße erfolgen. Damit könnten beide im Detail verglichen werden.

4 Verkehrsmodell Rad-Highway

Als Einführung in das Kapitel Verkehrsmodell Rad-Highway soll kurz allgemein der Begriff eines Verkehrsmodells, sowie die wichtigsten Eckpunkte, erklärt werden. Verkehrsmodelle sollen dazu dienen eine vereinfachte Darstellung des realen Verkehrsaufkommens wiederzugeben. Es handelt sich dabei um mathematische Modelle, die neben der Betrachtung des gegenwärtigen Zustandes auch Zukunftsprognosen ermöglichen. So ist es mit einem Verkehrsmodell etwa möglich, die Auswirkungen von infrastrukturellen Änderungen abzuschätzen.

Die Einteilung von Verkehrsmodellen kann grob in mikroskopische und makroskopische Modelle erfolgen. Bei makroskopischen Modellen wird der Verkehr in der Gesamtheit, oder in verhaltenshomogene Gruppen unterteilt simuliert. Ergebnisse dieser Modellansätze sind zum Beispiel die Streckenbelastungen- oder Streckenauslastungen im Netz. Im Gegensatz zum makroskopischen Ansatz werden durch mikroskopische Verkehrsmodelle einzelne Verkehrsteilnehmer abgebildet. Hiermit können Größen wie die Geschwindigkeit oder das Abstandsverhalten der einzelnen Verkehrsteilnehmer analysiert werden. Neben der Unterscheidung in mikro- und makroskopische Verkehrsmodelle können diese auch nach ihrer Aggregation betrachtet werden. In einem aggregierten Verkehrsmodell werden individuelle Entscheidungsträger zu großen Personengruppen zusammengefasst. Mit dieser Art von Modell kann somit nur das Verkehrsverhalten dieser Gruppe dargestellt werden (makroskopisch). Bei dieser Art von Modell wird davon ausgegangen, dass sich alle Personen der Gruppe homogen verhalten. Im Gegensatz dazu werden beim disaggregierten Modell Einzelpersonen und verhaltenshomogene Gruppen modelliert. Ein disaggregiertes Modell findet demnach im mikro- und makroskopischen Bereich Anwendung [Fellendorf, 2016].

Als Verkehrsplaner steht einem eine Vielzahl an unterschiedlichen Modellen zur Verfügung. Häufig wird das Verkehrsnachfragemodell eingesetzt. Dabei handelt es sich meistens um makroskopische Modellansätze. Ein solches Verkehrsnachfragemodell besteht aus dem Verkehrsangebot auf der einen und der Verkehrsnachfrage auf der anderen Seite. Das Verkehrsangebot wird durch die gesamte Infrastruktur dargestellt. Die Verkehrsnachfrage wird durch die Anzahl an Fahrten beschrieben. Diese Fahrten werden durch Verkehrsnachfragematrizen für die einzelnen Verkehrsarten abgebildet. Beim Aufbau eines typischen Verkehrsnachfragemodells werden diese Matrizen durch die Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung und der Moduswahl (Verkehrsmittelwahl) erstellt. Zusammen mit der Verkehrsumlegung (Routenwahl), bei der die Nachfrage auf das Netz umgelegt wird, bilden diese Schritte den Standard-Vier-Stufen-Algorithmus. Für die weitere Bearbeitung des, für den Rad-Highway verwendeten Verkehrsmodells, spielt der Vier-Stufen-Algorithmus keine Rolle, da bereits eine Kfz-Nachfragematrix für das Untersuchungsgebiet zur Verfügung steht [Fellendorf, 2016].

4.1 Wahl des Untersuchungsgebiets

4.1.1 Räumliche Einordnung:

Ein Modellgebiet setzt sich allgemein aus einem Planungsgebiet und einem Untersuchungsgebiet zusammen. Das Untersuchungsgebiet stellt den gesamten zu untersuchenden Bereich dar. Im Gegensatz dazu, grenzt das Planungsgebiet jenen Bereich ein, in dem die konkrete Planungsmaßnahme durchgeführt wird. Für die Untersuchung des Rad-Highways in Graz stellt die Petersgasse und die Mandelstraße das Planungsgebiet dar. Dazu passend setzt sich das Untersuchungsgebiet aus dem südöstlichen Teil der Stadt Graz zusammen. Die Auswahl des Gebietes

wurde dementsprechend festgelegt, dass der geplante Rad-Highway sowie die nächstgelegenen Hauptverkehrsrouten im Untersuchungsgebiet inbegriffen sind. Durch diese großräumige Betrachtung können sämtliche Verlagerungen des motorisierten Individualverkehrs abgebildet und analysiert werden. In der Abbildung 36 ist die Lage des, im Verkehrsmodell untersuchten Gebietes, im Grazer Stadtgebiet dargestellt. Ausgangspunkt der Betrachtung für die Eingrenzung des Gebietes ist der Verlauf des geplanten Rad-Highways. Westlich der Mandellstraße/Petersgasse ist mit Verlagerungen in Richtung Conrad-von-Hötzendorfstraße zu rechnen. Weitreichendere Verlagerungen westlich der Mur sind nicht zu erwarten. Aus diesem Grund definiert der Fluss Mur im Westen die natürliche Grenze des Untersuchungsgebietes. Im Norden wird das Ende des Modellgebietes von der Wickenbuggasse und der Rosenberggasse definiert. Durch diese Eingrenzung sind noch wichtige Routen wie die Elisabethstraße oder die Heinrichstraße im Modell vorhanden. Sollte es zu Verlagerungen auf diesen kommen, werden solche im Modell mitberücksichtigt. Der südliche Teil des Untersuchungsgebietes wurde weitläufiger gewählt, um auch einen Teil des Autobahnzubringers Graz-Ost abbilden zu können. Da es zukünftig bereits am Knotenpunkt Autobahnzubringer und St. Peter Gürtel zu Routenänderungen kommen kann, wurde das Untersuchungsgebiet bis zu diesem Bereich erweitert. Im Osten ist auf Grund der kleinräumigen Siedlungsstruktur keine klar definierte Grenze vorgegeben. In diesem Bereich wurde eine sinnvolle Modellgrenze festgelegt, die bestmöglich die Vorgabe, die Anzahl der Kordonbezirke zu minimieren, erfüllt.

Das Planungsgebiet beschränkt sich auf den Bereich der Mandellstraße/Petersgasse, in dem die konkreten Planungsmaßnahmen des Radhighways umgesetzt werden sollen.

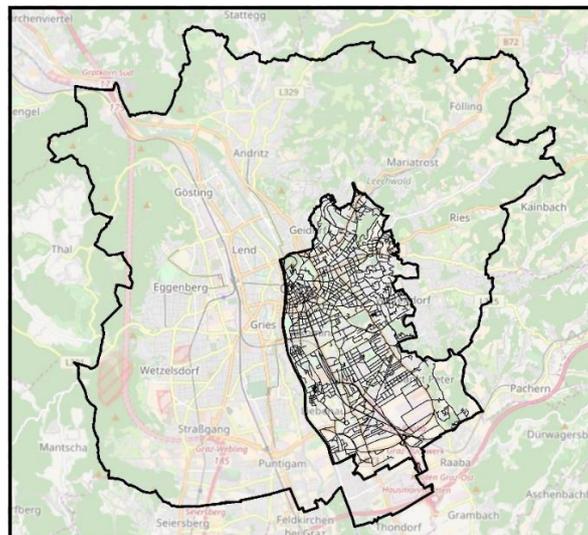


Abbildung 36: Untersuchungsgebiet – Modellgebiet Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse (Quelle: [GUARD, 2011])

4.1.2 Zeitliche Einordnung:

Für die zeitliche Abgrenzung wurde im Modell eine Morgenspitze und eine Abendspitze definiert. Die beiden gewählten Spitzenstunden sollen einen typischen Werktag repräsentieren. Darunter wird meist ein Dienstag, Mittwoch oder Donnerstag verstanden, die nicht vom Wochenende beeinflusst sind. Zusätzlich sollte sich dieser Tag nicht in den Schulferien befinden und in derselben Woche auch kein Feiertag stattfinden. Einflüsse wie diese würden den klassischen Wochentagverkehr beeinflussen und somit Ausnahmesituationen generieren.

- Morgenspitze werktags 07:00 bis 08:00,
- Abendspitze werktags 16:00 bis 17:00

4.2 Ablauf der Modellierung

Der festgelegte Untersuchungsraum wird anschließend als makroskopisches Verkehrsmodell dargestellt und für die Untersuchung der Auswirkungen des Rad-Highways verwendet. Für den Aufbau des Modells waren mehrere Schritte notwendig, bis das fertige Modell erstellt werden konnte. Ausgehend vom fertigen Modell können die neu auftretenden Verlagerungseffekte analysiert und Kennwerte aus dem Modell gewonnen werden. Der generelle Ablauf der Modellierung kann durch folgendes Flussdiagramm dargestellt werden:

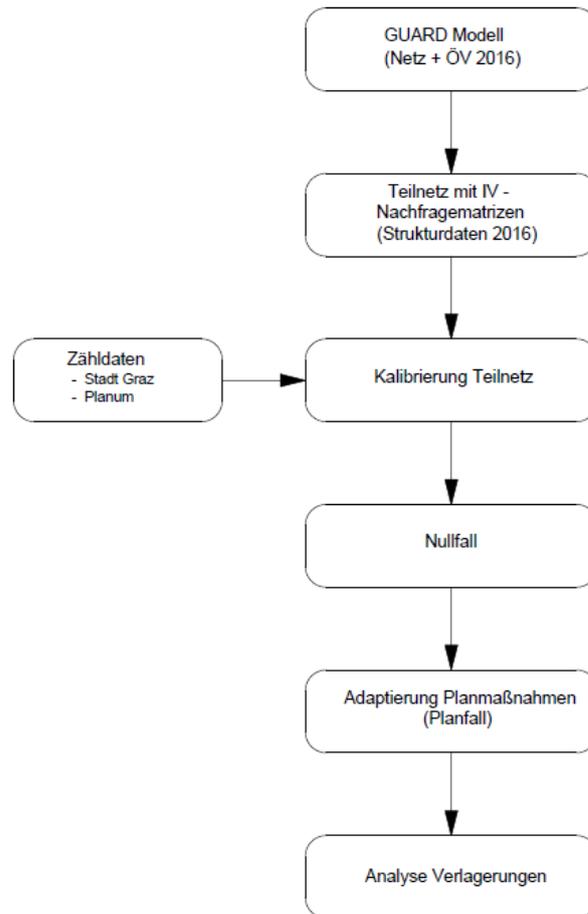


Abbildung 37: Flussdiagramm für die Methodik der Modellbildung

Ausgangsbasis für das zu erstellende Verkehrsmodell bildet das GUARD Modell. Aus diesem wird ein Teilnetz generiert, welches neben den Netzobjekten auch die Nachfragematrizen für das Untersuchungsgebiet enthält. Das generierte Teilnetz wird auf Basis aktueller Verkehrsbelastungen (Stand Feb. 2017) kalibriert und für weitere Analysen vorbereitet. Für die Kalibrierung der Nachfragematrix wurden aktuelle Zähl-
daten aus dem Untersuchungsgebiet erhoben. Das auf die Zähl-
daten kalibrierte Netz soll damit bestmöglich die aktuelle Situation (Nullfall) abbilden. Aufbauend auf den IST- Zustand werden die Änderungen für den Rad-Highway im Netz vorgenommen. Die sich daraus ergebende neue Netzstruktur und veränderte Verkehrsführung stellt die Grundlage für die Verlagerung des Kfz-Verkehrs dar. In weiterer Folge können Kennwerte berechnet und aus dem Verkehrsmodell ausgegeben werden, um die Effekte der Verlagerungen genauer beschreiben zu

können. Im folgenden Kapitel wird auf die einzelnen Schritte der Modellerzeugung im Detail eingegangen.

4.3 GUARD Modell

Beim GUARD Modell (Guaranteed Ride Home) handelt es sich um ein multimodales, makroskopisches, disaggregiertes Verkehrsmodell für den Großraum Graz. Erstellt wurde das Modell in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Straßen- und Verkehrswesen und dem Planungsbüro „verkehr plus“. Für die Entwicklung sowie für künftige Untersuchungen im Modell wurde die Simulationssoftware Visum von der PTV AG benötigt. Als ein typisches Verkehrsmodell besteht das GUARD Modell aus einer Verkehrsnachfrage auf der einen Seite und dem Verkehrsangebot auf der anderen.

Ein multimodales Verkehrsmodell wird sowohl für kurz- als auch langfristige Verkehrsplanung herangezogen und kann Netze des öffentlichen sowie des individuellen Verkehrs analysieren und optimieren. Neben den Verkehrsarten für den ÖV und den IV sind auch die Verkehrsmittel Rad und Fuß enthalten. Diese stellen speziell in Städten einen wesentlichen Teil des Verkehrsaufkommens dar. Mit dem Verkehrsmodell lassen sich Änderungen im Verkehrsaufkommen, der Verkehrsmittelwahl, der Zielwahl und der Routenwahl abschätzen.

Das Verkehrsmodell reagiert sensitiv auf Veränderungen der Siedlungs-, Bevölkerungs- oder Wirtschaftsstruktur. Neben diesen ist das Modell auch von Änderungen im Verkehrsangebot abhängig. Dies ermöglicht eine Prognose von Auswirkungen aufgrund von Änderungen, welche derzeit in der Realität noch nicht existieren [GUARD, 2011].

Hauptaugenmerk des Forschungsprojektes GUARD liegt auf der Optimierung des öffentlichen Verkehrs, speziell im Großraum Graz. Neben Untersuchungen im ÖV eignet sich das Modell auch um Veränderungen im IV zu erfassen und zu analysieren.

4.3.1 Räumliche Eingrenzung

Räumlich beinhaltet das Modell die gesamte Südoststeiermark. Die Grenze im Norden wird durch die Grenze zur Obersteiermark gekennzeichnet. Das Burgenland sowie Ungarn bilden die östliche Grenze. Im Süden wird das Modell durch die slowenische Grenze und im Westen durch die Grenze zu Kärnten abgegrenzt. Insgesamt besitzt das Modell in diesen Gebieten 983 Verkehrszellen, wovon 290 auf das Stadtgebiet von Graz entfallen [GUARD, 2011].



Abbildung 38: Räumliche Abgrenzung
(Quelle: [GUARD, 2011])

Das gezeigte Untersuchungsgebiet umfasst insgesamt eine Fläche von 6.818 km² mit einer Gesamteinwohnerzahl von 882.417 Einwohnern [Österreichische Raumordnungskonferenz, 2015].

4.3.2 Zeitliche Eingrenzung

In Bezug auf die zeitliche Einteilung des Modells wurden zwei unterschiedliche Zeitbereiche definiert. Zum einen wird dieser durch einen mittleren Werktag (Montag – Freitag) definiert und der andere wird durch einen mittleren Samstag gebildet. Untersuchungen des Verkehrsaufkommens an Samstagen sind für den Verkehr bei Einzelhandelsgroßobjekten oder Freizeitgroßobjekten interessant. Für den Alltagsverkehr spielt der Samstag keine Rolle. Die Quell- Zielmatrizen im GUARD Modell liegen in Zeitscheiben zu je einer Stunde vor. Es ist so möglich, den Verkehr stündlich in Abhängigkeit der Tageszeit zu simulieren [GUARD, 2011].

4.3.3 Inhaltliche Eingrenzung (Datenmodell)

Das GUARD Modell beinhaltet die in Tabelle 22 gezeigten Verkehrsmittel, welche für die Moduswahl zur Verfügung stehen. Für die weiteren Untersuchungen am Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse werden nur mehr jene Verkehrsmittel verwendet welche sich auf den Kfz- Verkehr beziehen.

Tabelle 22: vorhandene Verkehrsmittel im GUARD Verkehrsmodell
(Quelle: [GUARD, 2011])

Abkürzung	Verkehrsmittel
F	Fuß
R	Rad
O	öffentliche Verkehrsmittel
P	Pkw- Selbstfahrer
M	Pkw- Mitfahrer
L	Lkw
PW	Pkw-Wirtschaftsverkehr
PF	Pkw-Fernverkehr

Neben den Verkehrsmitteln wird noch zwischen Privat- und Wirtschaftsverkehr unterschieden. Eine weitere Unterscheidung erfolgt zwischen Binnen-, Quell-, Ziel und Durchgangsverkehr. Im GUARD Modell wurde der Binnenverkehr mit Hilfe des Verkehrsnachfragemodells VISEM erzeugt. Hierzu wurde ein Wegekettenansatz, basierend auf verhaltenshomogener Gruppen, verwendet. Insgesamt beinhaltet das GUARD Modell 13 solcher verhaltenshomogener Gruppen, welche in Tabelle 23 dargestellt werden.

Tabelle 23: verhaltenshomogene Personengruppen im GUARD Verkehrsmodell
(Quelle: [GUARD, 2011])

VHG	Abkürzung	Personengruppe
VHG 1	K	Kinder
VHG 2	GSCH	Grundschüler
VHG 3	Sch	Schüler
VHG 4	Azubi	Auszubildende

VHG 5	Stud	Studenten
VHG 6	EmP	Erwerbstätige < 65 Jahre mit Pkw
VHG 7	EoP	Erwerbstätige < 65 Jahre ohne Pkw
VHG 8	NEmP	nicht Erwerbstätige mit Pkw
VHG 9	NEoP	nicht Erwerbstätige ohne Pkw
VHG 10	RJmP	Rentner unter 75 Jahren mit Pkw
VHG 11	RJoP	Rentner unter 75 Jahren ohne Pkw
VHG 12	RAmP	Rentner über 75 Jahren mit Pkw
VHG 13	RAoP	Rentner über 75 Jahren ohne Pkw

In VISEM wird davon ausgegangen, dass eine Ortsveränderung (= Weg) eine Aktivität darstellt. Es wird daher auch ein aktivitätenkettenbasierendes Verkehrsnachfragemodell verwendet. Eine Aktivitätenkette ist eine Aneinanderreihung von Aktivitäten. Eine solche Kette bildet die Handlungen einzelner Personen im Modell ab. Ein klassisches Beispiel einer solchen Aktivitätenkette wäre demnach: Wohnen – Arbeiten – Einkaufen - Wohnen

Im GUARD Modell wurden acht verschiedene Aktivitäten definiert, um möglichst viele Wege nachzubilden. Diese werden in Tabelle 24 dargestellt. Die Aktivität Wohnen wurde im Modell als Ausgangspunkt für alle Wege definiert und bedarf daher keiner eigenen Strukturgröße.

Tabelle 24: Aktivitäten im GUARD Modell
(Quelle: [GUARD, 2011])

Abkürzung	Aktivität	Strukturgröße	Wert der Strukturgröße
W	Wohnen	-	-
A	Arbeiten	Arbeitsplätze	Anzahl der Arbeitsplätze
B	Berufsschule	Berufsschulplätze	Anzahl der Arbeitsplätze
G	Grundschule	Grundschulplätze	Anzahl der Grundschulplätze
H	Hochschule	Hochschulplätze	Anzahl der Hochschulplätze
S	Schule	Schulplätze	Anzahl der Schulplätze
E	Einkaufen	Einkaufsmöglichkeiten	Verkaufsflächen des Einzelhandels
F	Freizeit	Freizeitmöglichkeiten	Anzahl der Nennung des Bezirks als Freizeit-Ziel

Die einzelnen Aktivitätenpaare bilden im Modell die zurückgelegten Wege ab. Gemäß dem 4-Stufen Algorithmus wird jedem Weg ein Verkehrsmittel zugewiesen. Aus dieser Kombination wird schlussendlich der Verkehr im Modell erzeugt.

Da für die Bearbeitung der Masterarbeit die Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung sowie die Verkehrsmittelwahl keine Rolle spielen, wird nicht näher darauf eingegangen. Als Ausgangsbasis steht eine bereits berechnete und auf das Netz umgelegte Verkehrsnachfragematrix für die zuvor definierten Spitzenstunden zur Verfügung.

4.4 Teilnetz

4.4.1 Generierung eines Teilnetzes

Als Ausgangsbasis für die Teilnetzerstellung dient das beschriebene GUARD Modell. In diesem Ausgangsmodell sind die Zeitscheiben der Matrizen so definiert, dass die IV Nachfragematrizen stundenfein umgelegt werden können. Dementsprechend ist es möglich, nicht nur den gesamten Tagesverkehr, sondern jede einzelne Stunde separat zu simulieren. Für die Betrachtung zweier Spitzenstunden ist eine stundenfeine Umlegung notwendig, um ein möglichst aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten. Diverse Umrechnungsmethoden vom durchschnittlichen täglichen Verkehr auf die Spitzenstunden würden hier in weiten Teilen des Modells zu ungenauen Belastungsergebnisse liefern. Um die für die Untersuchungen des Rad-Highways interessanten Streckenbelastungen zu den jeweiligen Stunden zu erhalten, mussten die zugehörigen Matrizen im GUARD-Modell umgelegt werden. Erst nachdem die gewünschte Nachfragematrix im Netz umgelegt wurde, kann aus dem Verkehrsmodell ein Teilnetz generiert werden, welches auch die Nachfragedaten enthält. Für die Untersuchung der Verlagerungseffekte im Projekt Rad-Highway ist nur der gesamte Kfz- Verkehr relevant. Alle anderen Verkehrsarten sind für das Teilnetz nicht relevant. Aus dem multimodalem GUARD- Modell wird also ein monomodales Verkehrsmodell für das Teilnetz mit dem Rad-Highway erstellt. Im Gegensatz zu einem multimodalen- steht bei einem monomodalen Verkehrsmodell nur ein Verkehrsmittel zur Auswahl. Im Modell für den Rad-Highway ist es das Verkehrsmittel Pkw. Die Pkw-Nachfragematrix wird aus allen, für den Kfz- Verkehr relevanten Verkehrsmitteln gebildet. Aus diesem Grund werden alle dafür notwendigen Nachfragematrizen umgelegt. Hierbei handelt es sich um jene für den Pkw-, den Pkw-Fern-, den Pkw-Wirtschafts- und den Lkw-Verkehr. Diese vier Nachfragematrizen stehen im GUARD- Modell unter folgenden Bezeichnungen zur Verfügung.

Tabelle 25: relevante Nachfragematrizen für den Kfz- Verkehr

Bezeichnung	Inhalt
408 MMB_P_08	Pkw- Verkehr
708 MMB_L_08	Lkw- Verkehr
808 MMB_PW_08	Pkw- Wirtschaftsverkehr
908 MMB_PF_08	Pkw- Fernverkehr

Die Nummerierung sowie die Beschreibung der Nachfragematrizen wurde systematisch angelegt und aus dem GUARD- Modell übernommen. Die erste Zahl beschreibt das Verkehrssystem. Die Ziffer 4 steht für das Verkehrsmittel Pkw, die Ziffer 7 für den Lkw, die Ziffer 8 für den Pkw-Wirtschaftsverkehr und die Ziffer 9 für den Pkw-Fernverkehr. Die zweite und dritte Zahl definiert die jeweilig betrachtete Stunde, die die Nachfragematrix repräsentiert. In diesem Fall wird die Stunde 08 betrachtet, die den Zeitraum zwischen 07:00 – 08:00 Uhr wiedergibt. Die Kurzzeichen für die jeweiligen Verkehrssysteme werden aus Tabelle 22 übernommen. Die Endung 08 bezieht sich ebenfalls auf die Tagesstunde. Die Codierung der Matrizen für die abendliche Spitzenstunde erfolgt analog zu der erläuterten Vorgehensweise.

Das eigentliche Teilnetz wird in der Software Visum mit dem Zusatzmodul Teilnetzgenerator erzeugt. Hierbei kann aus der ursprünglichen Nachfragematrix auch eine für das Teilnetz relevante Teilnachfragematrix erstellt werden. Diese neu erstellten Teilmatrizen stellen neben den Binnenverkehr auch den Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr im Teilnetz dar. Das

Untersuchungsgebiet, welches durch das Teilnetz dargestellt wird, beinhaltet mehrere sogenannte Verkehrsbezirke. Genau diese Bezirke sind Ausgangs- und Zielpunkte des erzeugten Verkehrs. Die im Modell simulierten Wege verlaufen immer vom Schwerpunkt eines Verkehrsbezirkes zu einem anderen.

Als Binnenverkehr wird der Verkehr bezeichnet, welcher sowohl Quelle als auch Ziel innerhalb des Untersuchungsgebietes (Verkehrsgebiet) hat. Das Gegenteil des Binnenverkehrs ist der Durchgangsverkehr. Dieser beinhaltet jenen Anteil am Gesamtverkehr, für den sich Quelle und Ziel außerhalb des Untersuchungsgebietes befinden. Der Durchgangsverkehr durchquert das betrachtete Gebiet und muss somit in diesem mitberücksichtigt werden. Beim Quellverkehr wird von jenem Verkehrsanteil gesprochen, der im definierten Gebiet erzeugt wird (Quelle), die Zelle verlässt und außerhalb des Gebietes sein Ziel hat. Für den Zielverkehr stellt sich die gegenteilige Situation ein. Dieser beginnt außerhalb des Untersuchungsgebietes und endet im definierten Verkehrsgebiet. Für die bessere Verständlichkeit wird das Prinzip der verschiedenen Verkehrsarten in Abbildung 39 nochmals grafisch dargestellt.



Abbildung 39: grafische Darstellung von Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr im Untersuchungsgebiet

Nachdem im Teilnetz nur noch die Verkehrsbezirke innerhalb des Untersuchungsgebietes vorhanden sind, muss der Durchgangs-, Quell- und Zielverkehr über Kordonbezirke behandelt werden. Diese Kordonbezirke sind virtuelle Grenzbezirke und stellen die Verbindung des Untersuchungsgebietes mit der Außenwelt dar. Ein Kordonbezirk ist deshalb ein fiktiver oder virtueller Bezirk, da seine Raumstruktur keiner realen entspricht [PTV AG, 2015]. Kordonbezirke ersetzen dabei alle für die Darstellung des Verkehrs notwendigen, aber nicht real im Netz vorhandenen Bezirke. Sie können die Anteile des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs darstellen. Anhand von Kordonbezirken wird die Übergabe des externen Verkehrs an das Untersuchungsgebiet sichergestellt. Sie ergänzen die Nachfragematrizen dahingehend, dass externe Verkehrsbeziehungen, die außerhalb des Untersuchungsgebietes ihre Quelle und/ oder Ziel haben, berücksichtigt werden. Zur Verdeutlichung der Aufgabe von Kordonbezirken für die Nachfragematrix wird in Abbildung 40 schematisch gezeigt, welche Teile der Verkehrsnachfragematrix mit Kordonbezirken belegt werden.

		Ziel (nach)	
		Verkehrsbezirke innerhalb	Kordonbezirke
Quelle (von)	Verkehrsbezirke innerhalb	Binnenverkehr	Quellverkehr
	Kordonbezirke	Zielverkehr	Durchgangsverkehr

Abbildung 40: schematische Darstellung von Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr in der Verkehrsnachfragematrix

Aus den umgelegten Verkehrsnachfragematrizen im GUARD- Modell wurden zwei eigenständige Versionsdateien für Abend- und Morgenspitze erstellt. Diese beiden Versionen dienen als Vorlage für das Verkehrsmodell im ausgewählten Untersuchungsgebiet. Daraus kann ein Teilnetz mit den jeweiligen Teilnetzmatrizen, für Abend- und Morgenspitze, generiert werden.

Sämtliche Bereiche aus dem GUARD Modell, welche im späteren Teilnetz enthalten sein sollen, wurden in einem ersten Schritt zu einem neuen Gebiet zusammengefasst. Die Gebietsgrenzen wurden nach dem Vorbild der Definition des Untersuchungsgebietes definiert. Das neue erstellte Gebiet wird als „Teilnetz Rad-Highway“ benannt. Eine Definition als Gebiet bringt den Vorteil, dass das gesamte Teilnetz als Gebiet ausgewählt werden kann und nicht alle einzelnen Netzelemente gewählt werden müssen. In weiterer Folge muss nur das Gebiet „Teilnetz Rad-Highway“ für den Erstellungsvorgang des Teilnetzes gewählt werden.

Gebiete dienen in PTV Visum außerdem dazu Gebietskörperschaften wie Bundesländer, Bezirke oder Stadtteile abzubilden. Zusätzlich können für definierte Gebiete einzelne Gebietskennzahlen ausgewertet werden. Diese Auswertung ist sowohl für den IV als auch für ÖV-betriebliche Kennzahlen möglich [PTV AG, 2015].

Teilnetzgenerator:

Um ein Teilnetz erzeugen zu können müssen die Elemente, welche im neuen Teilnetz enthalten sein sollen, aktiv gesetzt werden sowie die entsprechenden Matrizen umgelegt worden sein. Durch das zuvor erstellte Gebiet ist es jetzt sämtliche Elemente in diesem aktiv zu setzen. Ebenso werden alle Bereiche im Modell außerhalb dieses Gebietes passiv gesetzt.

Die tatsächliche Trennung des Teilnetzes vom Gesamtnetz erfolgt mithilfe des Zusatztools Teilnetzgenerator der Modellierungssoftware VISUM. In diesem Tool kann das aktiv gesetzte Gebiet für die Bearbeitung ausgewählt werden. Mit dem Teilnetzgenerator ist es möglich, Netzelemente samt zugehöriger Nachfragematrix auszuschneiden. Über verschiedene Einstellmöglichkeiten kann das Teilnetz individuell angepasst und gestaltet werden. Abbildung 41 zeigt die Einstellungen, wie sie für die Teilnetzerzeugung gewählt wurden.

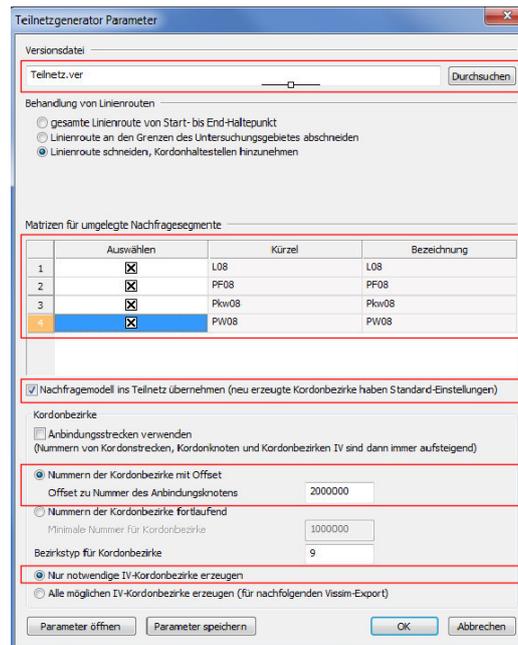


Abbildung 41: gewählte Einstellungen im Teilnetzgenerator
(Quelle: [PTV AG, 2015])

Da das Teilnetz in einer neuen Version erzeugt wird, musste zu Beginn der Name der neuen Versionsdatei festgelegt werden. Alternativ wäre es auch möglich eine bestehende Versionsdatei zu überschreiben. Im nächsten Punkt besteht die Möglichkeit der Festlegung, wie ÖV- Linienrouten geschnitten werden sollen. Da in diesem Projekt allerdings nur der Pkw- Verkehr betrachtet wird und im Teilnetz keine ÖV Nachfragematrix vorhanden ist, haben diese Einstellungen keine Auswirkungen auf das neue erstellte Netz. Sämtliche Einstellungen wurden daher auf Standardeinstellung belassen.

Nachdem die für das Teilnetz notwendigen Nachfragematrizen bereits umgelegt sind, werden diese in der Liste „Matrizen für umgelegte Nachfragesegmente“ angezeigt. Zu beachten ist, dass nicht automatisch alle vorhandenen Nachfragematrizen dargestellt werden, sondern nur jene, die tatsächlich auf das Netz umgelegt sind. Über „Auswählen“ können sämtliche Matrizen markiert werden, die in weiterer Folge in die Teilnetzmatrix übernommen werden sollen.

Der Punkt „Nachfragemodell ins Teilnetz übernehmen“ bleibt ebenfalls ausgewählt. Damit wird erreicht, dass alle im Gesamtnetz vorhandenen Nachfragemodelle ins Teilnetz übernommen werden.

Die Option „Nummern der Kordonbezirke mit Offset“ ermöglicht eine immer gleichbleibende Bezeichnung der Kordonbezirke im Teilnetz. Da unser Teilnetz mit zwei verschiedenen Stundenmatrizen erzeugt wird, kommt dieser Einstellung besondere Bedeutung zu. Würde die Einstellung Nummern fortlaufend gewählt werden, könnte es sein, dass in den beiden Versionen die Nummern der Kordonbezirke nicht gleich vergeben werden. Die Nummern werden aus jenen der Anbindungsbezirke und dem angegebenen Offset gebildet. Der Offsetwert wurde mit 2000000 festgelegt um eine klare Unterscheidung zwischen Kordon und bereits vorhandenen Verkehrsbezirken zu gewährleisten. Alle Kordonbezirke erhalten dadurch Nummern ab 2000000 zugewiesen und bilden sich aus 2000000 plus der Nummer des Anbindungsknotens. Für die Nummerierung hat es also keinen Einfluss ob eine Anbindung genutzt wird oder nicht.

Mit der Auswahl, dass nur notwendige IV-Kordonbezirke erzeugt werden, erhält man nur jene Bezirke, welche gemäß der Umlegung benötigt werden. Die Anzahl der neu erzeugten Bezirke kann so minimiert werden. Auf Basis der Umlegung im GUARD-Modell werden jetzt die Nachfragedaten für die neu zu erzeugenden Kordonbezirke generiert.

In Abbildung 42 wird das neu erzeugte Teilnetz dargestellt. Die Kordonbezirke sind im Netz nicht abgebildet, da es sich hierbei nur um virtuelle Bezirke handelt. Diese befinden sich überall an den Schnittpunkten an denen eine Strecke die Gebietsgrenze schneidet.



Abbildung 42: Darstellung des mittels Teilnetzgenerator erzeugten Gebietes inklusive Strecken

Die gesamte Teilnetzerzeugung wird zweimal, jeweils einmal für jede untersuchte Spitzenstunde, durchgeführt. Als Ergebnis stehen deshalb auch zwei neue Versionsdateien zur Verfügung. Die Netzstruktur ist in beiden Versionen dieselbe. Der Unterschied liegt demnach nur in der hinterlegten Nachfragematrix. In einer sind die Nachfragedaten für die Morgenspitze und in einer für die Abendspitze enthalten. Da für die Untersuchungen im Teilnetz nur eine Pkw Matrix, auf welche alle anderen Kfz Verkehrssysteme umgerechnet wurden, benötigt wird, müssen die zuvor beschriebenen vier Einzelmatrixen zu einer gesamten Pkw Matrix aufsummiert werden. Aufgrund der ohnehin notwendigen Korrektur der Belastungen im Teilnetz und der sehr geringen Anzahl an LKW Fahrten, wird bei der Aufsummierung der Matrizen kein Umrechnungsfaktor auf Pkw-Einheiten für die einzelnen Verkehrsmittel verwendet. Nach der Matrixaddition stehen nur noch zwei Matrizen zur Verfügung. Diese beinhalten die Verkehrsnachfragen für die Morgenspitze und für die Abendspitze. Diese Matrizen wurden folgendermaßen bezeichnet:

- Gesamt_07-08.mtx (Morgenspitze)
- Gesamt_16-17.mtx (Abendspitze)

Um doppelte Arbeiten bei späteren Änderungen im Netz oder der Eingabe der Zählzeiten für die Kalibrierung zu vermeiden, wird vorerst nur an einer Version gearbeitet in welcher sämtliche Nachfragematrizen eingefügt wurden. Somit muss das Netz nur einmal kontrolliert und angepasst werden.

Nach einer ersten Umlegung und der Darstellung der Belastungen im Netz konnte dieses auf Plausibilität untersucht werden. Das jetzt in einer Version vorliegende Teilnetz wurde auf etwaige Abweichungen zum realen Netz untersucht. Sämtliche Strecken und Abbiegebeziehungen wurden unter Zuhilfenahme von Onlinekartendiensten mit dem Grazer Verkehrsnetz abgeglichen und bei Abweichungen angepasst. Am Knotenpunkt Dietrichsteinplatz wurden beispielsweise im Modell die

Abbiegebeziehungen nicht richtig dargestellt. Für eine makroskopische Betrachtung im Verkehrsmodell für den Großraum Graz spielt eine solche Abweichung keine Rolle. Für spätere Knotenpunktuntersuchungen im Teilnetz würde es jedoch zu falschen Ergebnissen führen und weiterführende Leistungsfähigkeitsanalysen verfälschen.

Zusätzlich mussten weitere Korrekturen am Modell durchgeführt werden, um das Straßennetz an die Realität anzupassen. In Graz wurden im Rahmen von verkehrsberuhigenden Maßnahmen diverse Strecken für den Kfz- Verkehr gesperrt. Diese Bereiche müssen auch im Modell angeglichen werden. Weitere Fehler im Modell gab es bei falsch gesetzten Abbiegebeziehungen, welche in der Realität in der Form nicht erlaubt sind. Die folgende Liste beinhaltet die durchgeführten Maßnahmen:

- Sperre der Marktgasse um den Durchgangsverkehr zu unterbinden.
- Anpassung von Abbiegebeziehungen am Knoten Liebenauer Tangente – Liebenauer Hauptstraße
- Korrektur der Abbiegebeziehung Sandgasse – Münzgrabenstraße
- Adaptierung der Einbahnregelung in der Lessingstraße sowie Anpassung der dazugehörigen Abbieger
- Sperre der Durchfahrten im Bereich Hafnerriegel – Münzgrabengürtel für den KFZ Verkehr

4.4.2 Zähldaten

Nachdem das Teilnetz erzeugt und die generelle Netzstruktur angepasst wurde, werden in einem weiteren Schritt die Belastungen auf den einzelnen Strecken überprüft. Die Umlegungsergebnisse aus dem GUARD Modell, welche bei der Erzeugung des Teilnetzes über die Teilmatrize in dieses übernommen wurden, stellen gute Abschätzungen des Verkehrsaufkommens dar, sind im aktuellen Detaillierungsgrad für das Untersuchungsgebiet allerdings zu ungenau und würden keine ausreichende Basis für die Untersuchung von Verlagerungseffekten bieten. Im Teilnetz ist es, speziell in jenen Bereichen, wo mit Verlagerungen zu rechnen ist, unabdinglich möglichst realitätsgetreue Streckenbelastungen zur Verfügung zu haben. Nur durch gute Angaben zum IST-Zustand kann eine brauchbare Prognose für spätere Verlagerungen erstellt werden.

Über eine Korrektur der Nachfragematrix (siehe Kapitel 4.4.3) kann erreicht werden, dass im Modell vorhandene Belastungen, an jene der Realität angeglichen werden. Voraussetzung für eine Matrixkorrektur sind eine bestehende Nachfragematrix und aktuelle Zähldaten, an die die Matrix angepasst werden soll.

Da keine Verkehrsdaten in Form von Zähldaten aus dem Untersuchungsgebiet vorhanden waren, mussten diese erhoben werden. Die Zähldaten werden jedoch nur an bestimmten Stützstellen im Modell benötigt. In einem ersten Schritt wurden die Bereiche im Modell definiert, anhand denen das Modell kalibriert werden soll. Wichtig ist es, ein Gleichgewicht zwischen der zu erhebenden Anzahl an Zählstellen und der benötigten Genauigkeit des endgültigen Belastungsbildes zu finden. Zu wenige Kalibrierungsstützstellen würden eine zu große Ungenauigkeit in weiten Teilen des Untersuchungsgebietes erzeugen. Bei einer hohen Anzahl an Zählstellen könnten sich diese gegenseitig ausschließen und die Kalibrierung wäre somit nicht möglich. Es wird zum einen eine hohe Genauigkeit gefordert, andererseits soll eine gewisse Flexibilität gegeben sein. Da sämtliche Zähldaten immer nur eine Momentaufnahme darstellen, ist eine vollständige Abstimmung zwischen den einzelnen Zählstellen nicht möglich. Bei der Wahl der Kalibrierungspunkte wurde besonders auf die Bereiche geachtet, in denen offensichtliche Verlagerungseffekte zu erwarten sind. Neben den vom

Rad-Highway direkt betroffenen Straßen, betrifft dies vorrangig die nächstgelegenen Hauptverkehrsadern. Dazu zählen die Plüddemangasse, Münzgrabenstraße und die Conrad-von-Hötzendorfstraße.

Für die definierten Kalibrierungspunkte ist es in weiterer Folge notwendig, geeignete Zähldaten zu hinterlegen. Die tatsächlich gewählten Zählstellen sind von der Qualität und Quantität der vorhandenen Zähldaten abhängig. In Abbildung 43 wird eine Übersichtskarte aller Zählstellen gezeigt. Anhand dieser Zählstellen wurde die Nachfragematrix für das Modell korrigiert. Im Kernbereich des Planungsgebietes ist die Anordnung der Zählstellen dichter als an den Rändern. Des Weiteren wurde bei der Wahl der Kalibrierungspunkte darauf geachtet, dass möglichst alle wichtigen Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet abgedeckt sind.

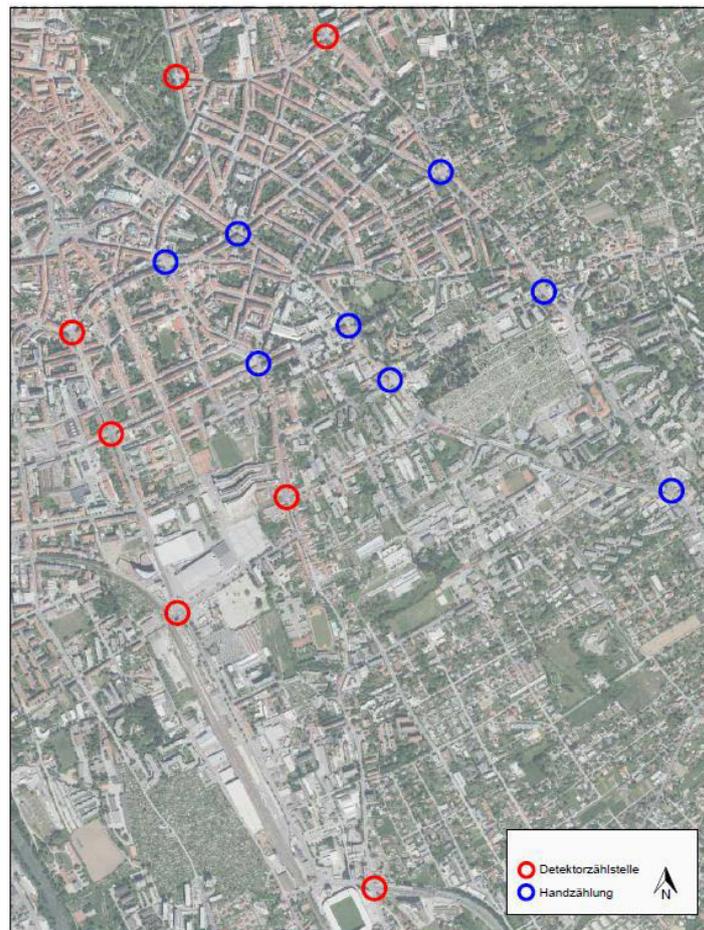


Abbildung 43: Übersichtskarte aller Zählstellen im Teilnetz
(Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017])

Seitens der Stadt Graz wurden für das Projekt „Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse“ Detektorzähldaten von Knotenpunkten mit Verkehrslichtsignalanlagen zur Verfügung gestellt. Für die Beschaffung der notwendigen Zähldaten wurden diese am Straßenamt in Graz aus dem Verkehrsrechner ausgelesen und anschließend aufbereitet. Basierend auf diesen Daten (Datensatz vom 30.1.2017 bis zum 13.2.2017) konnten Tagesganglinien erstellt werden, die neben der Kalibrierung auch für die Überprüfung und Beurteilung der Spitzenstunde zweckdienlich waren. Aufgrund der zum Teil unterschiedlichen Anordnungen der Detektoren und der Tatsache, dass an manchen Zuflüssen Detektoren fehlten oder defekt waren, konnten anhand dieser Zähldaten keine exakten Abbiegeströme abgeleitet werden. Wenn Zähldaten in den Abflüssen der Kreuzungen vorhanden waren, wurden diese ebenfalls ins Modell übernommen. So wurde versucht den

Knotenpunkt, mit den verfügbaren Daten, möglichst detailliert darzustellen. Auch wenn keine detaillierten Abbiegebeziehungen nachvollziehbar sind, liefern diese Zähldaten die gesamten Belastungen an den Zuflüssen zu den Knotenpunkten.

Die Rohdaten dieser Detektorzählstellen liegen in Viertelstundenintervallen vor. Diese Datensätze wurden unter Zuhilfenahme der statistischen Programmiersprache R und Microsoft Excel aufbereitet und anschließend auf Stundenwerte hochgerechnet. Für die Verkehrsbelastungen wurden Mittelwerte für jede Tagesstunde aus den Daten vom Dienstag 31.01. bis Donnerstag 02.02.2017 und Dienstag 07.02. bis Donnerstag 09.02.2017 ermittelt. Die Tagesganglinien zeigen sowohl die morgendliche Verkehrsspitze (ca. 7 - 8 Uhr) sowie auch die Abendspitze (ca. 17 - 18 Uhr).

In Abbildung 44 ist exemplarisch der Knotenpunkt Conrad-von-Hötzendorfstraße – Grazbachgasse, mit den am Knoten befindlichen Detektoren, dargestellt. Die abgebildete Tabelle listet die gemittelten Verkehrsbelastungen (Kfz/h) an den jeweiligen Detektoren der Zuflüsse für die Verkehrsspitzenstunden (Morgen- und Abendspitze) auf. Wie anhand der Belastungen in der Tabelle zu erkennen ist, lassen sich aus dieser Art der Zähldaten keinerlei Abbiegebeziehungen herleiten. Es können nur die gesamten Zu- und Abflüsse am Knotenpunkt dargestellt werden.

Kreuzung: Leonhardstraße - Merangasse		
	Q [Kfz/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt C.v.H.		
605.31 + 605.32	407	403
Querschnitt Grazbachgasse Osten		
605.21A + 605.22A	1134	1138
Querschnitt Grazbachgasse Westen		
605.41 + 605.42	1183	1214



Abbildung 44: Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (VLSA 605) – Detektorstandorte und stündliche Verkehrsmengen der Morgen- und Abendspitze (Datenquelle: Zähldaten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017 + [GIS-Steiermark, 2017])

Abbildung 45 bis Abbildung 47 zeigen für diesen Knotenpunkt die gemittelten Tagesganglinien des Knotenpunktes Conrad-von-Hötzendorfstraße – Grazbachgasse. In der Grafik werden die Belastungen an den jeweiligen Zuflüssen bzw. Abflüssen sowohl für jeden Detektor einzeln als auch als gesamter Zufluss dargestellt. Anhand dieser Tagesganglinien können die gewählten Spitzenstunden überprüft werden. Des Weiteren können auch die Spitzenwerte in den Zuflüssen abgelesen werden.

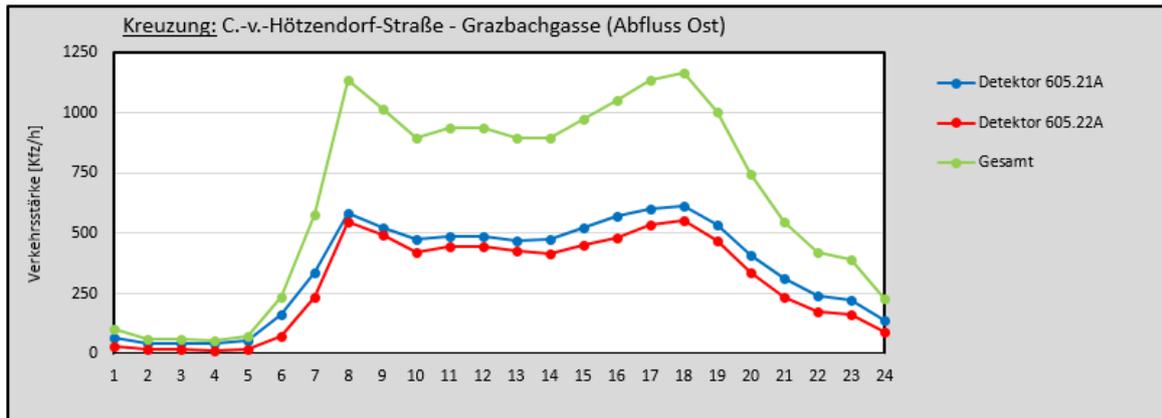


Abbildung 45: Tagesganglinien Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (Abfluss Ost)
(Datenquelle: Zähldaten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017)

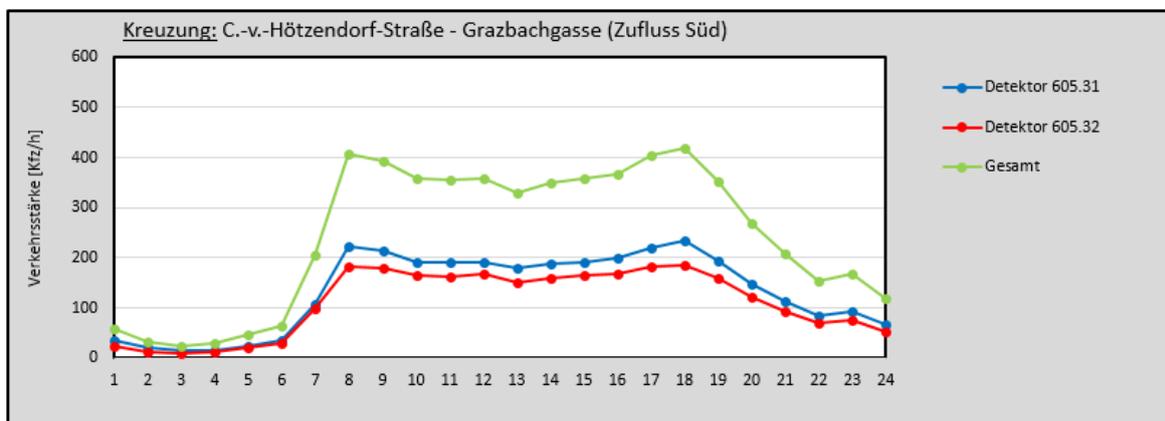


Abbildung 46: Tagesganglinien Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (Zufluss Süd)
(Datenquelle: Zähldaten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017)

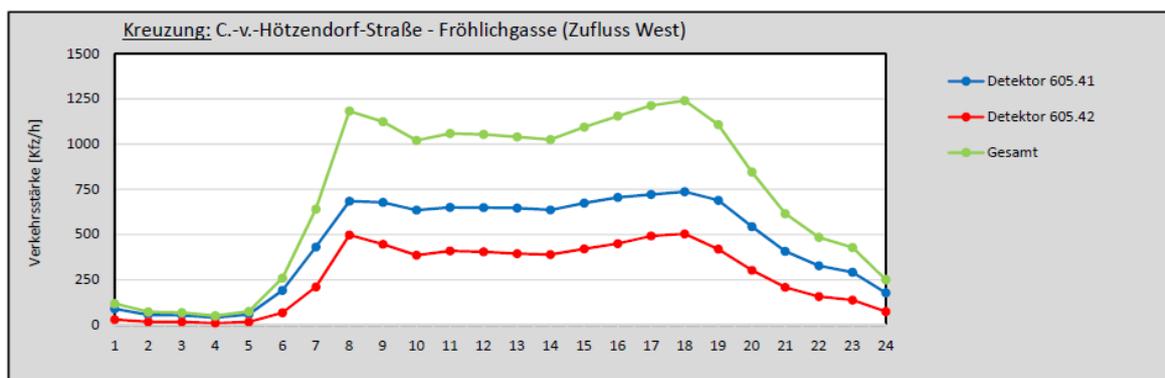


Abbildung 47: Tagesganglinien Knoten C.-v.-H.-Straße – Grazbachgasse (Zufluss West)
(Datenquelle: Zähldaten Stadt Graz 30.01.2017 – 13.02.2017)

Um die Qualität des Modells zu verbessern, sind neben den Zuflüssen auch vereinzelt die Abbiegebeziehungen an den Knotenpunkten notwendig. Aus diesem Grund werden, neben den Datensätzen der Stadt Graz, zusätzliche Zähldaten des Ingenieurbüros PLANUM Fallast Tischler & Partner GmbH in das Modell integriert. Bei diesen Zähldaten handelt es sich um neu erstellte Knotenstromerhebungen für fünf Knotenpunkte, die sich im direkten Einflussbereich des geplanten Radhighways befinden. Diese Knotenstromerhebungen wurden im Februar 2017, mit Unterstützung des Institutes für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz, durchgeführt. Ergänzend zu der Knotenstromerhebung standen von vorausgegangenen Projekten

Knotenstromerhebungen der Knotenpunkte Petersgasse – Waltendorfer Gürtel, Plüddemangasse – Koßgasse und Plüddemangasse – St. Peter Hauptstraße aus dem Jahr 2015 und 2016 zur Verfügung. In Abbildung 48 wird eine Auflistung aller Zählstellen dargestellt. Zusätzlich sind Quelle und Zähldatum aufgelistet. An Kreuzungen, an denen Zählzeiten von mehreren Tagen vorhanden waren, wurde angegeben, ob ein Mittelwert dieser Daten verwendet wurde.

Kreuzung	Zähldatum	Quelle
Mandellstraße - Sparbersbachgasse	02.02.2017	Planum
Schillerplatz	02.02.2017	Planum
Petersgasse - Steyrergasse	02.02.2017	Planum
Dietrichsteinplatz	07.02.2017	Planum
Münzgrabenstraße - Steyrergasse	07.02.2017	Planum

Kreuzung	Zähldatum	Quelle
Conrad v. Hötzendorfstraße - Fröhlichgasse	Mittelwert Di, Mi, Do 30.01.2017 bis 12.02.2017	Stadt Graz
Conrad v. Hötzendorfstraße - Grazbachgasse		Stadt Graz
Conrad v. Hötzendorfstraße - Steyrergasse		Stadt Graz
Leonhardstraße - Glacisstraße		Stadt Graz
Leonhardstraße - Merangasse		Stadt Graz
Münzgrabenstraße - Moserhofgasse		Stadt Graz
Münzgrabenstraße - Liebenauer Tangente		Stadt Graz

T - Kreuzung	Zähldatum	Quelle
Petersgasse - Waltendorfer Gürtel	Mittelwert	Planum
Plüddemangasse - Koßgasse	18.11.2015	Planum
Plüddemangasse - St.Peter Hauptstraße	16.11.2016	Planum

Abbildung 48: Übersicht Zählzeiten inklusive Zählstellen und Datum der Zählung

Anhand dieser zusätzlichen Knotenstromzählzeiten können, ergänzend zu den Querschnittsdaten, Rückschlüsse auf die vorhandenen Abbiegebeziehungen an den Knotenpunkten getroffen werden. Schließlich ist dadurch eine exaktere Kalibrierung des Verkehrsmodells möglich. In Abbildung 49 werden exemplarisch für den Knotenpunkt Sparbersbachgasse – Mandellstraße die Abbiegebeziehungen dargestellt.

Kreuzung: Mandellstraße - Sparbersbachgasse		
	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Mandellstraße Nord		
links	10	17
gerade	176	230
rechts	35	47
Querschnitt Sparbersbachg. Ost		
links	95	97
gerade	158	134
rechts	113	58
Querschnitt Mandellstraße Süd		
links	24	25
gerade	368	329
rechts	33	34
Querschnitt Sparbersbachg. West		
links	124	93
gerade	319	324
rechts	54	89



Abbildung 49: Knotenstromerhebung Mandellstraße - Sparbersbachgasse (Datenquelle: Knotenstromerhebung Planum 02.02.2017 + [GIS-Steiermark, 2017])

Die Zählwerte aller übrigen Zählstellen im Untersuchungsgebiet werden in Anhang B beigelegt.

4.4.3 Matrixkorrektur

VStromFuzzy

Die Korrektur der Nachfragematrix im Verkehrsmodell hat zum Ziel, bestmöglich die aktuelle Verkehrssituation darzustellen. Da die Belastungen im Teilnetz in wesentlichen Teilen des Untersuchungsgebietes sehr stark von jenen der Realität abweichen, muss eine Korrektur anhand der erhobenen Zähl- und Verkehrsdaten durchgeführt werden.

Die vorgestellten Zähl- und Verkehrsdaten bilden neben der vorhandenen Nachfragematrix die Ausgangsbasis für die Kalibrierung des Verkehrsmodells. Eine Form der Matrixkorrektur besteht darin, die im Modell hinterlegte Nachfragematrix dahingehend anzupassen, dass nach der Umlegung auf das Verkehrsnetz die Belastungen der Streckenabschnitte, jener der Realität entsprechen. Die für das Verkehrsmodell verwendete Software PTV VISUM 15 stellt für die Matrixkorrektur das Programmmodul „VStromFuzzy“ zur Verfügung. In Abbildung 50 wird die dem Modul zugrundeliegende Methodik grafisch dargestellt. Das Prinzip der Matrixkorrektur sieht vor, dass aus einer bestehenden alten Nachfragematrix und aktuellen Zähl- und Verkehrsdaten eine neue, der aktuellen Verkehrssituation entsprechende Matrix erstellt wird.

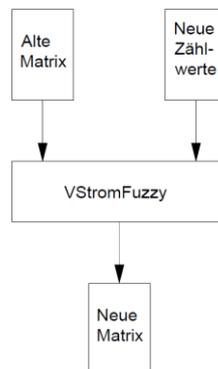


Abbildung 50: Schema Matrix Kalibrierung (Quelle: Eigene Darstellung nach [PTV AG, 2015])

Allgemein betrachtet wird von VStromFuzzy auf Basis einer bestehenden Umlegung in einem iterativen Prozess eine neue Matrix berechnet. Durch eine Umlegung dieser neu berechneten Matrix soll eine möglichst gute Übereinstimmung zwischen den Belastungen und den Zählwerten bestehen. Um dies zu erreichen, verändert das Programmmodul die Quell-Ziel-Beziehungen solange, bis eine angemessene Übereinstimmung in der Umlegung gegeben ist. Die zugelassene Differenz zwischen Zähl- und Verkehrsdaten wird durch einen Toleranzbereich festgelegt.

Eine Anpassung mittels VStromFuzzy eignet sich für folgende Anwendungsfälle [PTV AG, 2015]:

- Es ist möglich eine veraltete Matrix, welche aus empirischen Daten einer Verkehrsbefragung oder ähnlichem hervorgegangen ist, zu aktualisieren. Dadurch soll der Aufwand einer erneuten Quell- Zielbefragung vermieden werden Die Matrixfortschreibung soll hierbei einzig durch Zähl- und Verkehrsdaten erfolgen.
- Die Anwendung eignet für die Kalibrierung von Nachfragematrizen, die anhand eines Verkehrsnachfragemodells erstellt wurden.
- VStromFuzzy eignet sich zur Korrektur von unvollständigen Nachfragematrizen, die zum Beispiel durch nicht gut erhobene oder unvollständige Befragungsdaten generiert wurde. Anhand von Zähl- und Verkehrsdaten kann diese vervollständigt und/ oder verbessert werden.
- Eine weitere Anwendungsmöglichkeit besteht, wenn aus einer Erhebung eine Verteilung der Reiseweite vorhanden ist, diese jedoch nicht in der gewünschten Genauigkeit im Modell vorliegt.

Mit VStromFuzzy können die eben erwähnten Probleme für den IV sowie für den ÖV gelöst werden. Die Matrixfortschreibung bezieht sich hierbei immer auf die Nachfragematrix und nie auf die Ganglinie [PTV AG, 2015].

Einlesen der Zähldaten

Als Zählwerte kommen laut dem Handbuch für die Software PTV Visum 15 folgende Werte als Grundlage für eine Matrixkorrektur in Frage [PTV AG, 2015]:

- Streckenbelastungen
- Quell-/Zielverkehr pro Bezirk
- Abbiegerbelastungen
- Belastungen über Screenlines
- Belastungen auf Fahrstreifen
- ÖV- Linienbeförderungsfälle pro Linie
- ÖV- Personenkilometer pro Linie
- Ein-/Aussteiger an Haltestellenbereichen
- Kenngrößenverteilungen, z.B. Reiseweitenverteilung

Entscheidend hierbei ist, dass diese Zählwerte nicht nur einzeln, sondern auch in Kombination verwendet werden können, um ein noch valideres Ergebnis zu erhalten. So werden für die Korrektur des Teilnetzes nicht nur Streckenbelastungen verwendet, sondern zusätzlich auch Abbiegebelastungen.

Noch bevor die eigentliche Korrektur durchgeführt werden konnte, musste das Modell für die Zähldaten vorbereitet werden. Konkret musste eine Schnittstelle geschaffen werden, um die Zähldaten in das Netz einlesen zu können. Das Einlesen der Zähldaten wurde über speziell dafür erzeugte Attribute gelöst. Um ein Verständnis für das Arbeiten mit Attributen zu schaffen, wird im folgenden Abschnitt näher auf dieses eingegangen.

Exkurs Netzattribute:

In Visum besitzen die Netzobjekte eine Vielzahl von Attributen. Diese dienen dazu Ein- sowie Ausgabedaten zu speichern. Die in der folgenden Auflistung dargestellten Attributtypen werden in VISUM unterschieden [PTV AG, 2015].

- Direkte Attribute enthalten Daten, welche sich direkt auf das Objekt beziehen. Dazu zählen etwa Daten wie die Länge einer Strecke oder die darauf liegende Belastung. Die direkten Attribute können wiederum unterteilt werden in solche, die eingegeben werden müssen und jene, die berechnet werden [PTV AG, 2015].
- Als indirekte Attribute bezeichnet man solche, welche direkte Attribute von anderen Netzobjekttypen sind. Diese haben zum aktuell betrachteten Attribut eine Relation. Einem Netzobjekt stehen also immer seine eigenen direkten, aber auch die aus Relationen stammenden indirekten Attribute zur Verfügung [PTV AG, 2015].
- Die dritte Klasse bilden die benutzerdefinierten Attribute. Anhand dieser können neben den von Visum vordefinierten Attributen beliebig viele weitere Attribute definiert werden. Diese selbst erzeugten Attribute können in gleicher Weise verwaltet und bearbeitet werden wie die standardmäßig vorhandenen. Unter den benutzerdefinierten gibt es auch die Möglichkeit Formelattribute zu erstellen [PTV AG, 2015].

- Befristete Attribute können ihren Wert für einen begrenzten Zeitraum ändern. Zum Beispiel kann dies für eine bestimmte Umlegung angewendet werden, nach deren Abschluss der Attributwert wieder ungültig ist [PTV AG, 2015].

Unter den Attributtypen gibt es auch die Möglichkeit diese als Formelattribut darzustellen. Ein solches dient nicht zu Speicherung von Daten, sondern gibt einen Rechenausdruck wieder. Dieser Rechenausdruck setzt sich wiederum aus anderen Attributen zusammen. In VISUM wird das Formelattribut, im Falle einer Änderung der Eingangsdaten, permanent automatisch aktualisiert. Ein typisches Beispiel für ein solches Attribut ist die Streckenbelastung, welche aus einer Umlegung hervorgeht [PTV AG, 2015].

Zum Einlesen der Zähldaten wurden spezifische benutzerdefinierte Attribute für Strecken und Abbieger angelegt. Diese wurden jeweils für die Abend- und die Morgenstunde erzeugt. Zusätzlich wurde zu jedem neu erzeugten benutzerdefinierten Attribut ein benutzerdefiniertes Formelattribut erzeugt, welches einen gewünschten Prozentanteil der eingelesenen Zähldaten angibt.

Für die Matrixkorrektur verlangt VStromFuzzy neben der Eingabe der Zähldaten zusätzlich die Angabe einer Schwankungsbreite. Die Schwankungsbreite wird in Prozent angegeben und durch das zuvor neu erstellte benutzerdefinierte Formelattribut kann dieser prozentuale Wert angegeben werden. Die Schwankungsbreite gibt uns einen Bereich an, in dem die Simulationsergebnisse liegen dürfen, um eine Lösung zu finden.

Ablauf des Korrekturverfahrens

Wie bereits erwähnt bildet eine umgelegte Nachfragematrix die Grundlage für die Arbeit mit VStromFuzzy. Die alte Matrix sowie die neuen Zähldaten bilden jeweils Eingangsdaten für das Matrixkorrekturtool. An den Zählstellen werden die eingelesenen Zähldaten mit den Umlegungsergebnissen verglichen. Aus diesem Vergleich werden spezifische Korrekturfaktoren für die einzelnen Routen berechnet. Anhand dieser können sämtliche Fahrten, welche einen Kalibrierungspunkt passieren, entsprechend ihrem Anteil an der gesamten Verkehrsstärke angepasst werden. Dieser Prozessablauf bildet ein iteratives Verfahren. In Abbildung 51 wird dieser Ablauf grafisch dargestellt. Durch dieses Verfahren wird die Nachfragematrix geändert, was sich in einer Erhöhung oder Verringerung dieser bemerkbar macht. Als Ergebnis nach mehreren Iterationsschritten wird eine neue Nachfragematrix erstellt, welche die Bedingungen an den Zählstellen möglichst gut erfüllt. Das Matrixsystem konvergiert allerdings nur so lange wie ein ausreichender Freiheitsgrad gegeben ist. Bei diesem Verfahren ist zu beachten, dass es sich rein um ein Korrekturverfahren handelt und daher keine kausalen Verhaltenszusammenhänge wie bei einem klassischen Nachfragemodell berücksichtigt werden. Der Toleranzwert für die Höhe der zulässigen Abweichung der Belastung vom Zählwert muss über ein eigenes Attribut manuell festgelegt werden. Die Höhe dieses Wertes wurde im Laufe der Kalibrierung in einem iterativen Prozess optimiert, bis eine gewünschte Genauigkeit erreicht werden konnte.

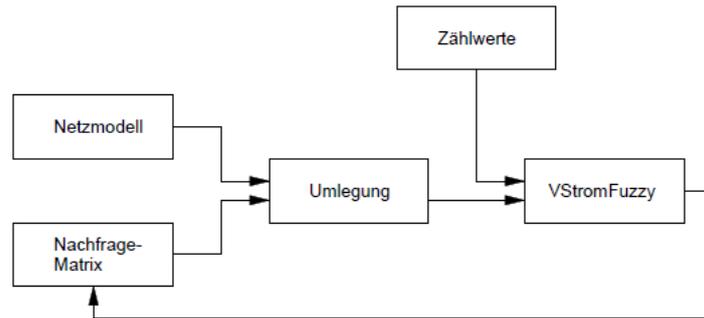


Abbildung 51: VStromFuzzy Verfahren (Quelle: Eigene Darstellung nach [PTV AG, 2015])

Methodische Grundlagen von VStromFuzzy

Alle Matrixkorrekturverfahren bauen auf der gleichen methodischen Grundlage auf. Es wird aus einer alten Verkehrsnachfragematrix und aktuellen querschnittsbezogenen Messwerten auf eine aktuelle Verkehrsnachfragematrix geschlossen. Das ursprünglich für den Individualverkehr entwickelte Verfahren „VStromFuzzy“, wurde von PTV auch für den ÖV erweitert.

Das Verfahren arbeitet auf Basis der einzelnen Fahrtbeziehungen f_{ij} . Die übliche Darstellungsform ist die Matrixschreibweise. Bei dem an dieser Stelle erläuterten Verfahren eignet sich die ebenfalls mögliche Darstellung in Vektorform besser [PTV AG, 2015].

$$\begin{pmatrix} 0 & f_{12} & f_{13} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & 0 & f_{23} & \dots & f_{2n} \\ f_{31} & f_{32} & 0 & \dots & f_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{41} & f_{42} & f_{43} & \dots & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_{12} \\ f_{13} \\ \vdots \\ f_{1n} \\ f_{21} \\ f_{23} \\ \vdots \\ f_{2n} \\ f_{31} \\ \vdots \end{pmatrix} \quad (1)$$

Die bereits vorhandene Nachfragematrix bildet die Nachfrage jedoch nur zu einem vergangenen Zeitpunkt, an dem die Matrix erzeugt wurde, ab. Für den aktuellen Zeitpunkt liegen demnach keine relationsfeinen Daten aus einer Quell- Zielbefragung vor. Der momentane Zustand kann nur über aktuelle Zählwerte an einzelnen Streckenabschnitten beschrieben werden. Die für die Matrixkorrektur nötigen Zählwerte werden ebenfalls als Vektor dargestellt [PTV AG, 2015].

$$v^n = (v_1 \ v_2 \ v_3 \ \dots \ v_m) \quad (2)$$

Die Streckenbelastung entspricht der Summe der anteiligen Fahrtbeziehungen, welche über diese Strecke verlaufen. Hierbei besteht allgemein ein linearer Zusammenhang zwischen der Nachfrage auf den Fahrtbeziehungen und den Zählwerten [PTV AG, 2015].

$$A * f = v \quad (3)$$

In Formel (3) steht A für die Anteilsmatrix. In dieser Anteilsmatrix fließt für die Streckenbelastungen die angebotsabhängige Wegewahl ein. Die Anteilsmatrix wird aus dem Umlegungsergebnis der bestehenden Matrix gewonnen [PTV AG, 2015].

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} f_{12} \\ f_{13} \\ f_{21} \\ f_{23} \\ f_{31} \\ f_{32} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} ein_1 \\ ein_2 \\ ein_3 \\ aus_1 \\ aus_2 \\ aus_3 \end{pmatrix} \quad (4)$$

Problematisch bei der Matrixkorrektur ist, dass meist $m \ll n^2$ und damit die neue Matrix durch die Zählwerte unterbestimmt ist. Anhand einer Bewertungsfunktion q wird jetzt aus den unzähligen Matrizen, welche auf die Zählwerte passen, die beste bestimmt [PTV AG, 2015].

$$\max q(f), \text{ sodass } A * f = v \quad (5)$$

Die Bewertungsfunktion wird oft aus Entropie und Gewichtung der alten Matrix generiert. Die Bewertungsfunktion q ist nicht linear, was dazu führt, dass das Problem iterativ gelöst wird.

Bei dieser klassischen Art der Darstellung des Matrixkorrekturproblems (Formel 5) wird davon ausgegangen, dass der Vektor v bekannt ist und daher als bekannte Größe angenommen. In dieser Formulierung liegt eine Schwäche des klassischen Verfahrens. Nur für Matrizen, die die Nebenbedingungen exakt erfüllen, wird eine q -maximale ausgewählt. Durch diesen Umstand werden die Zählwerte nicht exakt gewichtet. Jede Erhebung der Zählwerte bildet eine Momentaufnahme ab und ist daher mit einer gewissen Stichprobenunsicherheit behaftet. In dem Ansatz von PTV werden die Zählwerte als unscharfe Messwerte gemäß der Fuzzy-Sets-Theorie modelliert. Schwankungen werden hierbei durch entsprechende Bandbreiten abgebildet. In den Nebenbedingungen des Matrixschätzproblems treten Fuzzy Sets \vec{v}_s auf, welche anstatt scharfer Werte unterschiedlich breite Trägermengen haben [PTV AG, 2015].

$$\max q(f), \text{ sodass } A * f = \vec{v} \quad (6)$$

Durch die Darstellung als Fuzzy Set kann eine Bevorzugung von zentralen Werten innerhalb der Trägermenge ausgedrückt werden. Bei diesen Werten handelt es sich um solche, die sich nahe dem Mittelwert der Zählwerte befinden. Werden jedoch durch Werte am Rand, signifikant bessere q -Werte erreicht, können auch diese akzeptiert werden [PTV AG, 2015].

Diese Fuzzy Sets können über eine sogenannte Zugehörigkeitsfunktion in die Bewertungsfunktion aufgenommen werden. Diese Zugehörigkeitsfunktion muss zu diesem Zweck erst gewichtet werden.

Eine Bedingung, um weiterhin Standardverfahren anwenden zu können, ist, dass die Zielfunktion ebenfalls zweimal stetig differenzierbar sein muss. Durch diesen Umstand kommt es dazu, dass sich Einschränkungen bezüglich der Form der Zugehörigkeitsfunktion ergeben. Die meist üblichen linearen Formen, wie Dreiecke oder Trapeze, würden hierbei entfallen. Zur Anwendung kommt allerdings das gleiche Schema wie für die Gewichtung der Ausgangsmatrix. Es wird versucht den Fokus auf die zentralen Werte aus den Trägermengen zu legen [PTV AG, 2015].

Bewertungsfunktion der gewichteten Entropiemaximierung:

$$q(f) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (f_{ij} * \ln \frac{f_{ij}}{\bar{f}_{ij}} - f_{ij}) \quad (7)$$

Wird in der Funktion in Formel (7) für \bar{f}_{ij} der Wert aus der ursprünglichen Matrix eingesetzt, werden von der Bewertungsfunktion eher jene Matrizen ausgewählt welche sich nur gering von der Ausgangsmatrix unterscheiden [PTV AG, 2015].

Dieses Prinzip lässt sich auf das neue Optimierungsproblem übertragen:

$\max q(f, s, s')$ sodass:

$$\begin{aligned} A * f + s &= \bar{v} \\ A * f - s' &= \underline{v} \\ s &\geq 0 \\ s' &\geq 0 \end{aligned} \quad (8)$$

Hierbei sind \bar{v}, \underline{v} = Maximum oder Minimum (untere und obere Grenze) der Trägermengen der Fuzzy Sets und bilden die Schranken für das Optimierungsverfahren. Werden auch die Schlupfvariablen s, s' in die gewichtete Entropiemaximierung mit $\bar{s} = \bar{s}' = 0$ eingeschlossen, werden Matrizen, die die Bedingung $A * f = v$ möglichst gut erfüllen, bevorzugt [PTV AG, 2015]. Die Schlupfvariablen werden eingeführt, um das Problem auf ein einfacheres Problem zurückzuführen. Die Ungleichungsnebenbedingungen werden bei der linearen Optimierung in Gleichungsnebenbedingungen umgewandelt.

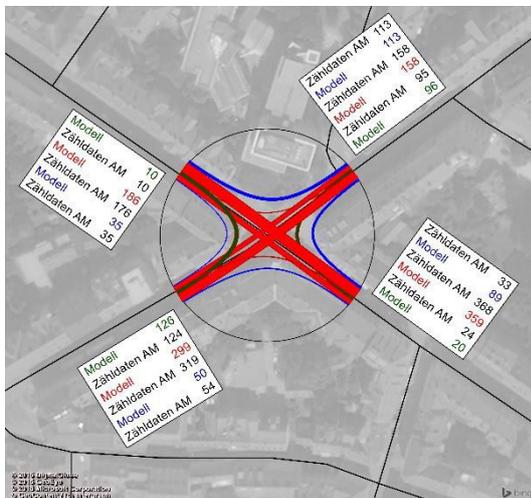
Allgemein gesagt vergrößert die Fuzzy Formulierung den Lösungsraum des Schätzproblems und damit einhergehend auch die Freiheitsgrade für die Bewertung. Als Resultat können dadurch generell höhere Zielfunktionswerte erreicht werden. Es wird innerhalb der gegebenen Bandbreite die wahrscheinlichste Nachfragematrix geschätzt [PTV AG, 2015].

Kontrolle der neuen Verkehrsnachfragematrix:

Um die Qualität der korrigierten Nachfragematrix in Bezug auf die eingelesenen Zählzeiten zu kontrollieren, ist es notwendig, die beiden Werte miteinander zu vergleichen. Die einfachste Methode um die Güte zu überprüfen ist, die beiden Werte gegenüberzustellen und zu vergleichen. Aufgrund der hohen Anzahl an Zählzeiten wird diese Methode schnell unübersichtlich. Eine wesentlich einfachere und zugleich sehr anschauliche Methode ist, die Differenz der Werte prozentual darzustellen. Um diese Darstellung automatisch in PTV Visum auszugeben, wurde ein weiteres benutzerdefiniertes Formelattribut erstellt. In diesem Attribut wird die prozentuale Differenz aus der Belastung im Modell und den Zählzeiten ausgegeben. Als Kriterium wurde versucht, eine Schwankungsbreite von 10% zu erreichen, was bei den vielen unterschiedlichen Zählstellen sowie der Größe des Modells eine sehr große Herausforderung darstellte. Bis auf sehr wenige Ausnahmen konnte diese Bedingung allerdings eingehalten werden. An jenen Bereichen im Modell, an denen diese selbst bestimmte Grenze überschritten wurde, wurde nochmals überprüft, welche Bedeutung die höhere Abweichung für die spätere Aussagekraft des Modells hat. Hierbei ist festzuhalten, dass in den wesentlichen Teilen des Modells die Kalibrierung deutlich unter der 10% liegt. Auch durch einzelne Ausreißer wird keine signifikante Beeinflussung erwartet.

In den folgenden beiden Grafiken wird, exemplarisch für den Knotenpunkt Sparbersbachgasse – Mandellstraße, die Abweichung von Zählzeiten gegenüber der Belastung im Modell dargestellt. Die in Abbildung 52 dargestellten Knotenstrompläne enthalten die tatsächlichen Belastungen im Vergleich zu den Zählwerten und nicht die prozentuale Abweichung. Einmal werden die Umlegungsergebnisse der Morgenspitze und einmal der Abendspitze gezeigt.

Morgenspitze AM:



Abendspitze PM:

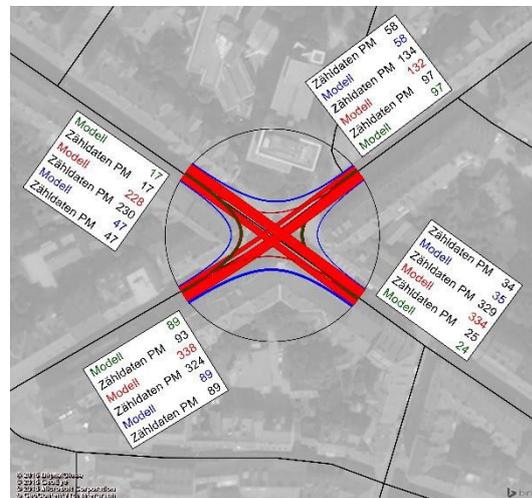


Abbildung 52: Vergleich der Umlegung mit den Zählzeiten am Beispiel des Knotenpunktes Mandellstraße – Sparbersbachgasse (links: Morgenspitze, rechts: Abendspitze)

Ungeachtet des möglichst kompakt gewählten Teilnetzes und der hohen Anzahl an Zählstellen handelt es sich aufgrund der Größe um ein mehrfach unbestimmtes System. Diese Tatsache kann zur Folge haben, dass es in vereinzelt Teilen des Netzes zu unplausiblen Belastungen kommen kann. Hiervon betroffen sind speziell Randgebiete, an denen kaum Zählstellen vorhanden sind. Im Kernbereich des Untersuchungsgebietes, in welchem auch die Verlagerungen zu erwarten sein werden, konnte aufgrund der hohen Dichte an Zählstellen ein sehr gut kalibriertes Modell erzeugt werden.

Abbildung 53 zeigt den derzeitigen IST-Zustand der Belastungen im Netz für die Morgenspitze. Auf Strecken wie der Elisabethstraße, der Plüddemanngasse wie auch der Mandellstraße/Petersgasse ist

zu erkennen, dass die Verkehrsbelastung stadteinwärts deutlich höher ist als stadtauswärts. Diese Erkenntnis deckt sich mit den tatsächlich wahrgenommenen Verkehrsstärken.

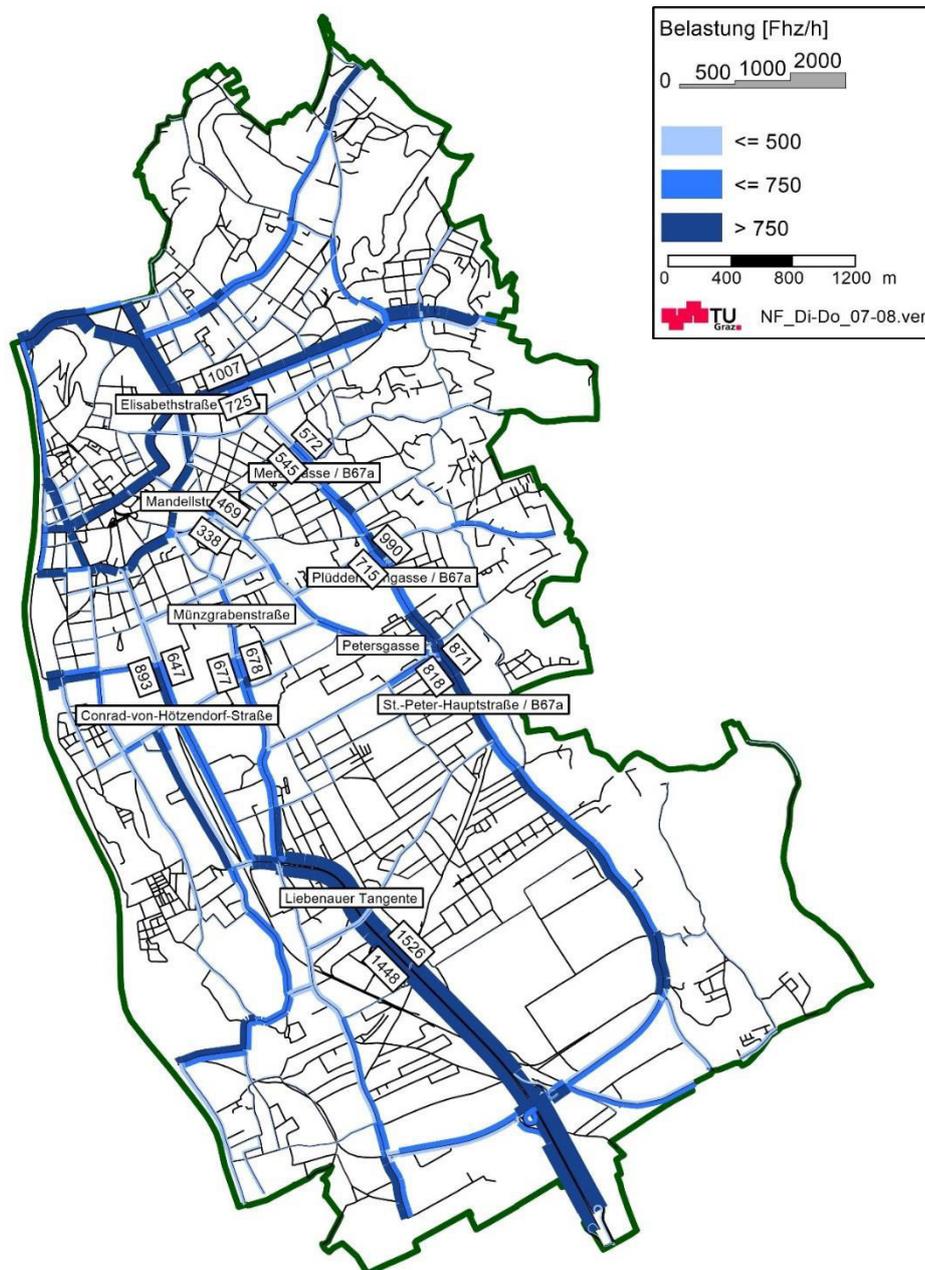


Abbildung 53: Verkehrsbelastungen IST-Zustand Morgenspitze

In den Abendstunden ist eine Mehrbelastung stadtauswärts zu verzeichnen (Abbildung 54). Deutlich wird das am Beispiel der Merangasse, Mandellstraße oder der Conrad-von-Hötzendorfstraße. Des Weiteren kann ein Anstieg in Fahrtrichtung stadtauswärts auf der Münzgrabenstraße festgestellt werden. Auch im Belastungsbild für die Abendspitze stimmen die Verkehrsstärken aus dem Modell mit der empfundenen Verkehrssituation in der Realität gut überein.

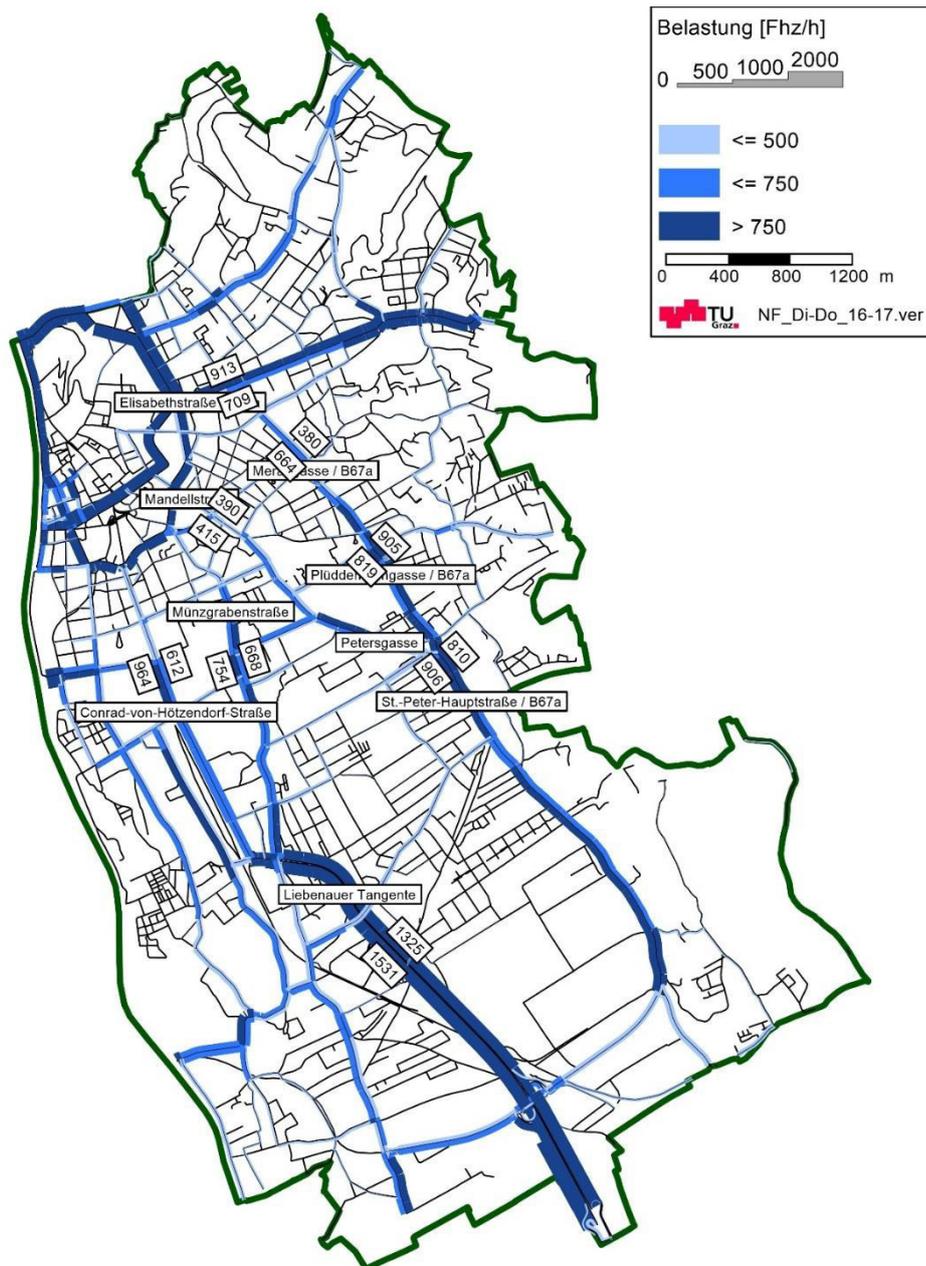


Abbildung 54: Verkehrsbelastungen IST-Zustand Abendspitze

4.5 Umsetzung Planfall

Das vollständig kalibrierte Teilnetz stellt den momentanen IST-Zustand im zu untersuchenden Stadtteil von Graz dar. Anhand dieses Netzes kann nur die derzeitige Situation analysiert werden. Um die Planungsmaßnahmen im Modell untersuchen zu können ist es notwendig die Netzstruktur an die geplanten Maßnahmen anzupassen. Zu diesem Zweck wird der geplante Rad-Highway in das Modell integriert.

Um den Radweg zu implementieren, muss das bestehende Netz modifiziert werden. Dank des günstigen Streckenverlaufes des Rad-Highways auf der Mandellstraße und der Petersgasse müssen keine weiteren Strecken in das Modell eingefügt werden. Alle nötigen Straßenabschnitte sind bereits aus dem GUARD-Modell übernommen worden und im Teilnetz vorhanden. Um die

Radschnellverbindung im Netz korrekt abzubilden sind nur kleinere Änderungen an den bestehenden Strecken und Knotenpunkten notwendig.

Als Vorlage für die geplanten Maßnahmen dienten die Pläne für den Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse vom Ingenieurbüro Planum Fallast Tischler & Partner GmbH. In diesen sind die genauen Führungsformen auf den einzelnen Straßenabschnitten eingetragen. Zusätzlich sind die in Zukunft erlaubten Abbiegebeziehungen eingetragen worden. Die Änderungen werden direkt aus den Plänen in das Modell übernommen.

4.5.1 Änderung Einbahnstraße

Die wesentlichste Veränderung im Modell ist die Änderung der Gegenverkehrs- oder Zweirichtungsstraße in der Mandellstraße sowie der Petersgasse in eine Einbahnstraße. Für das Modell bedeutet das wie in der Realität, dass die Fahrzeuge nur noch in eine Richtung fahren können. Um diese Maßnahme im Modell zu etablieren, muss zuerst betrachtet werden, wie eine Fahrt im Modell abgebildet bzw. simuliert wird. Der Verkehr in Visum wird durch die unterschiedlichsten Verkehrssysteme abgewickelt. Die folgende Tabelle 26 zeigt die in Visum vorhandenen Verkehrssystemtypen mit zugehörigen Beispielen.

Tabelle 26: Verkehrssystem Typen (Quelle: [PTV AG, 2015])

<i>VSys - Typ</i>	<i>Beispiel</i>
IV	PKW
	LKW
ÖV	Bus
	Tram
	Zug
ÖV Zusatz	Bus
	Taxi
	P&R- Zugang
ÖV Fuß	Fußweg
	Rolltreppe
	Lift

In PTV Visum besteht die Möglichkeit einzelne Netzobjekte wie Strecken in Relation vom Verkehrssystem zu attributieren. Die Besonderheit dabei ist, dass festgelegt werden kann, welches Verkehrssystem auf welchem Netzobjekt zugelassen ist. Eine Fahrt bzw. ein Weg kann auf einer Strecke nur stattfinden, wenn das gewählte Verkehrssystem auch für diese Strecke zugelassen ist.

Diese Eigenschaft kann genutzt werden, um mit der Software ein Einbahnsystem zu simulieren. In der Mandellstraße und der Petersgasse wird auf den jeweiligen Streckenabschnitten stadteinwärts das Verkehrssystem Pkw gesperrt. Eine solche Sperre hat zur Folge, dass auf diesen Strecken keine Pkw Nachfrage umgelegt werden kann. Anhand dieser Methode werden ebenfalls sämtliche Abbiegebeziehungen überprüft und bei Bedarf die zugelassenen Verkehrssysteme angepasst. Weitgehend ist eine Adaption der Abbiegebeziehungen nicht zwingend notwendig, da an diesen Knotenpunkten durch die Sperre des Verkehrssystems auf der weiterführenden Strecke ein Abbiegen auf diese ohnehin verhindert wird. Für einen etwaigen Abbieger würde sich dann eine Situation vergleichbar mit einer Sackgasse ergeben.

4.5.2 Simulation Planfall

Für die Analyse der Belastungen im Planfall wird als Ausgangsbasis die Verkehrsnachfragematrix für den IST- Zustand herangezogen. In dieser Nachfragematrix sind die, auf Basis aktueller Daten korrigierten, Quell- Zielbeziehungen enthalten. Wird diese Matrix auf das neue Netz, inklusive Rad-Highway, umgelegt, werden sich veränderte Belastungen, im Vergleich zum Nullfall, einstellen. Da die Nachfragematrix unverändert bleibt, ist es möglich, die neu gewählten Routen und die sich daraus neu ergebenden Belastungen auf den einzelnen Strecken zu bestimmen.

Umlegung der Nachfrage:

Die Software Visum bietet für den Verfahrensschritt Umlegung eine Vielzahl an Methoden an. Für das Modell Rad-Highway wurde das Gleichgewichtsverfahren als Umlegungsvariante gewählt.

Die Verteilung der einzelnen Fahrten der Nachfragematrix auf das Netz folgt dabei dem ersten Wardrop'schen Prinzip. Dieses Prinzip besagt, dass jeder Verkehrsteilnehmer, die für ihn beste Route wählt. Ein möglicher Wechsel auf eine Alternativroute würde sich für den einzelnen Fahrer in einer Erhöhung der Fahrzeit niederschlagen. Im Netz stellt sich dadurch bei der Gleichgewichtsumlegung ein sogenanntes Nutzeroptimum ein. Im Gegensatz zum Nutzeroptimum würde bei einem Systemoptimum (zweites Wardrop'sches Prinzip) der Gesamtwiderstand im Netz minimiert werden. Praktisch betrachtet ist die Hypothese eines Nutzeroptimums nicht der Realität entsprechend. Damit sich dieser Zustand einstellen kann, müsste die Voraussetzung gegeben sein, dass jeder einzelne Verkehrsteilnehmer sämtliche Informationen über das Netz besitzt. Da im Allgemeinen bei generellen Konditionen allerdings ein Umlegungsergebnis nahezu sichergestellt ist, wird die Hypothese über diesen fehlenden Informationsstand der Nutzer akzeptiert. Zudem gibt es ein Kriterium, bei dem das iterative Lösungsverfahren abbricht. Dieses Kriterium ist ein Maß für den Abstand einer Näherungslösung vom Gleichgewicht. Daraus lässt sich ein objektives Abbruchkriterium ableiten [PTV AG, 2015].

Ein Vorteil der Gleichgewichtsumlegung gegenüber einer Sukzessivumlegung ist jener, dass die Gleichgewichtsumlegung realitätstreuere Ergebnisse liefert. Diese besseren Ergebnisse werden erreicht, indem das Verfahren erst abbricht wenn sich alle Routen der Verkehrsbeziehungen im Gleichgewicht befinden. Bei geringen Auslastungen im Netz ergeben sich bei einer Gleichgewichtsumlegung ähnliche Ergebnisse wie bei einer Bestwegumlegung. Eine geringe Auslastung hat bei der Gleichgewichtsumlegung nämlich zur Folge, dass keine neuen Routen gefunden werden. Die Dauer einer Berechnung ist stark von der Auslastung abhängig. Bei stark ausgelasteten Netzen steigt die Rechenzeit, da in jedem Iterationsschritt neue Routen gefunden und berechnet werden [PTV AG, 2015].

5 Ergebnisse der Verkehrsmodellierung

5.1 Untersuchte Szenarien

Hauptaufgabe der Modellauswertung war die Analyse der Verlagerungen im Kfz- Verkehr, welche durch das neu etablierte Einbahnsystem entstehen werden. Untersucht man die Verlagerungen, welche bei der Umlegung der Nachfragematrix aus dem Nullfall entstehen würden, würde das hier entstehende Verlagerungsbild das „Worst-Case-Szenario“ darstellen. Konkret würde das bedeuten, dass trotz der neuen attraktiven Infrastruktur für den Radverkehr keine Änderung im Modal Split eintreten würde und genau dieselben Mengen an Autos, nur auf andere Straßen verlagert, im Modell vorhanden sind. Obwohl ein solches Szenario eher als unrealistisch einzustufen ist, stellt der Worst-Case Fall den für die Untersuchung relevanten Belastungsfall dar.

Neben dieser Auswertung werden weitere Szenarien untersucht, in denen durch gezielte Abminderung der Fahrten versucht wird, eine Veränderung im Modal Split darzustellen. Ergänzend zu den Szenarien mit geändertem Modal Split werden Varianten untersucht, die ein zusätzliches Potential an Fahrradfahrten abschätzen und deren Verteilung im Netz berücksichtigen. Es ist somit möglich, nicht nur eine realere Situation, in der die Kfz-Fahrten verringert werden, darzustellen, sondern es kann auch in einer ersten Abschätzung eine Aussage zu dem zukünftigen Fahrradpotenzial getätigt werden.

Eine Trassenstudie war nicht Teil der Aufgabenstellung, jedoch wurden ergänzend zwei alternative Führungsvarianten untersucht. Für diese beiden neuen Führungsformen werden ebenfalls die Verlagerungsbilder betrachtet, jedoch keine Leistungsfähigkeitsbeurteilung einzelner Streckenabschnitte durchgeführt.

Die folgende Tabelle 27 enthält alle untersuchten Varianten und Szenarien. Zusätzlich werden diese kurz beschrieben und auch der Versionsname der Visum Datei angegeben.

Tabelle 27: Liste mit allen untersuchten Szenarien

Versionsname	Stunde	Nachfragematrix	Kurzbeschreibung
Standardszenario			
<i>Nullfall</i>			
NF_Di-Do_07-08.ver	07:00 – 08:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	In diesen beiden Versionen wird der kalibrierte IST-Zustand (Nullfall) dargestellt.
NF_Di-Do_16-17.ver	16:00 – 17:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	
<i>Planfall</i>			
PF_Di-Do_07-08.ver	07:00 – 08:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	Diese Versionen enthalten die Netzstruktur für den Planfall.
PF_Di-Do_16-17.ver	16:00 – 17:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	
Szenarien mit Modal Split Änderung			
<i>Szenario 1 (erweiterter Planfall)</i>			
AM_S1-opt.ver	07:00 – 08:00 Uhr	Abgemindert Pkw	In diesem Szenario 1 wird durch Abminderung der Nachfragematrix versucht, eine Änderung im Modal Split zu simulieren. Das Netz wird hierbei nicht verändert und ist mit der Netzstruktur des Planfalls ident.
AM_S1-pess.ver	07:00 – 08:00 Uhr	Abgemindert Pkw	
PM_S1-opt.ver	16:00 – 17:00 Uhr	Abgemindert Pkw	
PM_S1-pess.ver	16:00 – 17:00 Uhr	Abgemindert Pkw	
<i>Szenario 2 (erweiterter Planfall)</i>			
AM_S2-opt.ver	07:00 – 08:00 Uhr	Abgemindert Pkw	Szenario 3 wird analog zu Szenario 1 bearbeitet. Der Unterschied liegt in den geänderten Kfz-Abminderungsfaktoren
AM_S2-pess.ver	07:00 – 08:00 Uhr	Abgemindert Pkw	
PM_S2-opt.ver	16:00 – 17:00 Uhr	Abgemindert Pkw	
PM_S2-pess.ver	16:00 – 17:00 Uhr	Abgemindert Pkw	
Simulation Radverkehr			
Fahrradpotential_Di-Do.ver		Prognose Rad	In dieser Version wird der, des Modal Split Änderung, entstandene Radverkehrsanteil umgelegt. Diese Version enthält die 8 Nachfragematrizen für den Radverkehr aus den Szenarien 1 und 2.
Versionen mit alternativer Streckenführung			
<i>Alternativvariante 1</i>			
PF_Di-Do_07-08_Alt-1.ver	07:00 – 08:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	In Alternativvariante 1 wird untersucht wie sich der Verkehr verlagert, wenn die Einbahn in der Mandellstraße/Petersgasse stadteinwärts geführt wird.
PF_Di-Do_16-17_Alt-1.ver	16:00 – 17:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	
<i>Alternativvariante 2</i>			

PF_Di-Do_07-08_Alt-2.ver	07:00 – 08:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	In Alternativvariante 2 wird untersucht wie sich der Verkehr verlagert, wenn das Einbahnsystem von Norden stadtauswärts und von Süden stadteinwärts bis zur Steyrergasse geführt wird.
PF_Di-Do_16-17_Alt-2.ver	16:00 – 17:00 Uhr	IST- Zustand Pkw	

Bei der Auswertung des Verkehrsmodells gilt es zu beachten, dass es sich nur um ein monomodales Modell handelt, welches eine Nachfragematrix beinhaltet, die auf genau einen bestimmten Zeitpunkt kalibriert wurde. Damit eignet sich das Modell nur für die Darstellung des Ist-Zustandes und der Verlagerungseffekte basierend auf den Quell- Zielbeziehungen aus dem kalibrierten Modell. Eine Prognose, wie die Erstellung eines Zukunftsszenarios mit veränderten Strukturdaten, ist mit diesem Modell nicht möglich. Auch ist eine automatische Berechnung der Modal Split Anteile nicht möglich.

5.2 Netzbelastungen Kfz ohne Modal Split Änderung

Um die neue Verkehrssituation abbilden zu können, muss die, auf die aktuelle Verkehrssituation kalibrierte Nachfragematrix auf das, um den Rad-Highway ergänzte Straßennetz, umgelegt werden. Diese Verkehrsumlegung zeigt, auf welche alternativen Routen sich der Verkehr im Falle einer Etablierung eines Richtungsverkehrs in der Mandellstraße/Petersgasse verlagert. Betroffen sind hiervon alle Fahrten im Nullfall, die die Route über die Mandellstraße/Petersgasse stadteinwärts gewählt haben.

Durch eine Gegenüberstellung des Planfalls mit dem Nullfall besteht die Möglichkeit, diese Verlagerungseffekte des Kfz-Verkehrs auf das umliegende Straßennetz zu analysieren. Ein Großteil der verlagerten Fahrten wird sich entlang der Achsen Plüddemanngasse, Münzgrabenstraße und Conrad-von-Hötzendorfstraße aufteilen. Kleinere Fahrtanteile werden sich abhängig von ihrer Quell-Zielbeziehung großräumiger im Planungsgebiet verlagern. Sämtliche Verlagerungen beschränken sich auf das gewählte Untersuchungsgebiet, sodass es außerhalb des geschnittenen Teilnetzes zu keinen Verlagerungseffekten kommt.

Zusätzlich sollte durch die neue Infrastruktur der Anreiz bestehen, auf eine Fahrt mit dem Kfz zu verzichten und ein Verkehrssystem des Umweltverbundes zu wählen. Durch diese gezielte Verbesserungsmaßnahme für den Radverkehr wäre eine Modal Split Änderung zugunsten des Radverkehrs und/oder zugunsten des Öffentlichen Verkehrs möglich.

Um grafisch eine exakte Darstellung der Verlagerungen zu erhalten, wird eine Differenzdarstellung zwischen den Belastungen im Nullfall (siehe Abbildung 53, Abbildung 54) und denen im Planfall (Abbildung 55, Abbildung 56) gebildet. Die Software Visum bietet dazu die Möglichkeit eines Versionsvergleiches. Für einen solchen Vergleich muss in einer geöffneten Version des Modells die zu vergleichende Version eingelesen werden. Bei diesem Vergleich erstellt die Software automatisch Attribute, die die ausgewählten Attributwerte aus den anderen Versionsdateien enthalten.

Aufgrund der, von der Tageszeit abhängigen, unterschiedlich starken Belastungen der einzelnen Fahrtrichtungen wird ein Vergleichsnetz sowohl für die Morgenspitze (07:00 Uhr – 08:00 Uhr) als auch für die Abendspitze (17:00 Uhr – 18:00 Uhr) gebildet. In Abbildung 55 und Abbildung 56 werden die Belastungen zu den jeweiligen Spitzenstunden im Planfall gezeigt.

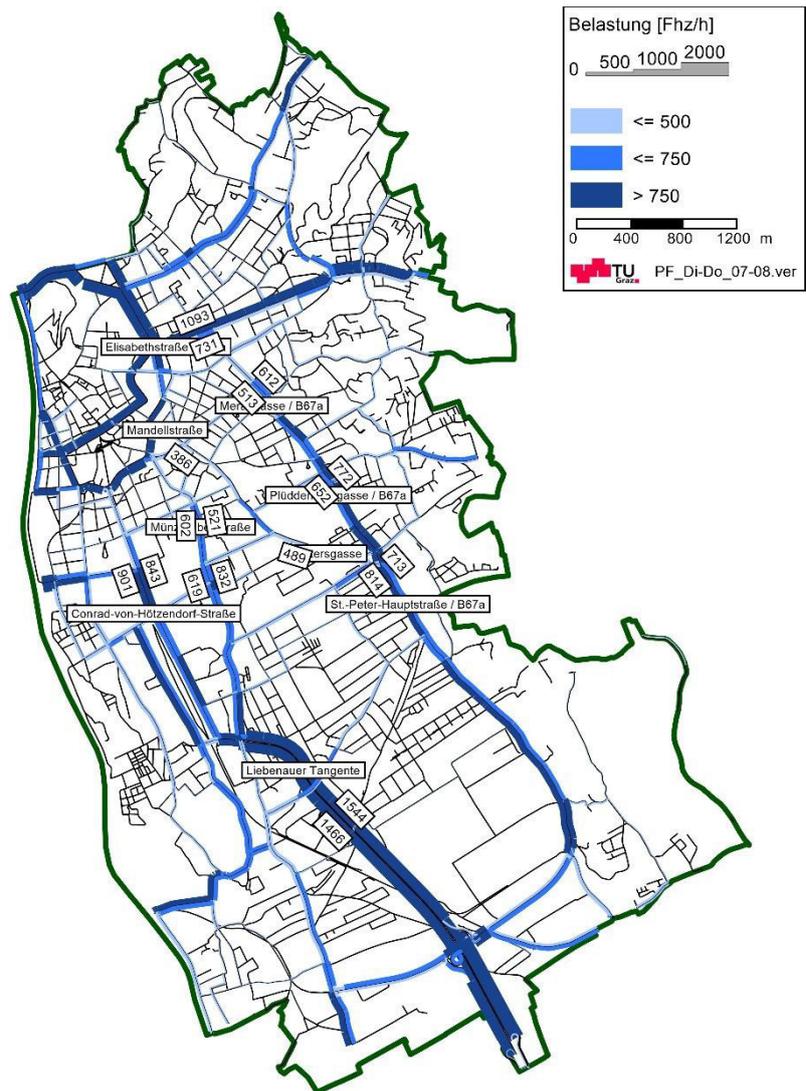


Abbildung 55: Verkehrsmodell – Streckenbelastungen Morgenspitze (07:00 – 08:00) - Planfall

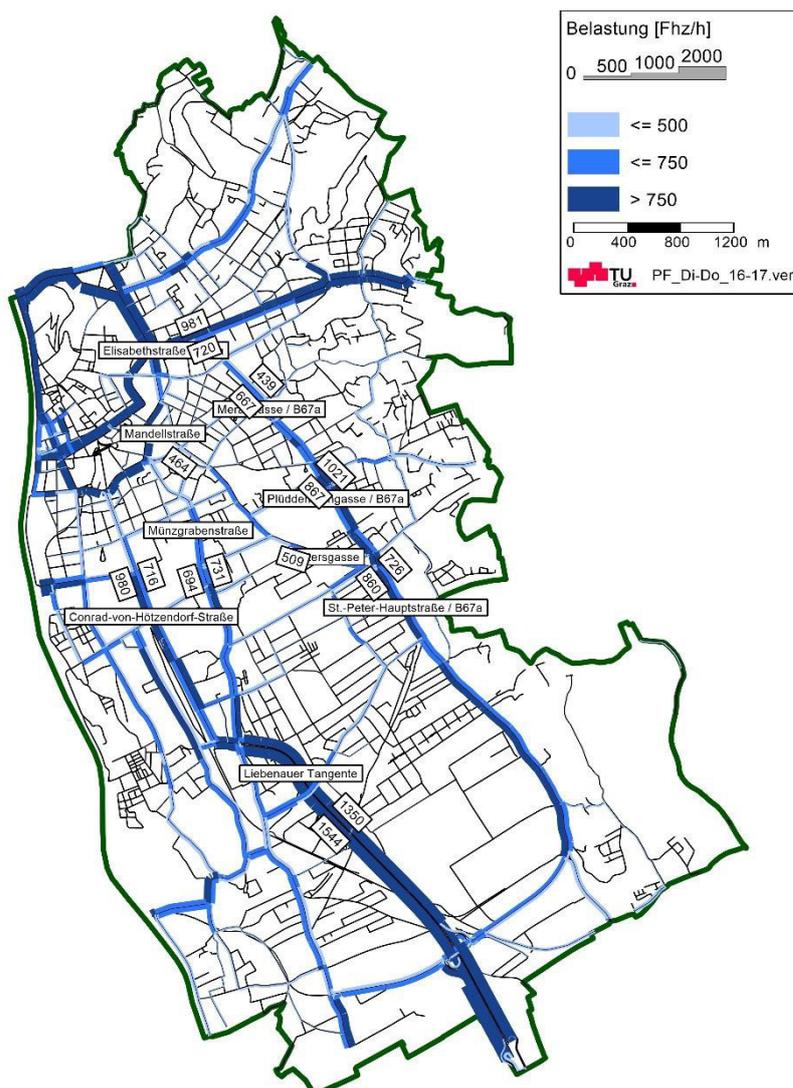


Abbildung 56: Verkehrsmodell – Streckenbelastungen Abendspitze (16:00 – 17:00) – Planfall

5.2.1 Analyse der Verlagerungen zur Morgenspitze

In Abbildung 57 wird das Vergleichsnetz der Morgenspitze dargestellt. Dieses Netz stellt die Differenz zwischen den Fahrten im IST-Zustand (Nullfall) und dem geplanten Zustand (Planfall) dar. Ein grüner Streckenbalken bedeutet eine Abnahme der Verkehrsbelastung (Kfz pro Stunde) im Vergleich zum Nullfall. Ein roter Balken zeigt an, dass sich in diesem Straßenabschnitt eine Erhöhung der Fahrtenanzahl einstellen wird.

Abschnittsweise werden bei manchen Strecken höhere bzw. niedrigere Verkehrsbelastungen dargestellt. Diese Sprünge im Belastungsbalken entstehen durch Quell- und Zielanbindungen der jeweiligen Verkehrsbezirke in diesen Bereichen. Diese Anbindungen sind notwendig, um die einzelnen Bezirke an das Streckennetz anzubinden und wurden bereits aus dem GUARD- Modell übernommen. Je nach Strukturgrößen in den einzelnen Bezirken und auch durch die Matrixkorrektur erzeugen diese mehr oder weniger Verkehr. Dasselbe gilt für die Verkehrsanziehung, wodurch die Sprünge im Belastungsbalken einmal mehr und einmal weniger deutlich sind.

Im Bereich der Mandellstraße/Petersgasse stadteinwärts kommt es zur vollständigen Reduktion der Anzahl an Fahrten pro Stunde. Diese Reduktion entsteht durch die infrastrukturellen Anpassungen, die

in der Mandellstraße/Petersgasse geplant sind. Dabei werden Adaptierungen für die Inbetriebnahme des Rad-Highways und die damit einhergehende Sperre dieser Strecke für den Kfz-Verkehr vorgenommen. Das gesamte Verkehrsaufkommen (je nach Streckenabschnitt zirka 450 Fahrten pro Stunde in der Morgenspitze) wird auf das umliegende Straßennetz umgelagert. Grafisch ist diese Abnahme durch den markanten grünen Balken entlang dieser beiden Straßen deutlich erkennbar.

In der Steyrergasse, im Bereich zwischen Münzgrabenstraße und Petersgasse, stellt sich ebenfalls eine deutliche Abnahme der Verkehrsbelastung ein. Durch das neu etablierte Einbahnsystem in der Mandellstraße und der Petersgasse verliert in weiterer Folge auch die Steyrergasse an Attraktivität. Ähnliche Verhältnisse können für den Waltendorfer Gürtel bzw. die Koßgasse prognostiziert werden. An anderer Stelle können die Effekte der Sperre stadteinwärts in der St. Peter Hauptstraße wahrgenommen werden. Auf dieser Straße kommt es bereits frühzeitig zu einer Abnahme von 157 Fahrten vor dem Knotenpunkt St. Peter Hauptstraße und Petersgasse/Plüddemangasse. Teile des hier ankommenden Verkehrs wählten im ursprünglichen Netz jene Route über den jetzigen Rad-Highway um stadteinwärts weiterzufahren. Ein Teil dieser Fahrten verlagert sich auf die Plüddemangasse, was einen deutlichen Anstieg der Belastung dieser Straße zur Folge hat. Ein anderer Teil wählt bereits frühzeitig eine neue Route. Dieser Effekt bewirkt, dass es in Summe zu einer Abnahme der Belastung auf der St. Peter Hauptstraße kommt.

Erhöhungen sind zusätzlich auf der Conrad-von-Hötzendorfstraße, der Münzgrabenstraße und der Brucknerstraße zu vermerken. In weiterer Folge an die Erhöhung auf der Plüddemangasse sind auch in der Schillerstraße / Merangasse Erhöhungen zu erwarten. Mindestens zwei Drittel des verdrängten Verkehrs verteilt sich zu relativ gleichen Teilen auf die drei nächstgrößeren Straßen Münzgrabenstraße, Plüddemangasse und Conrad-von-Hötzendorfstraße. Diese drei Straßen sind die nächstgelegenen Achsen, um stadteinwärts zu gelangen. Der restliche Verkehr verlagert sich auf kleinere Ausweichrouten.

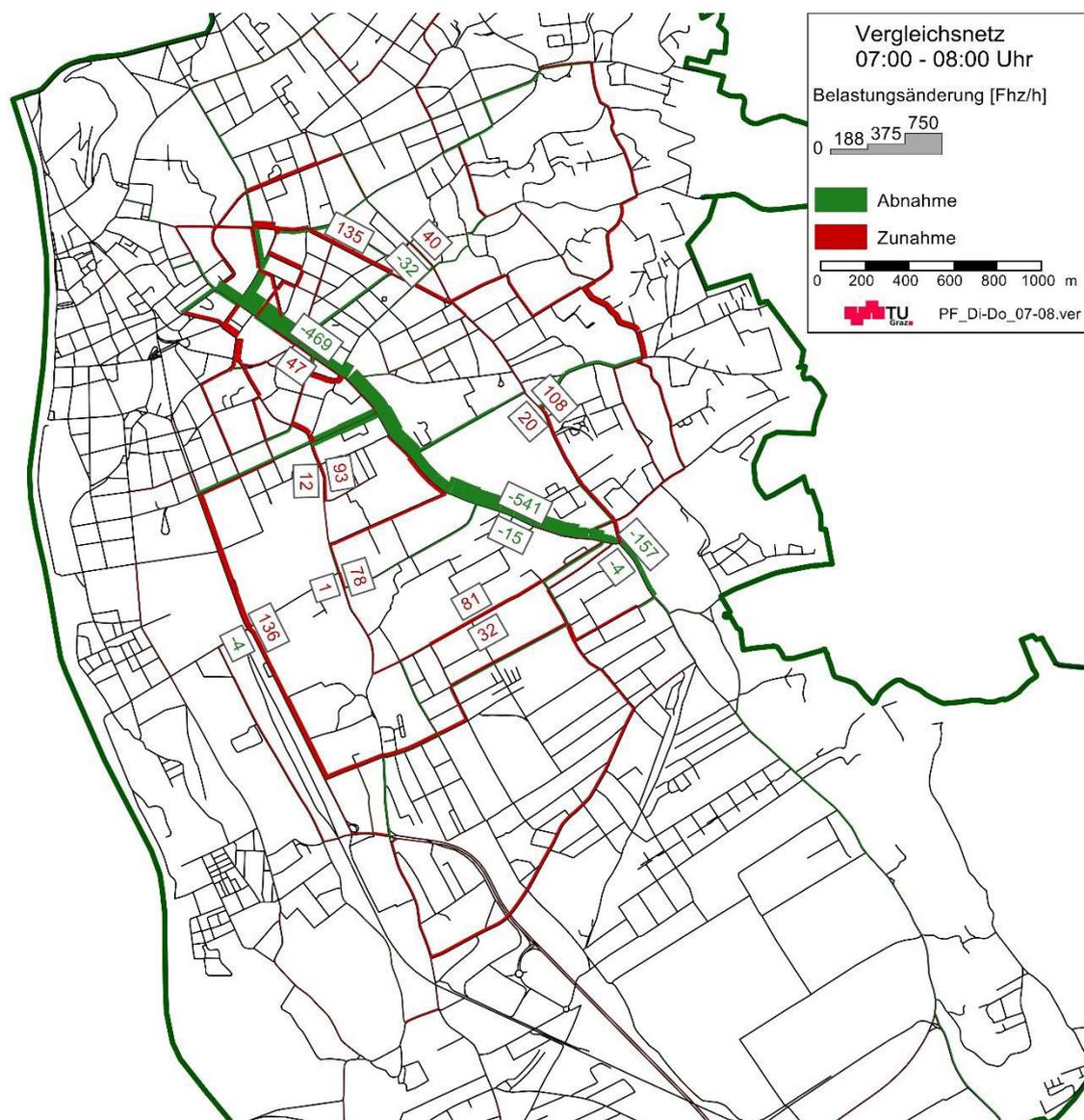


Abbildung 57: Differenzdarstellung – Vergleichsnetz zwischen Plannfall und Nullfall - Abendspitze (07:00 – 08:00)

5.2.2 Analyse der Verlagerungen zur Abendspitze

Das Verlagerungsbild der Abendspitze ist dem der Morgenspitze sehr ähnlich. Die Gesamtanzahl der verdrängten Fahrzeuge ist allerdings geringer. Grund dafür sind die geringeren Verkehrsbelastungen stadteinwärts in der Abendspitze. Im Gegenzug sind diese stadtauswärts allerdings etwas höher. Die unterschiedlichen Verkehrsstärken in den beiden Richtungen lassen sich durch den klassischen Pendlerverkehr erklären. Die Pendler fahren morgens zur Arbeit in die Stadt und abends wieder nach Hause. Da die Sperren durch den Rad-Highway hauptsächlich nur den Verkehr stadteinwärts betreffen, kommt es zu weniger Verlagerungen am Abend.

Auch in Abbildung 58 ist zu erkennen, dass die Mandellstraße/Petersgasse am Nachmittag stadteinwärts nicht so stark belastet ist, wie in den Morgenstunden. Die Anzahl der verdrängten Fahrten liegt hier bei maximal 400 Kfz-Fahrten pro Stunde. Der Hauptteil dieser Fahrten wird, wie in den Morgenstunden, auf dieselben Alternativrouten verlagert werden. Auffällig ist, dass der Verkehr in der Moserhofgasse markant abnimmt und im Gegensatz auf der Brucknerstraße Richtung

Münzgrabenstraße ansteigt. Hierbei handelt es sich um Fahrten, welche im Bereich St. Peter ihren Ursprung und ihr Ziel entlang der Münzgrabenstraße haben. In der Ist- Situation sind diese Fahrten entlang der Petersgasse und weiter über die Moserhofgasse in die Münzgrabenstraße verlaufen. Durch die Sperre der Petersgasse stadteinwärts verlaufen diese Fahrten jetzt über die Brucknerstraße und dann weiter entlang der Münzgrabenstraße. Durch die unterschiedlichen Quell- Zielrelationen in den Spitzenstunden fällt dieses Phänomen besonders in der Abendspitze ins Gewicht.

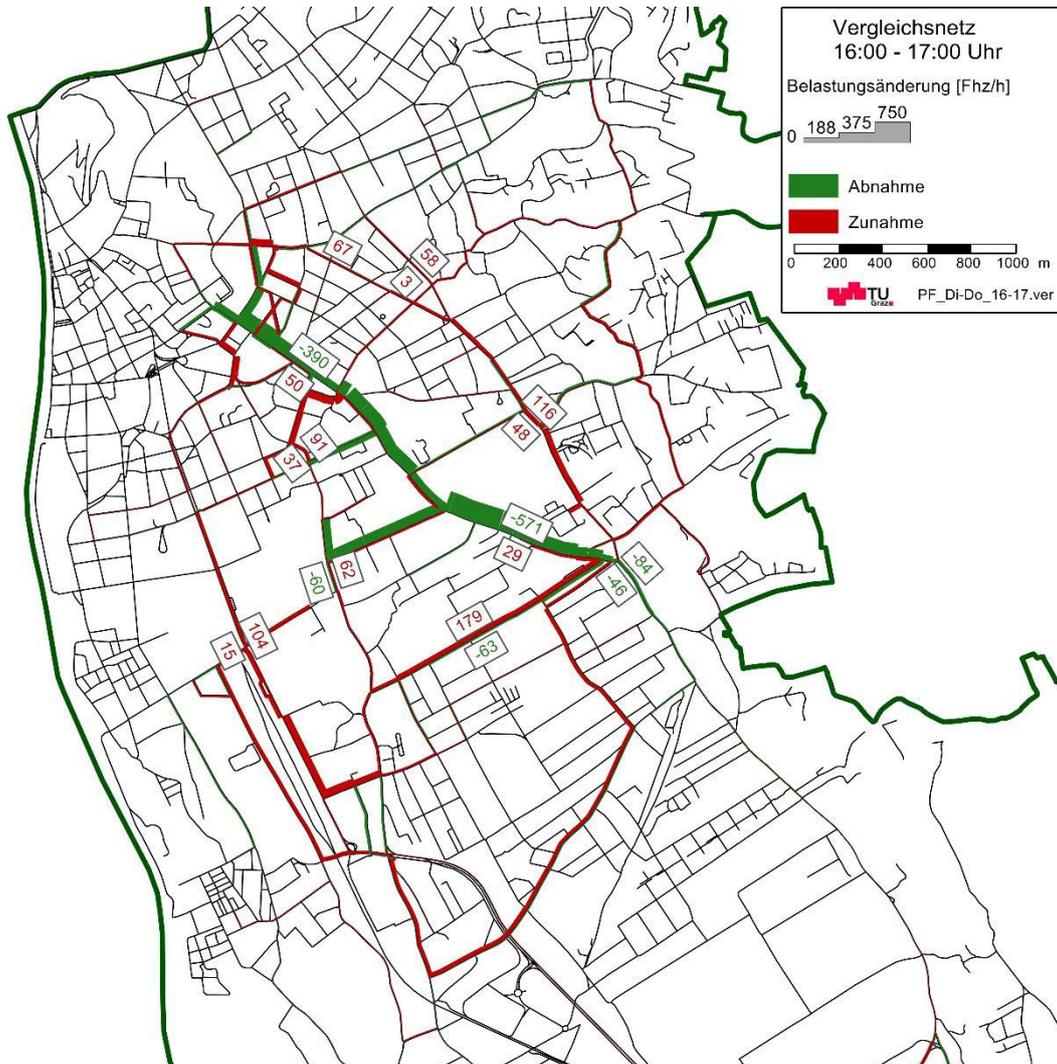


Abbildung 58: Differenzdarstellung – Vergleichsnetz zwischen Planfall und Nullfall - Abendspitze (16:00 – 17:00)

5.3 Netzbetrachtung mit Modal Split Änderung

Die im vorigen Abschnitt vorgestellte Betrachtungsweise der Verkehrsverlagerungen beinhaltet aufgrund des monomodalen Verkehrsmodells keine Änderungen des Modal Split. Die Nachfragematrix bleibt im Vergleich zum Nullfall (ohne Rad-Highway) unverändert und es stellt sich lediglich eine Änderung der Routenwahl ein. Dieser betrachtete Fall stellt das „Worst-Case-Szenario“ dar.

Realistischer ist die Annahme, dass sich infolge der Infrastrukturänderungen, die Anzahl der zurückgelegten Kfz Fahrten reduzieren wird. Im Gegenzug besteht der Anreiz ein Verkehrssystem des Umweltverbundes zu wählen. Unter dem Begriff Umweltverbund bezeichnet man in der Verkehrsplanung die Gruppe der umweltverträglichen Verkehrsmittel. Teile davon sind die nicht motorisierten Verkehrsträger (Fußgänger, Radfahrer), der öffentliche Verkehr (Bus, Bim, Bahn, Taxi) aber auch Car-Sharing und Mitfahrzentralen. Durch die neue Verkehrsmittelwahl wäre eine Modal Split Änderung zugunsten des Radverkehrs und/oder zugunsten des Öffentlichen Verkehrs denkbar.

Im für den Rad-Highway erstellten Verkehrsmodell ist eine automatisierte Simulation einer Modal-Split Änderung nicht möglich. Die Gründe dafür sind zum einen, dass wie bereits erwähnt an einem monomodalen Verkehrsmodell gearbeitet wird. Die Möglichkeit ein anderes Verkehrsmittel außer dem Pkw zu wählen ist somit nicht mehr gegeben. Ein weiterer Grund ist, dass im Teilnetz bereits eine fertige Nachfragematrix zur Verfügung steht. Die Verfahrensschritte der Verkehrserzeugung sowie Verkehrsmittelwahl gibt es in diesem Modell nicht. Es ist nur möglich die vorhandene Nachfragematrix auf das Netz umzulegen. Prognosen für zukünftiges Verkehrsverhalten sind also nicht ohne weiteres durchführbar.

5.3.1 Annahmen zur Modal Split Änderung

Um in der Simulation den Umstieg vom Kfz auf das Fahrrad abbilden zu können, musste die bestehende Nachfragematrix manuell verändert werden. Um eine Abnahme der Pkw Fahrten möglichst realitätsnahe darzustellen, wurde versucht die Fahrtbeziehungen zwischen den einzelnen Bezirken unterschiedlich zu bewerten. Dabei wurden folgende Bewertungskriterien herangezogen: die räumliche Lage und Entfernung zur Radschnellverbindung Petersgasse/Mandellstraße, vorhandene Radwege und deren mögliche Anbindung an den Radhighway. Anhand dieser Kriterien wurden die einzelnen Fahrtbeziehungen mehr oder weniger stark abgemindert. Für eine klare räumliche Aufteilung wurde das Teilgebiet grob in vier Untergebiete (Zonen) aufgeteilt. Für eine spätere Anpassung der Anzahl an Fahrten werden die Fahrtbeziehungen zwischen den einzelnen Zonen betrachtet. Jeder Verkehrsbezirk ist einer Zone zugeordnet. Die genaue Grenze zwischen den vier Gebieten variiert zwischen den einzelnen Szenarien.

Insgesamt wurden zwei unterschiedliche Szenarien erarbeitet und die daraus gewonnenen Kennwerte ausgearbeitet. Im folgenden Abschnitt werden die Unterschiede zwischen den Szenarien beschrieben.

Szenario 1:

Im ersten untersuchten Szenario wurde das Teilnetz in die beschriebenen vier Zonen unterteilt. Die erste Zone bildet dabei den Kernbereich des Rad-Highways. Diese Zone beinhaltet alle Bezirke, welche direkt am Rad-Highway liegen. Die zweite Zone repräsentiert jene Bezirke, die noch stark von der neuen Infrastruktur beeinflusst sind, jedoch nicht direkt an diese angrenzen. Dies betrifft in etwa die Innenstadt von Graz sowie den Bereich der Rechbauerstraße oder der Schillerstraße. Die restlichen Bezirke im Teilnetz werden als Zone 3 definiert. Der Rad-Highway wird in nur wenigen dieser Bezirke einen wesentlichen Einfluss auf das dortige Verkehrsverhalten haben. Da der Rad-Highway aber auch Verbindungen zu anderer Rad- Infrastruktur haben wird, kann der zusätzlich gewonnen Nutzen bis zu einem gewissen Grad auf andere Stadtteile ausgeweitet werden. Als vierter Bereich wurden die Kordonbezirke definiert. Hierbei handelt es sich um jene Bezirke, welche die Schnittstellen zu allen Bereichen außerhalb des Teilnetzes darstellen. Abbildung 59 zeigt die Einteilung des Netzes in die vier Zonen farblich differenziert.

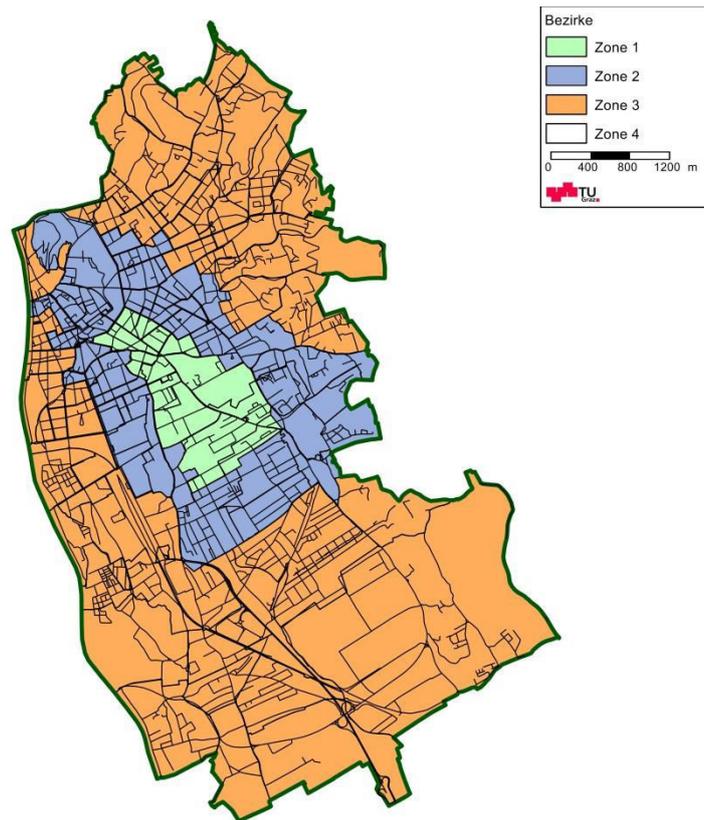


Abbildung 59: Gebietsaufteilung Szenario 1

Szenario 2:

Szenario 2 stellt eine Weiterentwicklung von Szenario 1 dar. Hierbei wurde der Kernbereich des Rad-Highways (Zone1) um den Bereich entlang der Glacisstraße erweitert. Motivation dazu war der dort bereits sehr gut ausgebaute Radweg, welcher direkt an den zukünftigen Rad-Highway anschließen soll. In weiterer Folge ist dadurch auch eine Verbindung zur neu ausgebauten Radverbindung in der Wickenburggasse gegeben. Es würde somit eine sehr gute Radverbindung von St. Peter entlang der ganzen Glacisstraße und dadurch weiter Richtung Norden geben. Durch die Erweiterung über den Glacis und die damit verbundene gute Anbindung an die Karl-Franzens-Universität wurde diese ebenfalls in Zone 2 mitaufgenommen. Durch die vermehrte Vernetzung zwischen Karl-Franzens-Universität und der Technischen Universität wurde, aufgrund der hohen Anzahl an Studenten sowie Studentenwohnheimen, zusätzliches Potenzial an Radfahrern erkannt. Abbildung 60 zeigt die erweiterte Einteilung für das zweite Szenario.

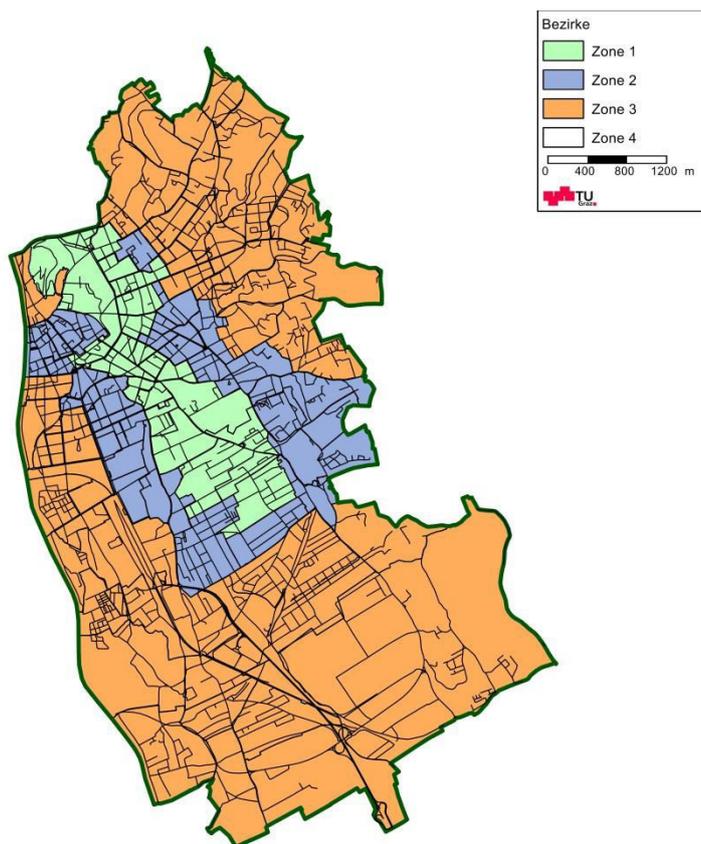


Abbildung 60: Gebietsaufteilung Szenario 2

Die Aufteilung der Verkehrsbezirke in vier Zonen war ein notwendiger Schritt, um gezielte Matrixänderungen vornehmen zu können. Der Unterschied zwischen der ursprünglichen Planungsvariante sowie den neu zu untersuchenden Szenarien liegt rein in der Nachfragematrix. Das Straßennetz wurde nicht verändert. Die Fahrten zwischen den Bezirken in der einen Zone und den Bezirken in einer anderen Zone oder innerhalb der Zone werden mit einem zuvor definierten Faktor multipliziert und dadurch abgemindert. Die Gewichtung dieser Abminderung ist vom Naheverhältnis der Zone zum Rad-Highway abhängig. Aus dieser Lage lässt sich abschätzen, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Umstieg vom Pkw auf das Rad stattfindet. Je nachdem wie wahrscheinlich ein Umstieg ist, wird diese Fahrt mehr oder weniger stark abgemindert.

Für die beiden Szenarien, die durch eine unterschiedliche Zoneneinteilung definiert wurden, wird eine zusätzliche erweiterte Differenzierung eingeführt. Jedes dieser Szenarien soll mit einem optimistischen und einem pessimistischen Ansatz betrachtet werden. Anhand dieser Methodik könnten ebenfalls Rückschlüsse auf Verlagerungen untersucht werden, die auf Grund unterschiedlicher Jahreszeiten und Wetterbedingungen entstehen. Im Sommer ist es wahrscheinlicher, dass mehrere Fahrten mit dem Rad zurückgelegt werden. Im Winter oder bei Schlechtwetter sinkt die Wahrscheinlichkeit das Verkehrsmittel Rad zu wählen.

In den Ansätzen für die Abminderung der Nachfrage wird von einer deutlichen Abnahme der Pkw-Fahrten in der ersten Zone ausgegangen. Es wird hier die Annahme verfolgt, dass durch den starken Einfluss der Radschnellverbindung sowie des neu etablierten Einbahnsystems viele Personen das Verkehrsmittel wechseln werden. Fahrten von denen die Bezirke in Zone 2 betroffen sind, werden nicht mehr so stark abgemindert und Fahrten, bei denen Quelle oder Ziel in der dritten Zone liegen, werden nur noch leicht verändert. Die tatsächliche Abminderung hängt allerdings immer von der

Kombination der beiden an der Fahrt beteiligten Zonen ab. Fahrtbeziehungen von oder in die Zone 4 werden jedoch in keinem Fall abgemindert, da Teile dieser Fahrtbeziehungen immer Kordonbezirke sind. Aus diesem Umstand ist keinerlei Auskunft über die Fahrtlängen möglich, da die Kordonbezirke keine richtigen Quellen oder Ziele der Fahrten darstellen. In Abbildung 61 werden die beiden Ansätze zur Abminderung in Matrixform dargestellt. In dieser Matrix werden ähnlich einer Nachfragematrix die Beziehungen zwischen Quelle und Ziel dargestellt. In diesem speziellen Fall wird der prozentuale Abminderungsfaktor, mit dem die Fahrten in der Nachfragematrix multipliziert werden, dargestellt.

optimistischer Ansatz					pessimistischer Ansatz				
Zone	1	2	3	4	Zone	1	2	3	4
1	50%	20%	10%	0%	1	30%	10%	5%	0%
2	20%	10%	5%	0%	2	10%	5%	2%	0%
3	10%	5%	0%	0%	3	5%	2%	0%	0%
4	0%	0%	0%	0%	4	0%	0%	0%	0%

Abbildung 61: Abminderungsfaktoren in Matrixdarstellung (optimistisch und pessimistisch)

Die erste zu ermittelnde Kenngröße stellt dabei die Anzahl der veränderten Fahrten dar. Diese Abnahme lässt sich als Differenz der ursprünglichen Nachfragematrix mit der abgeminderten darstellen und gibt Auskunft über die mögliche Änderung im Modal Split. Zusätzlich soll als verkehrlicher Kennwert, die im Netz erbrachte Verkehrsleistung dargestellt werden. Diese soll durch Fahrzeugkilometer welche von einer Zone in eine andere Zone erbracht werden ausgedrückt werden. Die Verkehrsleistung [FzgKm] bildet sich aus dem Produkt der Anzahl an Fahrzeugen und dem im Netz zurückgelegten Weg. Da in unserem Modell eine Fahrt genau einem Fahrzeug entspricht, ist die Größe „Anzahl der Fahrzeuge“ in unserem Modell über die Nachfragematrix gegeben. Die Wegelängen der einzelnen Fahrten sind zunächst unbekannt. Die Software PTV Visum bietet über das Verfahren „IV-Kenngrößenmatrix“ die Möglichkeit unbekannte Kenngrößen zu berechnen und diese in einer Kenngrößenmatrix zu speichern. Die für die Wegelänge notwendige IV- Kenngröße ist in Visum unter der Bezeichnung Fahrtweite zu finden.

Nachdem die Kennwerte berechnet und abgespeichert wurden, stehen beide Größen, die zur Berechnung der Verkehrsleistung benötigt werden, zur Verfügung. Über eine neu erstellte Kennwertematrix vom Typ Formelmatrix können diese beiden multipliziert werden. Mittels der hier enthaltenen Formel wird die IV-Nachfragematrix, welche die Anzahl der Fahrzeuge enthält, mit der Kennwertematrix Fahrtweite [m] multipliziert.

Prozess der Fahrtabminderung:

Um die Zugehörigkeit eines Bezirkes zu einer bestimmten Zone im Modell darstellen zu können wurde ein benutzerdefiniertes Attribut für die Gruppe Bezirke erstellt. Das neue Attribut erhielt den Namen „Zone“ und wurde mit den Zahlen 1-4 in den jeweiligen Bezirken befüllt. Über die jeweilige manuell eingetragene Zahl erfolgte für jeden Bezirk die Zuweisung zur jeweiligen Zone.

Die abzumindernde Nachfragematrix beinhaltet 29929 einzelne Fahrtbeziehungen zwischen den Bezirken, welche einzeln überprüft werden müssen. Aufgrund dieser hohen Anzahl ist es notwendig die Abminderung sowie die Auswertung der Kennwerte zu automatisieren. Um eine übersichtliche Darstellung zu erhalten, wurden in Visum die Matrixeinträge in Listenform dargestellt. Diese Liste (Abbildung 62) enthält neben den Fahrten (Zeilen) auch noch sechs Spalten mit detaillierten Informationen zu der Fahrtbeziehung. In den Spalten wird für die jeweilige Fahrtbeziehung angegeben, von welchem Bezirk in welchen Bezirk die Fahrt stattfindet. Außerdem ist jetzt über das zuvor erzeugte Attribut Zone auch ersichtlich, zwischen welchen Zonen sich diese Fahrt bewegt. Zu den

Fahrtbeziehungen wird die Anzahl der Fahrten dargestellt, was dem Wert der Nachfragematrix entspricht. In der letzten Spalte wird die durch die jeweilige Beziehung erzeugte Verkehrsleistung dargestellt.

Anzahl: 29929	VonBezirk\Zone	VonBezNr	NachBezirk\Zone	NachBezNr	MatWert(2008 Gesamt_07-08_Fuzzy)	MatWert(2010 FzgKM)
1	4	1237	4	1237	0.01000	0.00500
2	4	1237	3	1266	0.00000	0.00000
3	4	1237	3	1271	0.00000	0.00000
4	4	1237	3	1277	0.00000	0.00000
5	4	1237	3	1302	0.00000	0.00000
6	4	1237	3	1303	0.00000	0.00000
7	4	1237	4	1304	0.00000	0.00000
8	4	1237	4	1307	0.00000	0.00000
9	4	1237	4	1308	0.00000	0.00000
10	4	1237	3	1309	0.00000	0.00000

Abbildung 62: Auszug der Bezirksbeziehungen in Listenform

Die Anzahl der Pkw-Fahrten von einer Zone zu einer anderen bzw. die Anzahl der Fahrten innerhalb der gleichen Zone sollen abgemindert werden. Es müssen also sämtliche Fahrten aus der Liste nach dem Kriterium „von Zone“ und „nach Zone“ gefiltert werden, um konkrete Abminderungen vorzunehmen. Zu jedem Filter, der hier gesetzt wird, können die Einträge mit dem passenden Wert aus der Abminderungsmatrix abgemindert werden.

Um diese Liste nach den Kriterien zu filtern und anschließend dementsprechend zu verändern, wurde diese aus Visum exportiert und in eine MS Excel Datei eingefügt. Die Abfragen nach den Beziehungen zwischen den Zonen erfolgen in MS Excel durch eine Verschachtelung von mehreren WENN, UND und ODER Funktionen. Es werden nach und nach die Bedingungen für eine Abminderung überprüft. Zuerst wird die Zahl in der Spalte „VonBezirk\Zone“ und „NachBezirk\Zone“ geprüft (Abbildung 62). Stimmen diese Einträge mit jenen der WENN-Abfrage überein, ist also die WENN-Bedingung erfüllt, wird für diese Beziehung der Wert in der Nachfragematrix abgemindert. Ist diese Bedingung nicht erfüllt, erfolgt keine Änderung in der Matrix und es wird die nächste Bedingung geprüft. Insgesamt gibt es acht verschiedene Bedingungen, für die eine Abminderung der Nachfragematrix stattfinden kann. Da für einige Abfragen dieselbe prozentuale Änderung stattfindet, werden diese innerhalb der WENN-Funktionen mit einer ODER-Funktion eingefügt. Abbildung 63 zeigt ein Flussdiagramm welches den eben erklärten Ablauf der Abminderung grafisch darstellt.

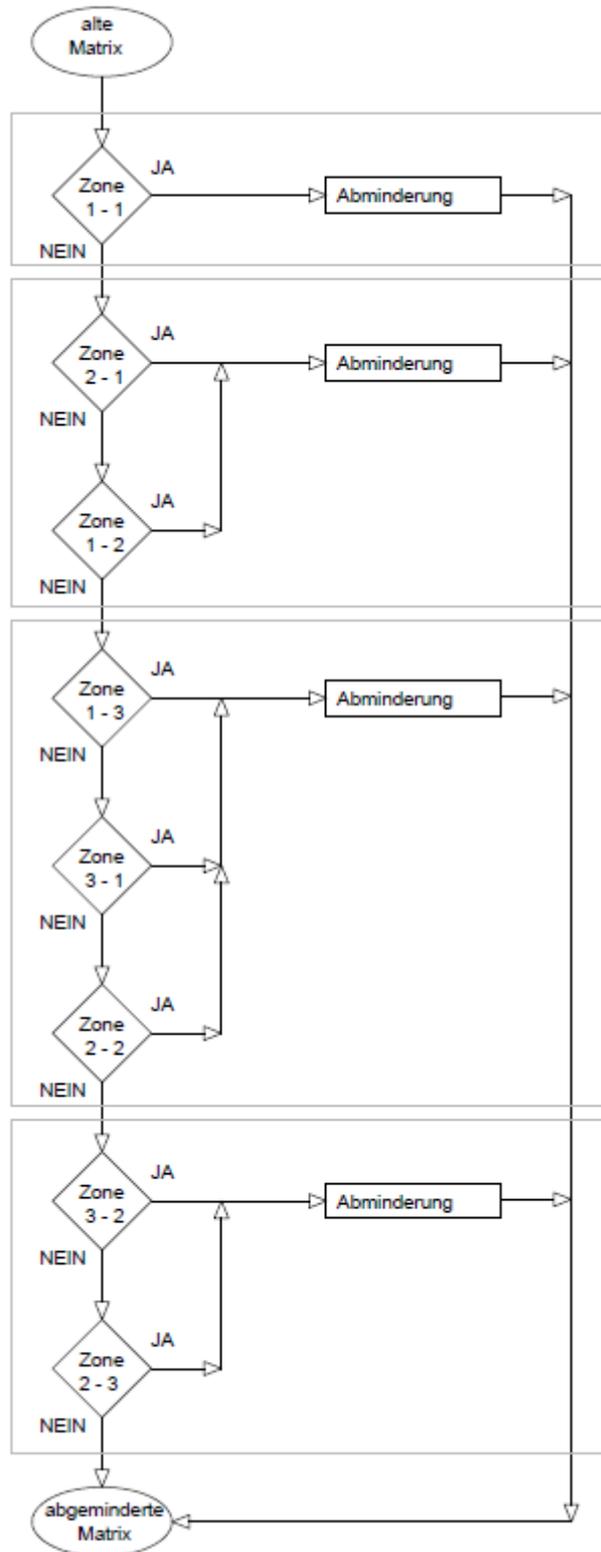


Abbildung 63: Flussdiagramm Abminderung IV-Nachfragematrix

Rechenbeispiel zur Matrixabminderung:

Zum besseren Verständnis wird das Prinzip der Fahrtenabminderung an einem fiktiven Rechenbeispiel veranschaulicht. Es wird eine Tabelle gezeigt, in der die Anzahl der Fahrten von einer Zone zu einer anderen Zone eingetragen sind. Aus der Beziehung zwischen diesen beiden Zonen ergibt sich dann aus der Matrix in Abbildung 61 ein Abminderungsfaktor. Aus der alten Fahrtenanzahl multipliziert mit dem

Abminderungsfaktor ergibt sich somit der neue Matrix Wert. Die Differenz zwischen altem und neuen Wert kann als Änderung im Modal Split betrachtet werden. Für das folgende Beispiel wird nur der optimistische Ansatz gezeigt.

Tabelle 28: Rechenbeispiel Matrixabminderung

von Zone	nach Zone	ursprüngliche Anzahl der Fahrten	Abminderung optimistisch [%]	Multiplikations-Faktor	neue Anzahl der Fahrten
1	1	60	50	0,5	30
1	3	100	10	0,9	90
3	2	160	5	0,95	152
2	4	70	0	1	70

Die neu berechneten abgeminderten Nachfragedaten konnten anschließend wieder in das Modell eingelesen werden. Die neue Matrix wurde auf das Netz umgelegt, um erneut die Kennwerte zur Bestimmung der Fahrtweite zu berechnen. Anhand der sich ändernden Nachfrage ändert sich auch die Fahrtweite, diese bewirkt wiederum eine Änderung in der Verkehrsleistung.

Aus einem Vergleich der alten Verkehrsnachfrage und der neuen Nachfragematrix kann auf die Modal Split Änderung geschlossen werden. Hierzu wurde die neue Anzahl an Fahrten ausgewertet. Dadurch kann gezeigt werden wie viele Fahrten, im Gegensatz zu der ursprünglichen Nachfrage, weniger absolviert werden. Als zweites wurde die neu berechnete Verkehrsleistung mit jener aus dem ursprünglichen Netz verglichen. Auch dieser Kennwert unterscheidet sich durch eine Zu- oder Abnahme von jenem der ursprünglichen Matrix.

5.3.2 Kennwerte bei Modal Split Änderung

In den folgenden Diagrammen werden die Ergebnisse der Kennwertauswertungen dargestellt. In der Auswertung wird als erstes der Vergleich zwischen Planfall und Nullfall dargestellt. In weiterer Folge werden auch die eben erläuterten Kennwerte für die beiden untersuchten Szenarien inklusive Modal Split Änderung dargestellt.

Anzahl der Fahrten Morgenspitze:

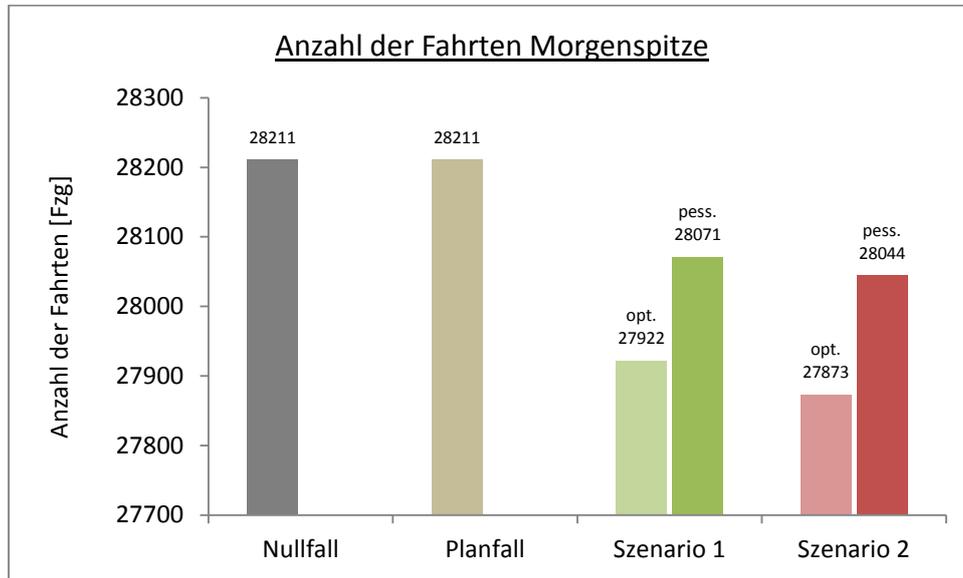


Abbildung 64: Auswertung Gesamtanzahl an Fahrten im Teilnetz (Morgenspitze)

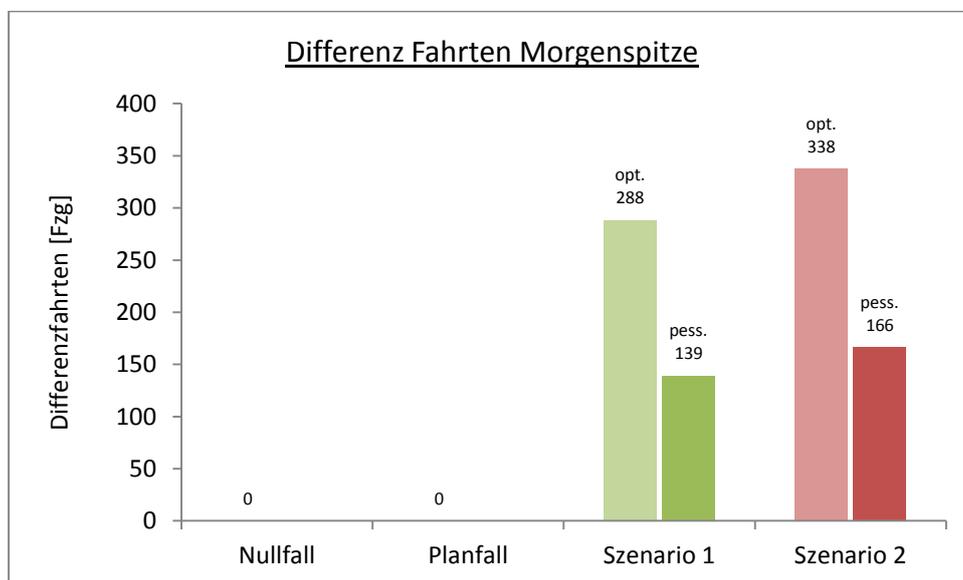


Abbildung 65: Auswertung Differenzfahrten Nullfall und untersuchte Varianten (Morgenspitze)

Die Anzahl der Fahrten zwischen Nullfall und Planfall ändert sich nicht, da sich hier lediglich die Routenwahl und nicht die Nachfrage ändert. Betrachtet man die beiden untersuchten Szenarien in der Morgenspitze, kann eine Verringerung der Fahrten zwischen ca. 150 und 350 Fahrten abhängig vom betrachteten Szenario festgestellt werden. Aufgrund dieser Abnahme der Belastung im Netz würden sämtliche Verlagerungseffekte geringer ausfallen und könnten in den optimistischen Szenarien, mit Ausnahme des Durchgangsverkehrs, nahezu kompensiert werden.

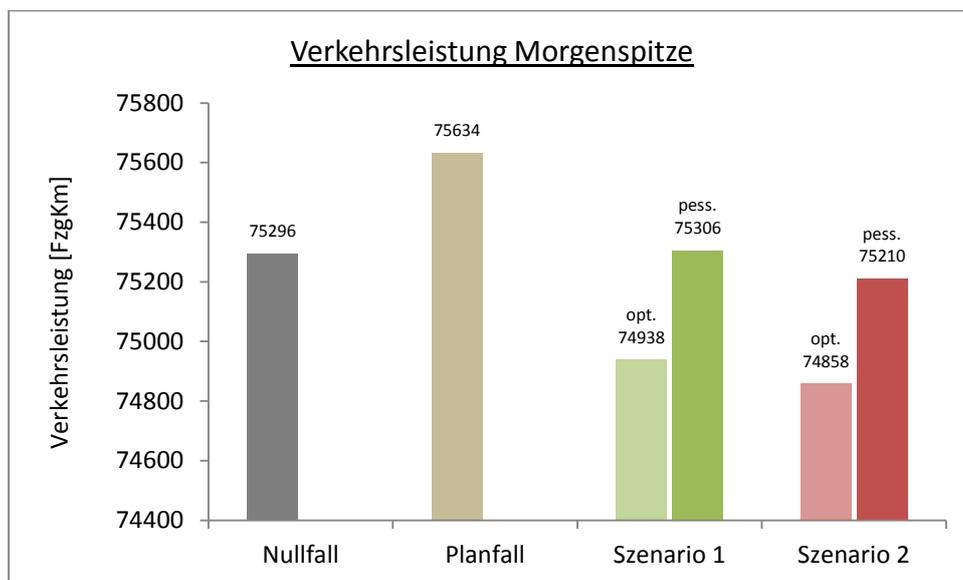
Verkehrsleistung Morgenspitze:

Abbildung 66: Auswertung Verkehrsleistung an Fahrten im Teilnetz (Morgenspitze)

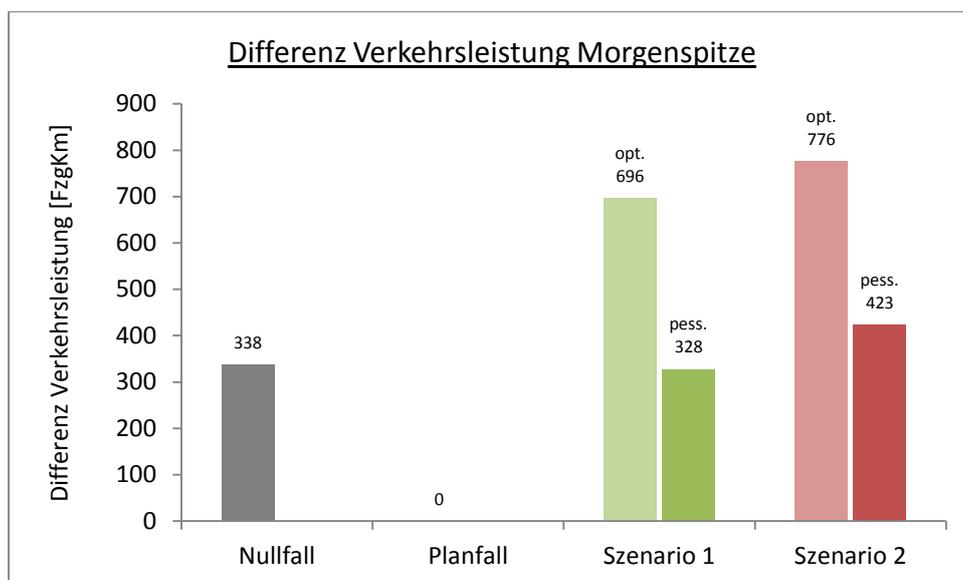


Abbildung 67: Auswertung Differenzverkehrsleistung Nullfall und untersuchte Varianten (Morgenspitze)

An der Verkehrsleistung im Teilnetz lässt sich erkennen, dass diese zunächst im Planfall ansteigt. Dies lässt sich aufgrund der neuen Routenwahl erklären, was auch dazu führt, dass Umwege und die damit verbundenen längeren Wege benutzt werden.

Wird die Abnahme der Fahrten für beide Szenarien betrachtet, zeigt sich, dass die Verkehrsleistung im Vergleich zum Nullfall im Netz sinken wird. Lediglich in der pessimistischen Variante von Szenario 1 wird eine nahezu gleiche Verkehrsleistung wie in der Ausgangssituation (Nullfall) erreicht. Es würde also bereits bei einer geringen Anzahl an Umsteigern auf das Fahrrad eine gleiche Verkehrsleistung wie im ursprünglichen Zustand erreicht werden.

Anzahl der Fahrten Abendspitze:

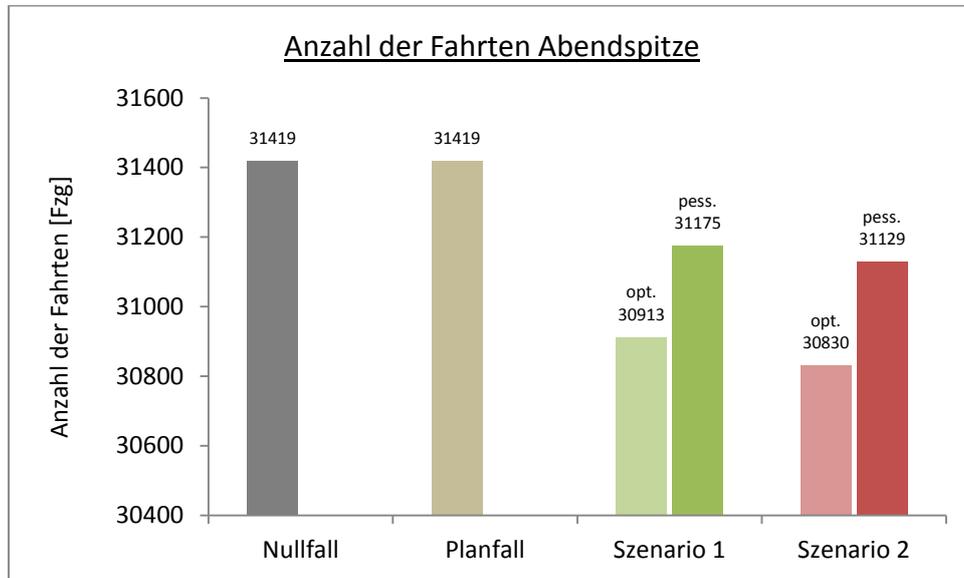


Abbildung 68: Auswertung Gesamtanzahl an Fahrten im Teilnetz (Abendspitze)

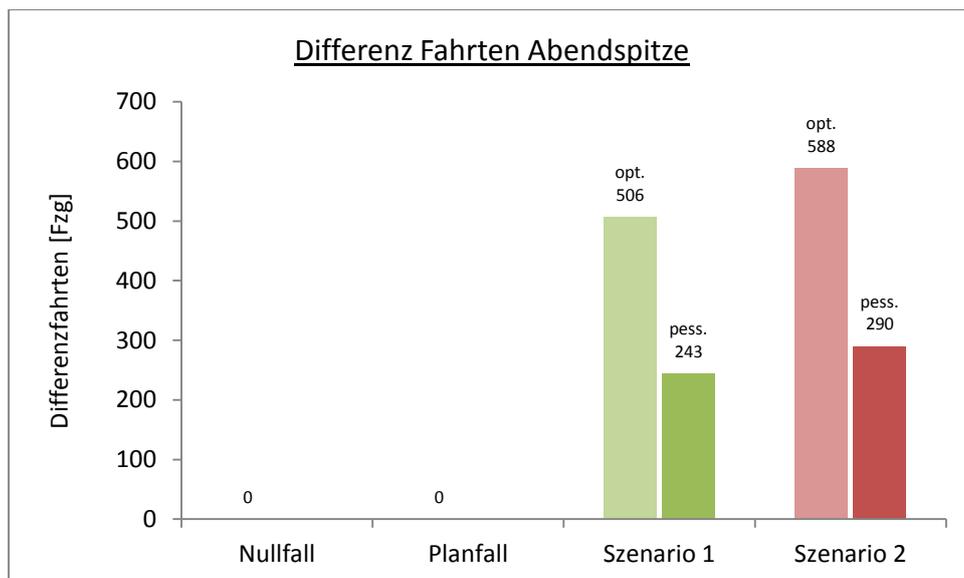


Abbildung 69: Auswertung Differenzfahrten Nullfall und untersuchte Varianten (Abendspitze)

In der Abendspitze weist das Modell generell höhere Verkehrsstärken auf, was wiederum zu einer stärkeren Abnahme der Fahrten führt. Der prozentuelle Anteil der Abnahme bewegt sich jedoch in derselben Größenordnung. Da aber in der Abendspitze mit weniger Verlagerungsverkehr zu rechnen ist, jedoch eine höhere Anzahl an Umsteigern zu erwarten ist, kann davon ausgegangen werden, dass die Verlagerungseffekte geringer ausfallen als in der Morgenspitze.

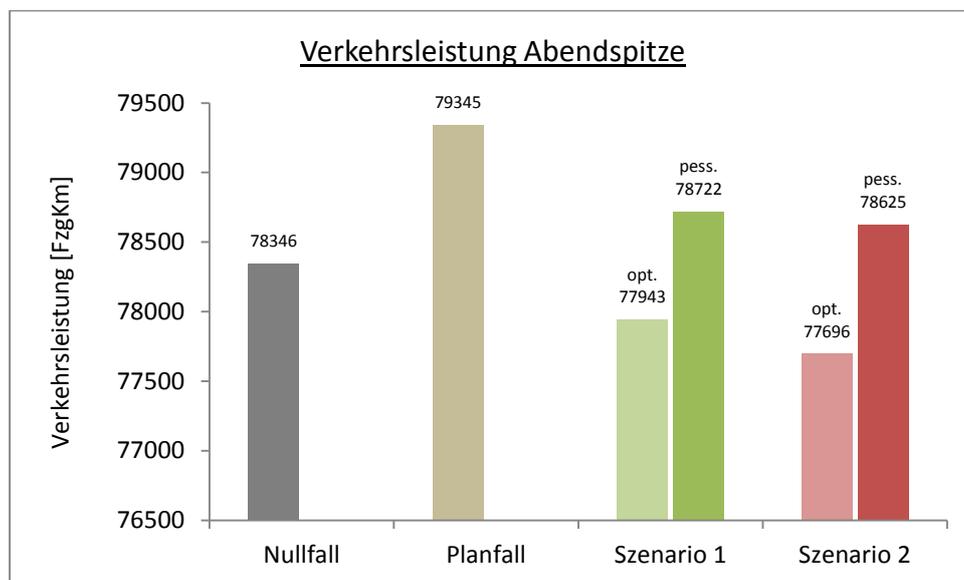
Verkehrsleistung Abendspitze:

Abbildung 70: Auswertung Verkehrsleistung an Fahrten im Teilnetz (Abendspitze)

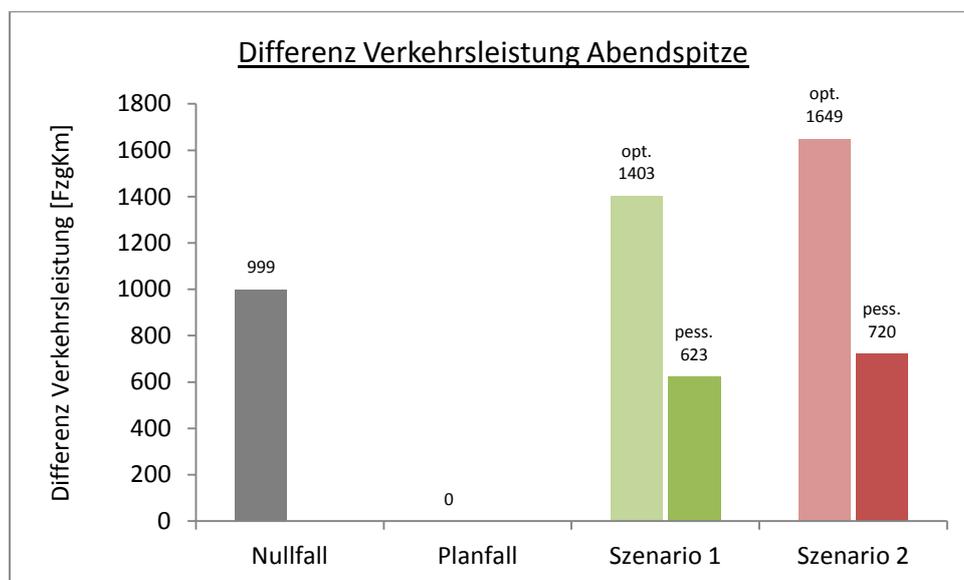


Abbildung 71: Auswertung Differenzverkehrsleistung Nullfall und untersuchte Varianten (Abendspitze)

Für die Verkehrsleistung der Abendspitze ergibt sich eine ähnliche Situation wie in der Morgenspitze. Mit den pessimistischen Ansätzen der beiden Szenarien kann zwar eine deutliche Verbesserung gegenüber dem Planfall erzielt werden, allerdings kann nicht jener Wert der Ausgangssituation erreicht werden. Mit den optimistischen Ansätzen ist wiederum eine deutliche Verbesserung für den Kennwert Verkehrsleistung festzustellen.

5.3.3 Verteilung des Radfahreranteils

Anhand der Abschätzung möglicher Modal Split Änderungen konnte zunächst nur die Differenz der Fahrtenanzahl abgeschätzt werden. Zusätzlich ist ersichtlich, auf welchen Routen diese Fahrten stattgefunden haben. Über Differenznetzdarstellungen lässt sich nachvollziehen, auf welchen Strecken es zu einer Abnahme bzw. Zunahme des Verkehrs kommen wird. Nicht möglich ist die Darstellung jener Fahrten, die nicht mehr mit dem Kfz absolviert werden. Hierbei handelt es sich um die Fahrten, die sich durch die Modal Split Änderung verringert haben. Die Anzahl dieser Fahrten wird aus der ursprünglichen Nachfragematrix und der neu erstellten Matrix, inklusive Modal Split Abschätzung, gebildet. Die Differenz dieser beiden Matrizen ist die Anzahl an potenziellen Radfahrern, die sich durch eine Modal Split Änderung ergeben würden.

Ziel ist es festzustellen, wie viele dieser mit dem Rad absolvierten Fahrten sich in Zukunft tatsächlich auf den Rad-Highway verlagern würden. Das für eine reine Pkw Umlegung aufgebaute Teilnetz wurde so angepasst, dass die wichtigsten Radverbindungen von Graz darin enthalten sind. Hierzu wurden sämtliche Hauptrouten des Radverkehrs, die für das Untersuchungsgebiet relevant sind, eingefügt (Abbildung 72). Da in einem Verkehrsmodell ein subjektives Empfinden der Verkehrsteilnehmer nicht als Kriterium für die Routenwahl zur Verfügung steht, musste versucht werden, dieses durch mathematisch berechenbare Größen auszudrücken. Eine Möglichkeit, um die unterschiedliche Attraktivität von Strecken darzustellen, ist das Herabsetzen der zulässigen Geschwindigkeit. Eine solche Änderung hat direkten Einfluss auf die Reisezeit und beeinflusst daher die Routenwahl.

Im Untersuchungsgebiet wurde die Geschwindigkeit auf allen Strecken für Radfahrer auf 5 km/h beschränkt. Auf den Hauptrouten des Radverkehrs wurde eine zulässige Geschwindigkeit von 20 km/h gewählt. Um die zusätzliche Attraktivität des Rad-Highways darzustellen, wird die Höchstgeschwindigkeit bei diesem auf 25 km/h angehoben. Somit ist es möglich, über die Attraktivität der unterschiedlichen Routen, die Routenwahl der Radfahrer zu simulieren. Im Falle des Rad-Highways ist aufgrund der höheren Geschwindigkeit die Wahrscheinlichkeit größer, dass dieser von den Radfahrern genutzt wird.

Die in Abbildung 72 dargestellten Belastungen zeigen das Umlegungsergebnis der potenziellen Radfahrer für das Szenario 2. Die Fahrten in diesem Szenario repräsentieren den Zustand in der Abendspitze, welche mit dem optimistischen Ansatz abgemindert wurde. In Teilen des Rad-Highways werden, abhängig vom Szenario, zusätzlich bis zu 200 Fahrten an bestimmten Querschnitten erwartet. Generell ist in allen Szenarien zu erkennen, dass sich im südlichen Teil mehr Verlagerung auf den Rad-Highway einstellt.

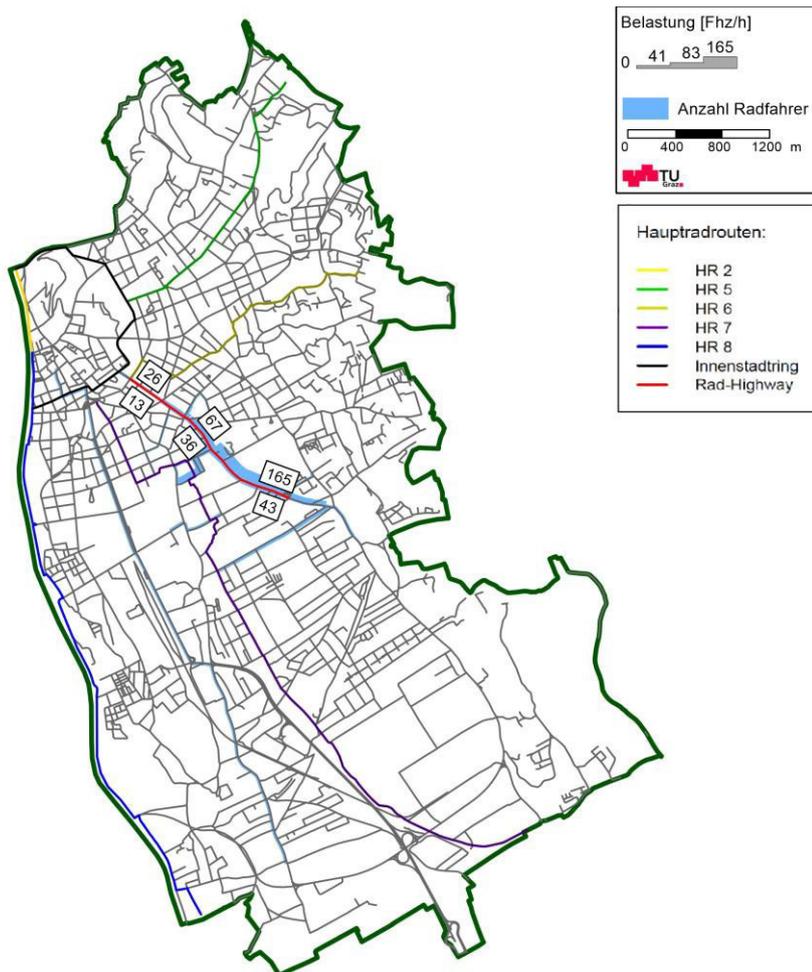


Abbildung 72: Umlegungsergebnis Radfahrer (Szenario 2 – Abendspitze – optimistisch)

6 Wirkungen des Rad-Highway auf andere Verkehrsteilnehmer

Basierend auf den sich ergebenden Verlagerungsbildern für das Untersuchungsgebiet konnten diverse Wirkungen auf die unterschiedlichsten Bereiche im umliegenden Straßennetz festgestellt werden. Negative Auswirkungen auf das Verkehrsnetz werden hier im Detail betrachtet. Je nach Möglichkeit werden zu den einzelnen Problemen auch Lösungsansätze erarbeitet. Als maßgebender Lastfall für die detaillierte Betrachtung der Wirkungen wurde der Standardplanfall ohne Modal Split Änderung gewählt. Somit ist es möglich einzelne Knotenpunkte auf jene Belastungen aus dem Worst-Case Szenario zu optimieren.

Grundsätzlich können die einzelnen Auswirkungen der Verlagerungen in folgende vier übergeordnete Kategorien aufgeteilt werden.

- Leistungsfähigkeit an den Knotenpunkten
- Beeinträchtigungen für den öffentlichen Verkehr
- Erreichbarkeit einzelner Objekte
- Parkstände

Die in diesem Kapitel dargestellten Lösungsansätze sind an den Schlussbericht „Radhighway Mandellstraße: Studie zur Verkehrlichen Machbarkeit“ angelehnt [Fellendorf *et al.*, 2017].

6.1 Leistungsfähigkeit an den Knotenpunkten

Durch die verkehrlichen Verdrängungseffekte von der Mandellstraße sowie der Petersgasse auf andere Strecken kommt es infolge der erhöhten Streckenbelastungen auch an den Knotenpunkten zu einer Zunahme der Belastung. Obwohl das Verkehrsaufkommen an mehreren Knoten steigen wird, ist die Belastungszunahme an vier Knotenpunkten (Brucknerstraße – Münzgrabenstraße, Dietrichsteinplatz, Schillerplatz und am Doppelknoten Fröhlichgasse/Moserhofgasse – Münzgrabenstraße) als kritisch einzustufen. Dies liegt zum einen an der hohen Zunahme, hauptsächlich jedoch daran, dass diese Knotenpunkte bereits ohne die zusätzlichen Verlagerungseffekte nahe an ihrer Leistungsfähigkeitsgrenze sind und somit keine weiteren Kapazitätsreserven aufweisen. An diesen Punkten werden die Auswirkungen der neuen Radschnellverbindung am deutlichsten erkennbar sein.

Um die Leistungsfähigkeit an den Knoten zu untersuchen, wurden Leistungsfähigkeitsnachweise durchgeführt. Diese wurden allerdings nur für jene Knotenpunkte erstellt, bei denen eine neue VLSA Steuerung erarbeitet wurde. Dies betrifft in weiterer Folge den Knotenpunkt Schillerplatz sowie die Kreuzung Münzgrabenstraße – Brucknerstraße. Programme für bereits bestehende Lichtsignalanlagen wurden nicht neu berechnet.

Als wichtigstes Maß zur Bewertung der Verkehrsqualität wurde als Qualitätskriterium die mittlere Wartezeit auf einem Fahrstreifen gewählt. Zweites Kriterium war, neben der Wartezeit, die Rückstaulänge. Diese ist speziell bei der Bemessung von Knotenpunkten von Bedeutung, gibt aber auch Aufschluss darüber ob es durch erhöhten Rückstau zu Problemen an benachbarten Knotenpunkten kommt bzw. andere Verkehrsströme beeinträchtigt werden könnten [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015].

Für die Beurteilung der Qualität stehen sechs Qualitätsstufen (A-F) zur Verfügung. Die einzelnen Verkehrsarten unterliegen dabei unterschiedlichen Qualitätsanforderungen, wobei für die hier getätigten Untersuchungen nur der Kfz-Verkehr von Bedeutung ist. Ausschlaggebend für den

gesamten Knotenpunkt ist jener Strom, welcher die geringste Leistungsfähigkeit aufweist. Befinden sich an einem Knotenpunkt Ströme mit sehr geringem Verkehrsaufkommen, können diese in der Beurteilung vernachlässigt werden [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015].

Die Einteilung in die Qualitätsstufen erfolgte laut Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS 15) von der Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen. In Tabelle 29 werden die Qualitätsstufen wie im Handbuch dargestellt [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015]:

Tabelle 29: Qualitätsstufen zur Beurteilung des Verkehrsablaufs an Knotenpunkten (Quelle: [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015])

QSV A:	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer sehr kurz.
QSV B:	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer kurz. Alle während der Sperrzeit auf dem betrachteten Fahrstreifen ankommenden Kraftfahrzeuge können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren.
QSV C:	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer spürbar. Nahezu alle während der Sperrzeit auf dem betrachteten Fahrstreifen ankommenden Kraftfahrzeuge können in der nachfolgenden Freigabezeit weiterfahren. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit häufig ein Rückstau auf.
QSV D:	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer beträchtlich. Auf den betrachteten Verkehrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit häufig ein Rückstau auf.
QSV E:	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer lang. Auf dem betrachteten Fahrstreifen tritt im Kfz-Verkehr am Ende der Freigabezeit in den meisten Umläufen ein Rückstau auf.
QSV F:	Die Wartezeiten sind für die jeweils betroffenen Verkehrsteilnehmer sehr lang. Auf dem betrachteten Fahrstreifen wird die Kapazität im Kfz-Verkehr überschritten. Der Rückstau wächst stetig. Die Kraftfahrzeuge müssen bis zur Weiterfahrt mehrfach vorrücken.

Tabelle 30: Grenzwerte für die Qualitätsstufen der verschiedenen Verkehrsarten (Quelle: [Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015])

QSV	Kfz-Verkehr mittlere Wartezeit t_w [s]	ÖPNV auf Sonderfahrstreifen ¹⁾ mittlere Wartezeit t_w [s]	Fußgänger- und Radverkehr ²⁾ mittlere Wartezeit t_w [s]
A	≤ 20	≤ 5	≤ 30
B	≤ 35	≤ 15	≤ 40
C	≤ 50	≤ 25	≤ 55
D	≤ 70	≤ 40	≤ 70
E	≤ 70	≤ 60	≤ 85
F	- ³⁾	> 60	> 85

¹⁾ Die Werte gelten auch für den ÖPNV, der durch eine verkehrsabhängige Steuerung priorisiert wird.

²⁾ die Grenzwerte gelten für den Radverkehr auch, wenn er auf der Fahrbahn gemeinsam mit dem Kfz-Verkehr geführt wird.

³⁾ Die QSV F ist erreicht, wenn die nachgefragte Verkehrsstärke q über der Kapazität C liegt ($q > C$).

4) Die Grenze zwischen QSV E und F ergibt sich aus dem in den RiLSA (2015) vorgegebenen Richtwert für die maximale Umlaufzeit von 90 s und Mindestfreigabezeit von 5 s.

6.1.1 Knotenpunkt Brucknerstraße - Münzgrabenstraße

Negative Wirkungen:

Am Knotenpunkt Brucknerstraße – Münzgrabenstraße wird eine Erhöhung der Verkehrsbelastungen von der Brucknerstraße auf die Münzgrabenstraße prognostiziert. Betroffen sind sowohl die Rechts- als auch Linksabbieger der Brucknerstraße (Abbildung 73 und Abbildung 74). Diese zusätzliche Verkehrsbelastung resultiert aus den verlagerten Fahrten von der Petersgasse hin auf die Münzgrabenstraße. Auf der Münzgrabenstraße sind stadtauswärts die Veränderungen der Verkehrsstärken sehr gering und können dadurch vernachlässigt werden.

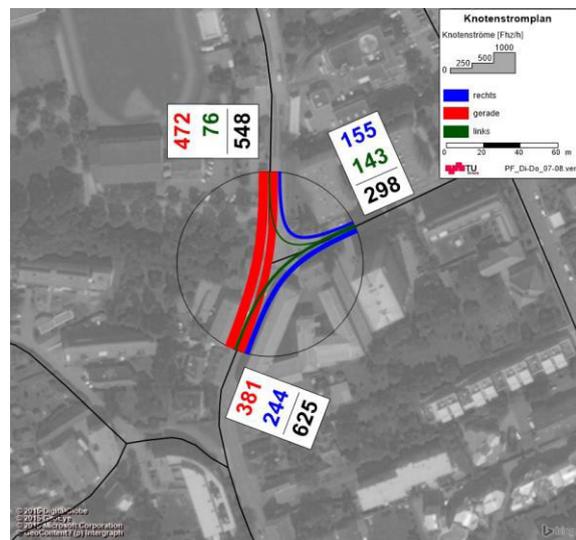
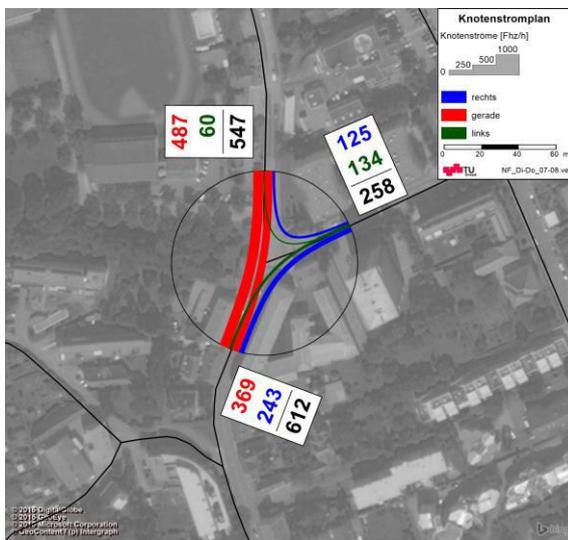


Abbildung 73: Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Brucknerstraße – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) – Morgenspitze

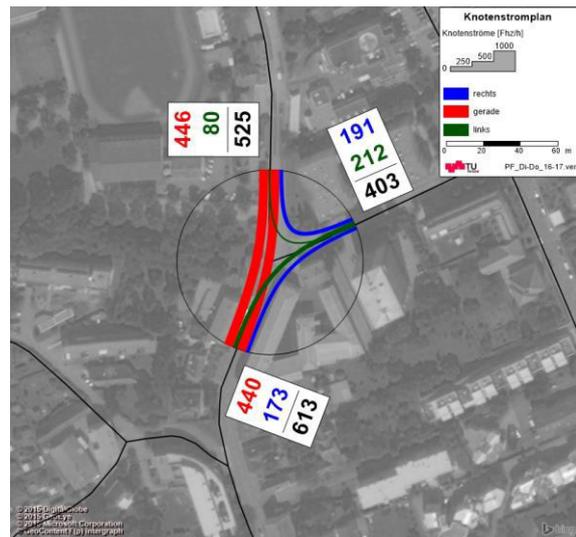
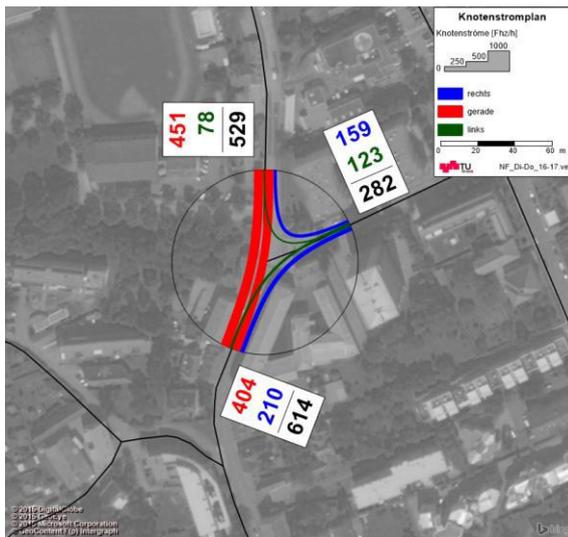


Abbildung 74: Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Brucknerstraße – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze

Aufgrund der zusätzlichen Belastungen kann die Situation eintreten, dass die Leistungsfähigkeit dieses Knotenpunktes nicht mehr gegeben ist. Folgen daraus wären enorme Rückstaulängen an der Zufahrt aus der Brucknerstraße sowie die damit verbundenen erheblichen Wartezeiterhöhungen. Um diesen Problemen entgegenzuwirken, wurde ein Umgestaltungsvorschlag für diesen Knotenpunkt entwickelt. An diesem Knotenpunkt ist jedoch zu beachten, dass sowohl die Belastungen im Nullfall als auch im Planfall aus dem Modell stammen und keine zugrundeliegenden Zählraten haben. Kleinere Abweichungen vom tatsächlichen Verkehrsaufkommen können daher nicht ausgeschlossen werden.

Umgestaltung des Knotenpunktes

Die derzeitige Regelung der Verkehrsflüsse wird zwischen 09:00 – 06:00 Uhr über Vorfahrtregelungen gesteuert. Zusätzlich ist eine DKA (Druckknopfanlage) für die Fußgänger vorhanden, um ein sicheres Queren der Münzgrabenstraße zu gewährleisten. Aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens in der Münzgrabenstraße zu den Morgenstunden würde es durch die Regelung über Vorrang dazu führen, dass das Einfahren in die Kreuzung aus der Brucknerstraße nahezu unmöglich ist. Aus diesem Grund wird zwischen 06:00 und 09:00 Uhr eine Festzeitsteuerung an der vorhandenen LSA am Knotenpunkt verwendet. Hierfür ist eine Umlaufzeit von 60 Sekunden vorgesehen. Davon entfallen je 32 Sekunden Grünzeit auf die Zuflüsse der Münzgrabenstraße (Norden und Süden) und 17 Sekunden Grünzeit für die Fußgänger. Während der Grünzeit für die Fußgänger kann auch der Zufluss aus der Brucknerstraße abfließen. Ein Abfluss ohne Regelung wäre hier zu den Morgenspitzen unmöglich.

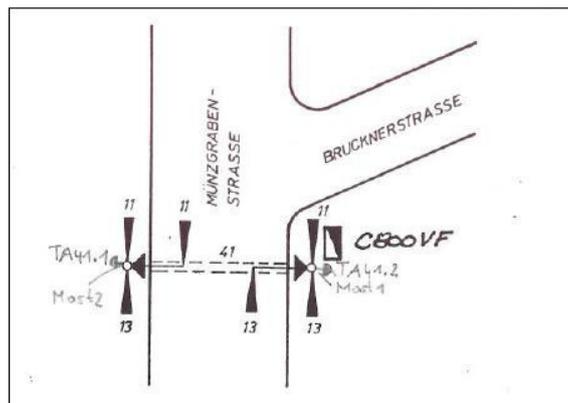


Abbildung 75: Signallageplan Kreuzung Münzgrabenstraße – Brucknerstraße im IST-Zustand [Quelle: Referat Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung Stadt Graz]

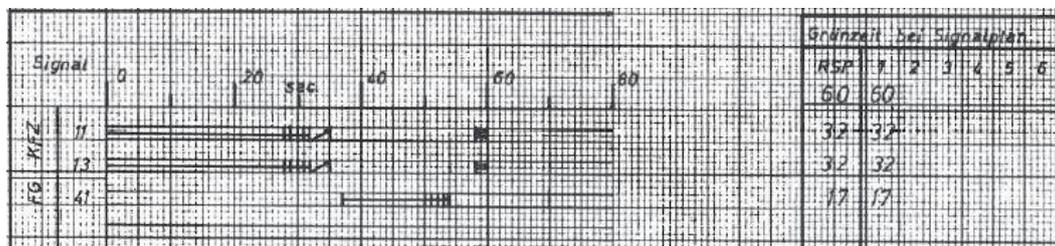


Abbildung 76: Signalzeitenplan Kreuzung Münzgrabenstraße – Brucknerstraße zwischen 06:00 – 09:00 Uhr [Quelle: Referat Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung Stadt Graz]

Eine mögliche Lösung könnte darin bestehen, den Knotenpunkt ganztägig mittels VLSA (Festzeitsteuerung) zu steuern. Um die Kreuzung ordnungsgemäß mit einer VLSA ausstatten zu können, ist es notwendig, dass ein separater Linksabbiegestreifen in der Münzgrabenstraße für die Linksabbieger in die Brucknerstraße erstellt wird. Um zu prüfen, ob für eine solche Anordnung die Platzverhältnisse gegeben sind, wurde ein Signallageplan des Knotenpunktes erstellt. In weiterer Folge

wurde ein Phasenfolgeplan für eine Festzeitsteuerung erstellt und die dazugehörige Zwischenzeitenmatrix ermittelt. Eine festzeitgesteuerte VLSA hat eine fix vorgegebene Phasenfolge, die sich nicht ändert und nicht auf das Verkehrsaufkommen reagiert. Da es an diesem Knotenpunkt, bis auf vereinzelte Regionalbuslinien, keine ÖV Nutzung gibt, entfällt auch die Notwendigkeit einer ÖV Priorisierung und der damit einhergehenden verkehrsabhängigen Steuerung.

Signallageplan:

Bei der Erstellung des Signallageplans wurde deutlich, dass die Installation einer VLSA inklusive zusätzlichen Fahrstreifen nicht ohne bauliche Veränderungen möglich ist. Von den notwendigen Änderungen betroffen ist der Zufluss aus nördlicher Richtung auf der Münzgrabenstraße. In diesem Bereich wäre ein seperater Abbiegestreifen für Linksabbieger zu errichten. Der daraus resultierende Vorteil ist, dass die Abbiegeströme getrennt freigegeben werden können. Da das Verkehrsaufkommen aus südlicher Richtung sehr hoch ist, würden gegebenenfalls sehr hohe Wartezeiten entstehen. Durch die wartenden Linksabbieger wäre damit die gesamte Richtungsfahrbahn blockiert. Ein geordneter Abfluss aus dieser Richtung wäre nicht mehr gegeben. Um den erforderlichen zusätzlichen Fahrstreifen zu errichten, reichen die derzeitig vorhandenen Platzverhältnisse nicht aus. Aus diesem Grund muss in diesem Bereich ein Teil des östlich angrenzenden Grundstückes verwendet werden. An den beiden anderen Zuflüssen sind keine baulichen Anpassungen notwendig (Abbildung 77).

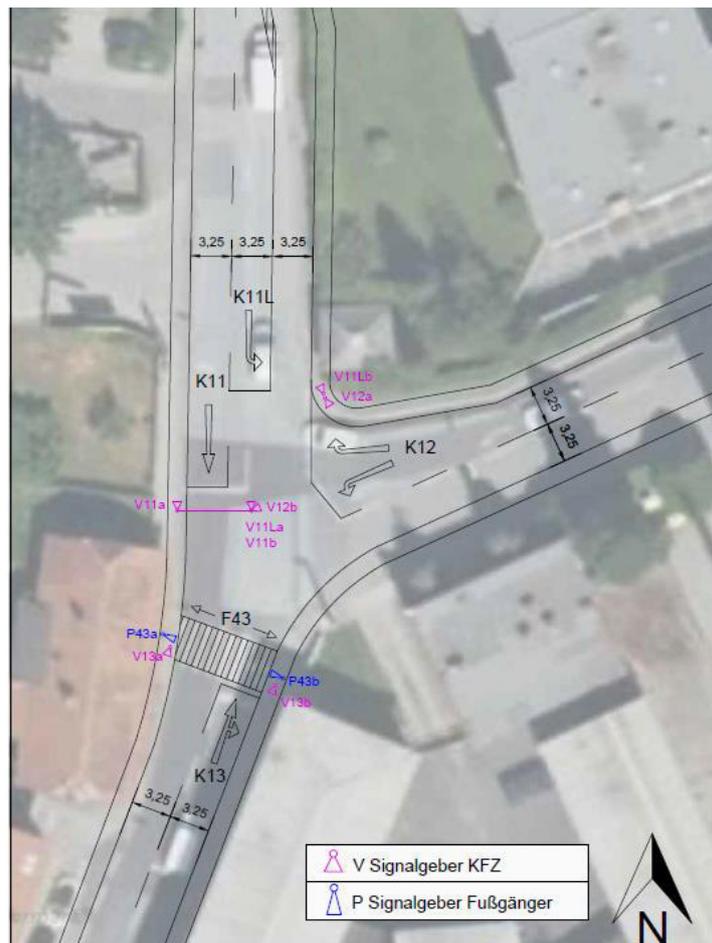


Abbildung 77: Neugestaltung – Signallageplan – VLSA Brucknerstraße
(Datenquelle: [GIS-Steiermark, 2017])

Phasenfolgeplan:

Der Phasenfolgeplan der Festzeitsteuerung der geplanten VLSA des Knotenpunktes Brucknerstraße – Münzgrabenstraße ist in Abbildung 78 dargestellt. In den Phasen werden verträgliche und bedingt verträgliche Ströme zusammengefasst, die gleichzeitig freigegeben werden können.

In der ersten Phase werden die am stärksten belasteten Ströme abgewickelt. Freigegeben werden die Geradeausfahrer, sowie die Rechtsabbieger der Münzgrabenstraße. Nach Ablauf der ersten Phase wird der, aus südlicher Richtung kommende Strom auf der Münzgrabenstraße gesperrt, jener aus Norden wird weiterhin freigegeben. Zusätzlich wird in dieser Phase der Linksabbieger aus nördlicher Richtung freigegeben. Für die Linksabbieger besteht jetzt die Möglichkeit eines geordneten Abflusses. In der dritten und letzten Phase eines Umlaufes erhalten die Ströme der Brucknerstraße, sowie die Fußgänger ihre Grünzeit. Die Linksabbieger und die Fußgänger sind hierbei allerdings nur bedingt verträglich. Aufgrund der sehr geringen Anzahl an Fußgänger werden hier allerdings keine Probleme erwartet. Ein Hinweis auf die bedingte Verträglichkeit in dieser Phase sollte allerdings stattfinden. Nach Ablauf der Phase 3 ist ein Umlauf abgeschlossen und es wird mit Phase 1 ein neuer Umlauf gestartet.

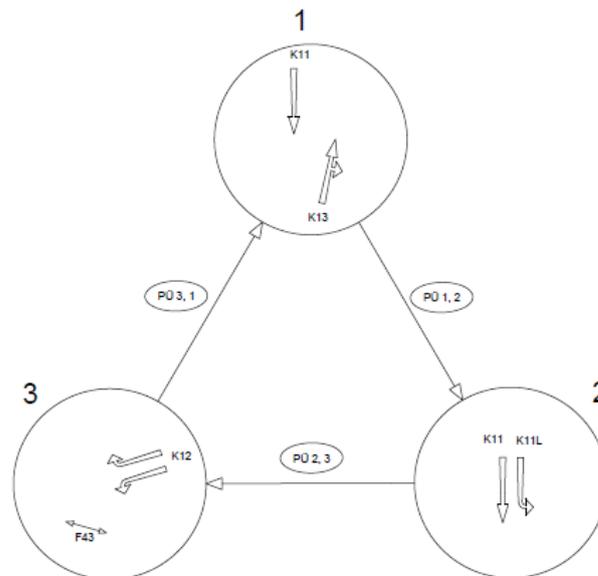


Abbildung 78: Phasenfolgeplan der Festzeitsteuerung - VLSA Brucknerstraße

Zwischenzeitenmatrix:

Die Zwischenzeit ist die Zeit zwischen Freigabeende der endenden Signalgruppe und dem Freigabebeginn der beginnenden Signalgruppe. Während der Zwischenzeit kann der endende Verkehrsstrom die gemeinsame Konfliktfläche räumen und der beginnende Verkehrsstrom einfahren. Die Zwischenzeit errechnet sich somit rein aus der Geometrie des Knotenpunktes. Dargestellt werden die Zwischenzeiten zwischen den unterschiedlichen Verkehrsströmen in Matrixform. Diese Matrix ist im Steuergerät fest hinterlegt.

Da eine Vermessung des Knotenpunktes und eine genaue Berechnung der Wegelängen sehr aufwendig sind, wurde die Zwischenzeitenmatrix abgeschätzt. Als Anhaltspunkt wurde die Zwischenzeitenmatrix für den Dietrichsteinplatz verwendet. Die Relationen an den beiden Knotenpunkten sind sehr ähnlich und für eine erste Machbarkeitsanalyse war eine solche Abschätzung ausreichend. Für den Knotenpunkt Brucknerstraße – Münzgrabenstraße wurden folgende Zwischenzeiten abgeschätzt (Abbildung 79).

		Einfahrend				
		K13	K12	K11L	K11	F43
Räumend	K13		5	5		5
	K12	6		6	6	
	K11L	6	6			
	K11		4			6
	F43	8			7	

Abbildung 79: Zwischenzeitenmatrix – VLSA Knotenpunkt Brucknerstraße - Münzgrabenstraße

Festzeitsteuerung:

Neben dem Planfall (Morgen- und Abendspitze) wurde zusätzlich für den derzeitigen IST-Zustand eine festzeitgesteuerte VLSA berechnet. Es wurde jeweils ein Programm für den Nullfall und für den Planfall, in den beiden Spitzenstunden, erstellt. Sämtliche Programme wurden sowohl mit einer Umlaufzeit von $t_u = 80s$ als auch mit $t_u = 90s$ berechnet. Dabei handelt es sich um die laut Fellendorf [2017], in diesem Stadtteil von Graz, üblich gewählten Umlaufzeiten und vereinfacht somit eine mögliche Integration der VLSA in das bestehende Netz.

Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit lag der Fokus auf den Kenngrößen zur Qualitätsbeurteilung einer Steuerung. Dabei werden der Auslastungsgrad, die mittlere Wartezeit sowie die Rückstaulänge am Ende der Freigabezeit betrachtet. In keiner der berechneten Varianten überstieg der Auslastungsgrad 70%. Daraus kann abgeleitet werden, dass weitere Reserven für zukünftige Veränderungen vorhanden sind. Die mittlere Wartezeit liegt, mit Ausnahme des Linksabbiegerstroms (Strom K11L), unterhalb von 45 Sekunden. Die Wartezeit der Linksabbieger aus der Münzgrabenstraße übersteigt regelmäßig 50 Sekunden und befindet sich somit bereits in einem kritischen Bereich. Eine Wartezeit größer 50 Sekunden entspricht laut HBS der Qualitätsstufe D und bedeutet, dass es an diesem Fahrstreifen häufig zu Rückstausituationen kommt. Die Anzahl der rückstauenden Fahrzeuge beträgt in keinem Fall mehr als 4 Fahrzeuge am Ende der Grünphase. Sämtliche Abbiegestreifen an diesem Knotenpunkt wurden auf mindestens 4-5 Fahrzeuge dimensioniert und stellen damit kein Hindernis dar. Die detaillierten Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsbetrachtung sind in Anhang C zu finden.

6.1.2 Knotenpunkt Dietrichsteinplatz

Negative Wirkungen:

Am Knotenpunkt Dietrichsteinplatz wird eine generelle Erhöhung des Zuflusses von der Sparbersbachgasse und von der Münzgrabenstraße prognostiziert.

In der Morgenspitze wird eine Erhöhung von zirka 100 Kfz pro Stunde aus der Münzgrabenstraße und zirka 60 Kfz pro Stunde aus der Sparbersbachgasse erwartet. Die Summen der Belastungen im Zufluss auf den Strecken und in den Knotenstrombelastungsplänen stimmen nicht exakt überein. Grund dafür ist die ungünstige Lage von Quell- Zielanbindungen am Dietrichsteinplatz.

In der derzeitigen Situation ist der Dietrichsteinplatz im Bereich der Grazbachgasse – Schlögelgasse mit einer VLSA inklusive ÖV Priorisierung geregelt. Im Zufluss aus der Münzgrabenstraße ist derzeit der Platz für eine VLSA und die dafür benötigten Aufstellflächen nicht gegeben. Demnach ist auch eine ÖV-Priorisierung an diesem Zufluss nicht umsetzbar. Problematisch ist zusätzlich, dass die knapp bemessene Aufstellfläche zusätzlich von zwei Straßenbahnlinien sowie mehreren Regionalbuslinien genutzt wird. Die Kreuzung an der Münzgrabenstraße ist derzeit anhand einer Vorfahrtsregelung

abgesichert. Eine leistungsfähigkeitsmindernde Komponente sind die drei stark frequentierten Fußgängerschutzwege.

Morgenspitze:

An der Kreuzung Schlögelgasse/Grazbachgasse - Dietrichsteinplatz wird am östlichen Zufluss eine Belastung von 459 Fahrzeugen (plus 137 Kfz) in der Morgenspitze prognostiziert.

Von den 459 Kfz pro Stunde im östlichen Zufluss entfallen 352 Kfz pro Stunde auf die Rechtsabbieger, die in die Schlögelgasse einbiegen. Die übrigen Fahrten gehen geradeaus Richtung Jakominiplatz.

Abendspitze:

In der Abendspitze werden zusätzliche zirka 40 Kfz pro Stunde aus der Münzgrabenstraße und zirka 70 Kfz pro Stunde aus der Sparbersbachgasse erwartet. Der Anteil der Münzgrabenstraße fällt hier deutlich geringer aus als in der Morgenspitze. Am östlichen Zufluss ergibt sich dadurch eine neue Belastung von 453 Kfz pro Stunde (plus 87 Kfz). Auch in der Abendspitze entfallen über zwei Drittel aller Fahrten im Zufluss auf die Rechtsabbieger in die Schlögelgasse. Von den 453 Kfz pro Stunde sind dies 349 Kfz pro Stunde an Rechtsabbieger.

Generell wird ein deutlicher Anstieg der Rechtsabbieger aus der Münzgrabenstraße Richtung Sparbersbachgasse verzeichnet. In der Morgenspitze handelt es sich dabei um eine Erhöhung von 36 Kfz pro Stunde auf 77 Kfz pro Stunde. In der Abendspitze wird ein ähnlich hoher Anstieg erwartet. Hier steigt die Anzahl der Fahrten von 85 Kfz pro Stunde auf 122 Kfz pro Stunde. Durch die ohnehin schwierige Situation für Rechtsabbieger an dieser Kreuzung könnte eine mögliche Folge sein, dass es zu größeren Rückstaus in die Münzgrabenstraße kommt. In weiterer Folge würde es auch zu Behinderungen der Straßenbahnlinie 6 in der Münzgrabenstraße kommen.

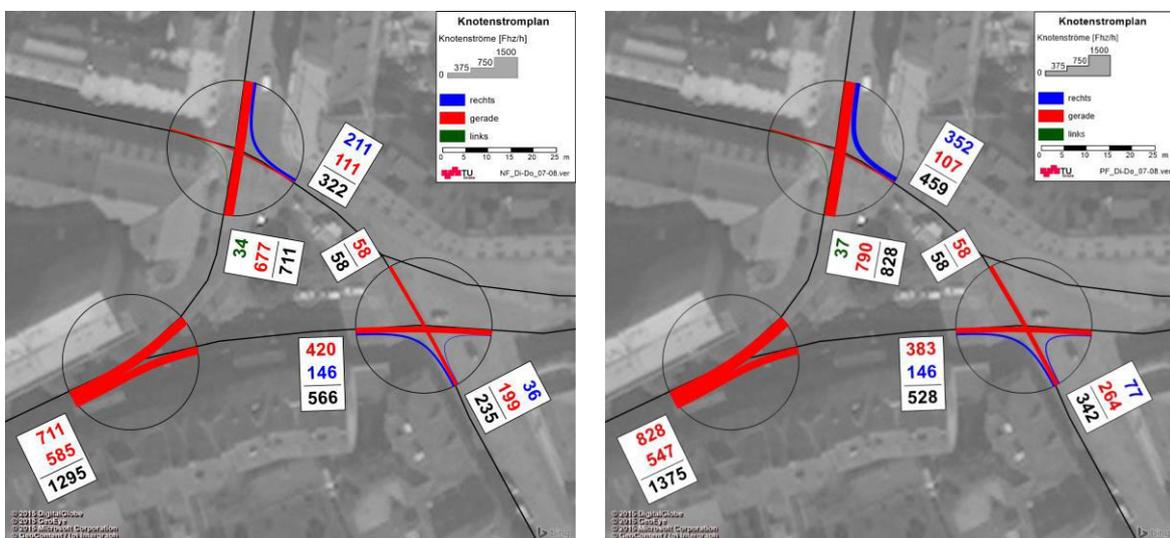


Abbildung 80: Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Dietrichsteinplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Morgenspitze

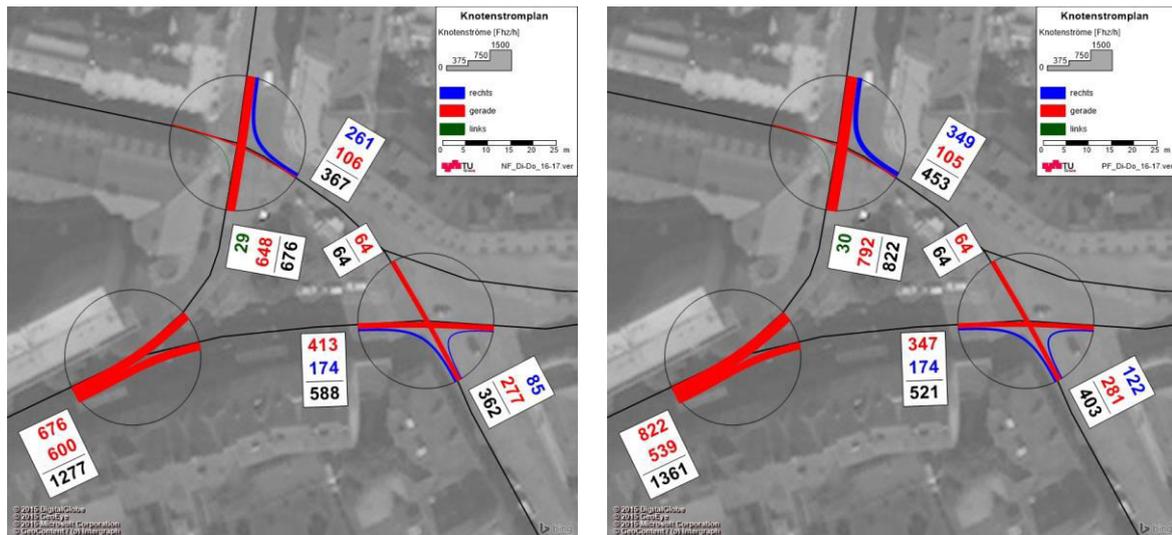


Abbildung 81: Knotenstrombelastungsplan - Knotenpunkt Dietrichsteinplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Um die negativen Auswirkungen der zusätzlichen Belastungen möglichst gering zu halten, wäre eine Veränderung der VLSA-Steuerung im Bereich der Grazbachgasse – Schlögelgasse anzudenken. Es wird notwendig sein die Freigabezeit für den östlichen Zufluss zu erhöhen. Zusätzlich könnte untersucht werden wie sich eine Reduktion der Fahrstreifen im Zufluss der Grazbachgasse von zwei auf einen auswirkt. Durch diese Reduktion der Fahrstreifen und strategisch kluge Raumplanung könnte man die Möglichkeit schaffen, die Rechtsabbieger aus östlicher Richtung sowie die Geradeausfahrer aus der Grazbachgasse kurzzeitig gemeinsam freizugeben. Das würde eine weitere Möglichkeit darstellen den Verkehr im östlichen Zufluss abuarbeiten.

Im Kreuzungsbereich Münzgrabenstraße – Dietrichsteinplatz wäre eine Reduktion der Verkehrsbeziehungen ein möglicher Ansatz. Die hohe Anzahl der stark frequentierten Fußgängerübergänge sorgt hier für regelmäßige Kapazitätseinbußen. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass aufgrund der hohen Dichte an ÖV Haltestellen und Einkaufsmöglichkeiten jede Einschränkung der Fußgängerqualität zu vermeiden ist.

Eine weitere Möglichkeit wäre den Zufluss aus westlicher Richtung (Grazbachgasse) mittels VLSA zu regeln. Ein hier kontrollierter Zufluss könnte einen geordneten Abfluss aus der Münzgrabenstraße sicherstellen. Um dem öffentlichen Verkehr in diesem Bereich einen flüssigeren Verkehrsablauf zu gewährleisten, könnte folgende Maßnahme umgesetzt werden:

Die Straßenbahnlinie 6 soll mittels verkehrsabhängiger Steuerung gegenüber dem IV bevorzugt werden. Diese Möglichkeit würde etwa durch eine neue VLSA an der Kreuzung mit der Münzgrabenstraße bestehen. Die Straßenbahn würde sich bereits in der Münzgrabenstraße anmelden, wodurch es zu einer Änderung im Programmablauf kommen würde. Die Verkehrsströme in der Grazbachgasse könnten für einen kurzen Zeitraum gesperrt werden, um der Straßenbahn eine uneingeschränkte Überquerung des Platzes zu ermöglichen. Danach kann die ursprüngliche Regelung des Knotenpunktes wieder aufgenommen werden.

6.1.3 Knotenpunkt Schillerplatz

Negative Wirkungen:

Zur derzeitigen Situation wird die Kreuzung am Schillerplatz über eine Vorfahrtsregelung für die Ströme Plüddemangasse, Merangasse, Schillerstraße und Hallerschloßstraße geregelt. Im Bereich der Bushaltestelle der Buslinien 61, 64 und 64E ist zusätzlich eine DKA (Druckknopfanlage) installiert, die den Fußgängern das Queren der Merangasse ermöglicht. Diese DKA regelt in der derzeitigen Ausführung nur die Geradeausfahrten von der Plüddemangasse in die Merangasse und den Rechtsabbieger von der Merangasse in die Schillerstraße. Linksabbieger von der Plüddemangasse in die Schillerstraße werden von der DKA im derzeitigen Zustand nicht beeinflusst.

Durch die geplante Maßnahme der Radschnellverbindung in der Mandellstraße/Petersgasse werden Auswirkungen in Form einer Erhöhung der Kfz- Belastungen am Schillerplatz prognostiziert. Es ist mit einem Anstieg der Linksabbieger von der Plüddemangasse in die Schillerstraße stadteinwärts zu rechnen.

In der Morgenspitze wird eine Erhöhung von zirka 35 Kfz pro Stunde (Anstieg von 241 Kfz pro Stunde auf 276 Kfz pro Stunde) und in der Abendspitze eine Erhöhung von zirka 100 Kfz pro Stunde (Anstieg von 125 Kfz pro Stunde auf 223 Kfz pro Stunde) vorhergesagt. Obwohl sich die Belastung in der Abendspitze stärker erhöht, wird aufgrund der höheren Grundbelastung weiterhin jene Belastung aus der Morgenspitze maßgebend für die Leistungsfähigkeit am Knotenpunkt sein.

In der Hallerschloßgasse, welche anhand der Zählraten im Grundmodell kaum erfassbare Belastungen aufweist, kommt es im Planfall zu einer deutlichen Erhöhung der Linksabbieger in die Schillerstraße. Hierbei handelt es sich um Verlagerungsfahrten, welche von der Plüddemangasse auf weitere Ausweichrouten verdrängt werden und ihre Route über die Schillerstraße in Richtung Innenstadt fortsetzen. Diese weiterführenden Verlagerungseffekte entstehen durch den Anstieg des Streckenwiderstandes entlang der Plüddemangasse, der sich wiederum aus den zusätzlichen Verlagerungsfahrten aus der Petersgasse ableiten lässt. Für einige Fahrten werden daher kleinere, bis dahin kaum belastete Seitenstraßen attraktiver.

Für den öffentlichen Verkehr, insbesondere für die Straßenbahnlinie 3, bedeutet ein Anstieg der Linksabbieger von der Plüddemangasse in die Schillerstraße ein zusätzliches Rückstaupotential. Der Straßenbahnlinie 3 steht in diesem Abschnitt kein eigenständiger Gleiskörper zur Verfügung und wird daher im Mischverkehr geführt. Daraus folgt, dass der IV und der ÖV einen gemeinsam genutzten Linksabbiegestreifen verwenden.

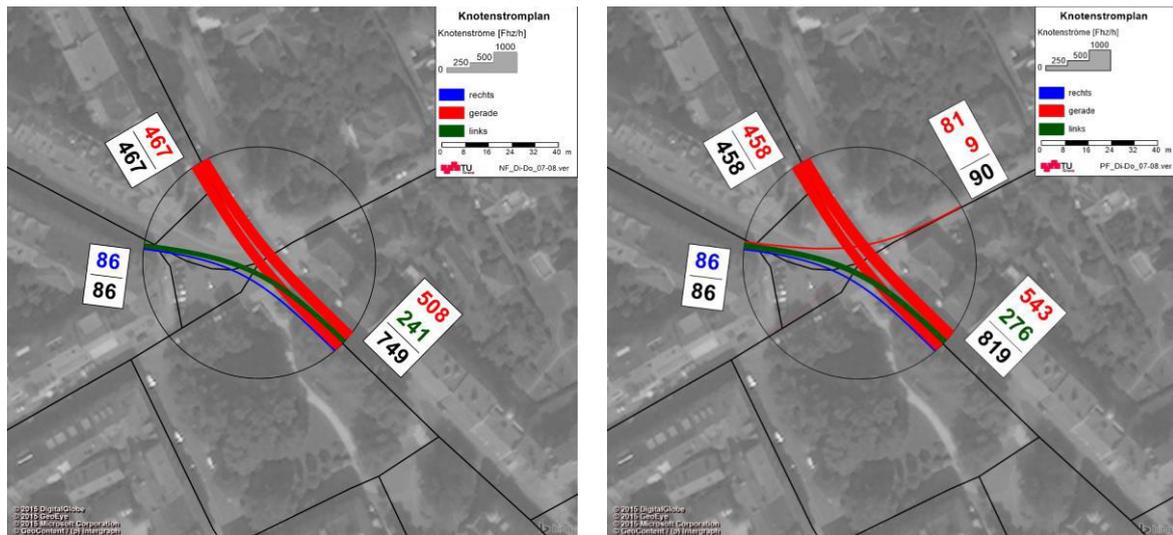


Abbildung 82: Knotenstrombelastungsplan – Schillerplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Morgenspitze

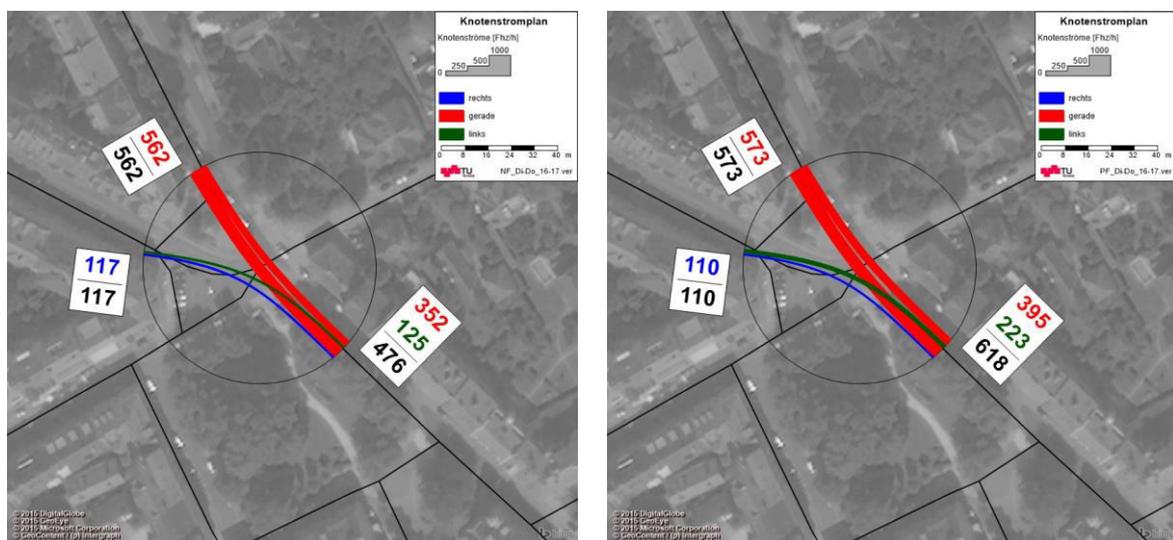


Abbildung 83: Knotenstrombelastungsplan – Schillerplatz; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Um die negative Auswirkung auf den Knotenpunkt Schillerplatz möglichst gering zu halten, wurde die Möglichkeit, den Knotenpunkt mittels VLSA zu regeln, geprüft. Hierzu waren, ähnlich wie für die Kreuzung Brucknerstraße – Münzgrabenstraße, geringfügige Umgestaltungen notwendig. Zu den Änderungen zählen die Neuordnung der Bushaltestelle in der Merangasse stadteinwärts Richtung Norden sowie die Verlegung der Straßenbahnhaltestelle in Richtung Schillerstraße. Des Weiteren mussten alle nötigen Maßnahmen für eine Neuregelung des Schillerplatzes durch eine festzeitgesteuerte VLSA getroffen werden. Hierzu mussten geeignete Standorte für die Signalgeber gefunden und kleine gestalterische Umplanungen vorgenommen werden. Im Anschluss konnten die Erarbeitung eines Signallageplans, einer Zwischenzeitenmatrix, eines Phasenfolgeplans und einer Leistungsfähigkeitsüberprüfung durchgeführt werden. Bei der Untersuchung einer möglichen Umgestaltung von Teilen des Schillerplatzes wurden zwei geringfügig voneinander abweichende Varianten ausgearbeitet. Die erstellte Zwischenzeitenmatrix kann für beiden Varianten angewendet werden.

Signallageplan:

Um am Knotenpunkt Schillerplatz eine funktionierende VLSA installieren zu können, ist eine Reduktion des 5-armigen Knotenpunkts auf 4 Zuflüsse notwendig (ca. 90% des Verkehrsaufkommens werden über die Ströme Plüddemangasse, Merangasse und Schillerstraße abgewickelt). Aufgrund der sehr geringen Belastungen in der Schützenhofgasse wurde dieser Arm des Knotenpunktes gesperrt. Die Erreichbarkeit der Schützenhofgasse ist über mehrere Alternativrouten gegeben. Um vom Anfangsbereich der Schützenhofgasse, wo sich eine Bankfiliale und ein kleiner Parkplatz befinden, in die Plüddemangasse einbiegen zu können, würde als eine Alternative die Zu- und Abfahrt im südlichen Bereich des Schillerplatzes zur Verfügung stehen.

Wie bereits erwähnt, wurden im Zuge der Erarbeitung von Umgestaltungsmaßnahmen zwei Varianten untersucht. Da sich an den Verkehrsströmen unter den Varianten nichts ändert, kann für beide dieselbe VLSA Steuerung verwendet werden.

In beiden Varianten wird im Zufluss aus der Merangasse ein zusätzlicher Linksabbiegestreifen mit einer Aufstellfläche von ca. zwei Fahrzeugen notwendig sein, um eine Beeinträchtigung der anderen Verkehrsteilnehmer durch etwaige Linksabbieger zu vermeiden. Um die nötige Fahrbahnbreite für einen zusätzlichen Linksabbiegerstreifen in diesem Abschnitt zu erreichen, muss der vorhandene separate Busfahrstreifen, samt Bushaltestelle, um zirka 20 m in Richtung Nibelungengasse verlegt werden. Durch die dadurch entstehende Verkürzung des Busfahrstreifens wird allerdings keine zusätzliche Beeinträchtigung für den öffentlichen Verkehr entstehen. In diesem Bereich, direkt nach der Kreuzung, hat der Kfz- Verkehr noch keinen wesentlichen Einfluss auf die Buslinie.

Der Zufluss aus der Hallerschloßgasse muss baulich nicht angepasst werden und kann im Bestand belassen werden.

Im Zufluss aus der Plüddemangasse wäre ein eigens geführter Gleiskörper für die Straßenbahnlinie 3 anzustreben. Aufgrund der beengten Platzverhältnisse ist dies allerdings nicht möglich. Auch weitere Anpassungen in diesem Bereich wären nicht zielführend, weshalb der Zufluss aus der Plüddemangasse ebenfalls im Bestand belassen werden muss. Je nach verkehrlichen Erfordernissen ist eine Verlängerung der Aufstellflächen für die Linksabbieger in die Schillerstraße möglich und bei Bedarf umsetzbar. Es ist sowohl eine Verkürzung als auch eine Verlängerung des Abbiegestreifens möglich, um den Verkehrsfluss der ÖV- Linien zu optimieren.

An der Ecke Schillerstraße – Schützenhofgasse befindet sich im Bereich vor der Raiffeisenbank eine größere Fläche, welche momentan nur zu einem kleinen Teil für Parkplätze genutzt werden kann. Dieser Bereich soll zukünftig von der Schillerstraße baulich getrennt werden, um dadurch mehr Nutzungsmöglichkeiten zu schaffen. Eine Zu- und Abfahrt in die bzw. aus der Schillerstraße wird weiterhin möglich sein. Die Parkplätze vor dem Bankgebäude sowie der Taxistand sollen in beiden Varianten erhalten bleiben und durch die neu nutzbare Fläche um den geplanten TIM Standort erweitert werden.

Da sich die Straßenbahnhaltestelle der Linie 3 direkt nach der Kreuzung befindet, muss diese verlegt werden. Diese soll in nördliche Richtung verlegt werden, um den abfließenden Verkehr in der Schillerstraße nicht zu beeinträchtigen. Auch eine Auflassung dieser Haltestelle in Kombination mit der Neuordnung der verbleibenden Haltestellen der Linie 3 wäre eine Option.

Die beiden unterschiedlichen Umgestaltungsvarianten (Abbildung 84 und Abbildung 85) unterscheiden sich letzten Endes nur darin, dass eine Zufahrt in die Schützenhofgasse vom Schillerplatz in der Variante 1 möglich ist. In der Variante 2 ist diese Möglichkeit nicht mehr gegeben. Die alternative Zufahrt für

Phasenfolgeplan:

Der Phasenfolgeplan der Festzeitsteuerung der geplanten VLSA des Knotenpunktes Schillerplatz ist in Abbildung 86 dargestellt. In den Phasen werden verträgliche und bedingt verträgliche Ströme zusammengefasst, die gleichzeitig freigegeben werden können.

In der ersten Phase wird der Zufluss aus der Plüddemanngasse, inklusive Linksabbieger, freigegeben (K13 und dK13L). Nach Ablauf von Phase 1 wird die Freigabe des Linksabbiegers gesperrt. In Phase 2 wird der Strom K13 neben den zusätzlich freigegebenen Strom K11 (Merangasse) weiterhin freigegeben. Hier wäre es denkbar den Verkehrsstrom aus der Plüddemanngasse kurz vor Phasenende auslaufen zu lassen, um somit den Abfluss sämtlicher Linksabbieger aus der Merangasse in die Hallerschloßgasse zu erleichtern. In der dritten Phase werden der Verkehrsstrom aus der Schillerstraße (K14) und die beiden Fußgängerübergänge (F41 und F42) freigegeben. In dieser Phase treffen wiederum bedingt verträgliche Ströme aufeinander. Aufgrund der geringen Belastungen werden diese als nicht kritisch gewertet. Nach Ablauf der dritten Phase wird in der vierten und letzten Phase des Umlaufes der Zufluss K12 aus der Hallerschloßgasse freigegeben. Da dieser Strom nur im Planszenario für die Morgenspitze eine signifikante Belastung aufweist, könnte in diesem Bereich eine verkehrabhängige Steuerung, mittels Detektor, sinnvoll sein. Damit wäre eine Freigabe der Phase 4 nur nach vorangegangener Anfrage notwendig. Für die übrigen Ströme würde dies eine Verlängerung der Grünzeit und somit auch eine verbesserte Leistungsfähigkeit am gesamten Knotenpunkt bedeuten. Zurzeit nicht in der Festzeitsteuerung berücksichtigt wurde eine allenfalls mögliche und notwendige ÖV-Priorisierung der Straßenbahnlinie 3.

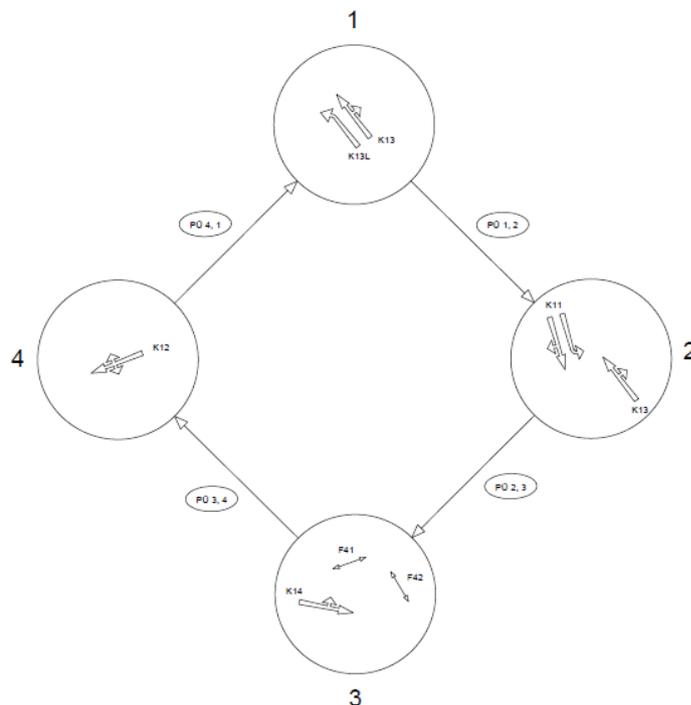


Abbildung 86: Phasenfolgeplan der Festzeitsteuerung - VLSA Schillerstraße

Zwischenzeitenmatrix:

Die Zwischenzeitenmatrix wurde nach demselben Prinzip, wie bereits bei der Brucknerstraße (siehe Kap. 6.1.1) erstellt.

Für den Knotenpunkt Schillerplatz wurden folgende Zwischenzeiten ermittelt (Abbildung 87). Da beide untersuchten Varianten dieselben Verkehrsströme mit denselben Konfliktpunkten aufweisen, stellte

sich keine Änderung in den Zwischenzeiten ein und diese Matrix kann für beide Varianten verwendet werden.

		Einfahrend						
		K11	K12	K13	K13L	K14	F41	F42
Räumend	K11		5		6	4	2	5
	K12	5		4	5	5	4	2
	K13		4			4	5	4
	K13L	5	5			5		
	K14	4	5	5	5			
	F41	8	9	9				
	F42	9	8	7				

Abbildung 87: Zwischenzeitenmatrix - VLSA Knotenpunkt Schillerstraße

Festzeitsteuerung:

Wie für den Knotenpunkt Brucknerstraße – Münzgrabenstraße wurden für den Schillerplatz sowohl für den Planfall (Morgen- und Abendspitze) als auch für den Nullfall eine festzeitgesteuerte VLSA berechnet. Sämtliche Programme wurden, wie bereits zuvor, sowohl mit einer Umlaufzeit von $t_u = 80s$ als auch mit $t_u = 90s$ berechnet. Auch hier wurde die Wahl der Umlaufzeiten an jene üblichen im angrenzenden Stadtgebiet gewählt. Für die Berechnung der Leistungsfähigkeit lag der Fokus auf den Kenngrößen zur Qualitätsbeurteilung einer Steuerung. Dabei wird wiederum der Auslastungsgrad, die mittlere Wartezeit sowie die Rückstaulänge am Ende der Freigabezeit betrachtet.

Die Auslastung liegt auch hier durchgängig für alle Varianten unter 70%. Auch bei der mittleren Wartezeit werden die 45s nie überschritten. Damit kann von einer guten Qualität ausgegangen werden. Auch die Aufstellflächen im Kreuzungsbereich von allen Strömen sind ausreichend dimensioniert, um die Anzahl der rückstauenden Fahrzeuge aufzunehmen. Die Anzahl von vier Fahrzeugen wird dabei in keinem Fall für alle Ströme überschritten. Nach ersten Abschätzungen wäre eine Umsetzung der Festzeitsteuerung möglich, wobei hier noch die genauen Auswirkungen auf den ÖV untersucht werden müssen.

Alle Ergebnisse der Leistungsfähigkeitsberechnung sind in Anhang C dargestellt.

6.1.4 Knotenpunkt Fröhlichgasse/ Moserhofgasse - Münzgrabenstraße

Negative Wirkungen:

Die beiden Knotenpunkte, Fröhlichgasse - Münzgrabenstraße und Moserhofgasse - Münzgrabenstraße, sind wie der Dietrichsteinplatz in der derzeitigen Situation zu den Spitzenstunden bereits stark ausgelastet. Der Rückstau der Linksabbieger auf der Münzgrabenstraße stadteinwärts reduziert die Gesamtkapazität der Münzgrabenstraße. Zusätzlich wird der Abfluss der Fröhlichgasse vom Rückstau des Knotenpunktes Moserhofgasse - Münzgrabenstraße beeinflusst. Weitere Verlagerungen des Kfz-Verkehrs in diesen Bereich würden sich besonders auf der Münzgrabenstraße zwischen Moserhofgasse und Brucknerstraße auswirken. Ohne weitere Begleitmaßnahmen wird es zu größeren Kapazitätsproblemen an allen betroffenen Knotenpunkten kommen.

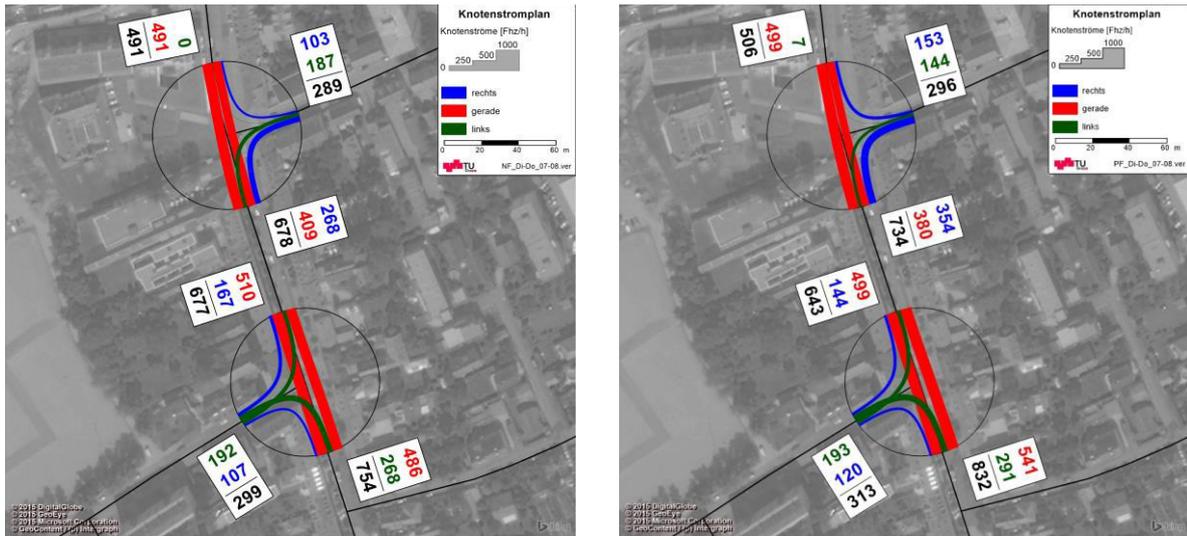


Abbildung 88: Knotenstrombelastungsplan - Fröhlichgasse/ Moserhofgasse – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Morgenspitze

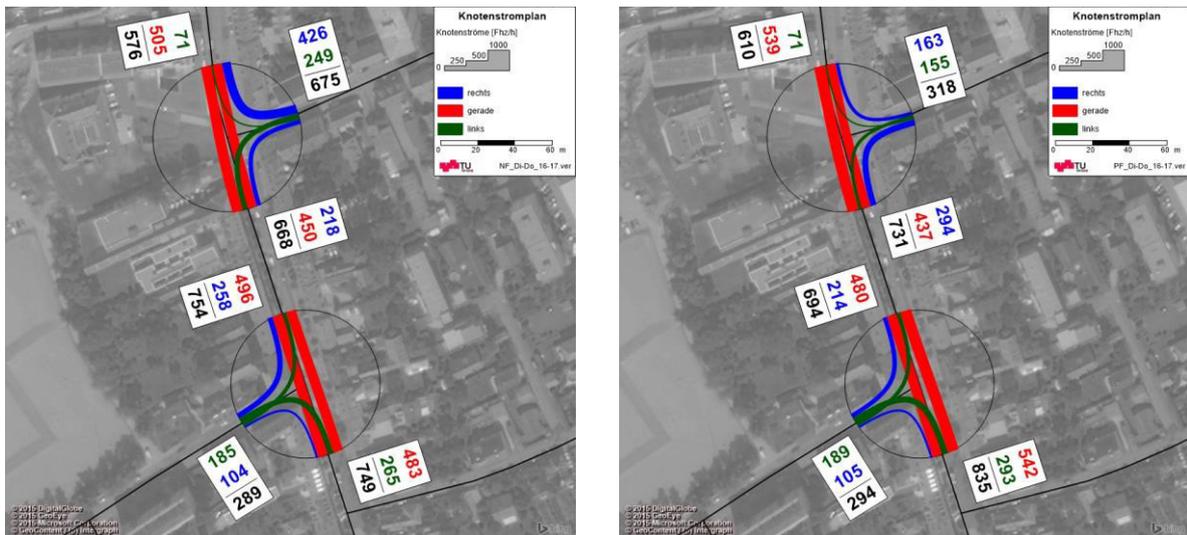


Abbildung 89: Knotenstrombelastungsplan - Fröhlichgasse/ Moserhofgasse – Münzgrabenstraße; Nullfall (links) und Planfall (rechts) - Abendspitze

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Um den Abfluss an den Knotenpunkten zu verbessern und mehr Aufstellfläche zu schaffen wäre es möglich im Abschnitt zwischen der Fröhlichgasse und der Moserhofgasse einseitig die Parkstände zu entfernen. Hierbei würden zirka 15 Abstellplätze am östlichen Rand einem weiteren Fahrstreifen weichen müssen. Ergänzend ist es für diesen Bereich sinnvoll eine Mikrosimulation durchzuführen, um die Signalzeiten, die Phasenfolge und die Freigabezeiten der Verkehrsströme anzupassen und den Durchfluss zu optimieren.

6.2 Wirkungen auf den öffentlichen Verkehr

6.2.1 Wirkungen auf die Straßenbahnlinie 6

Negative Wirkungen:

Durch die prognostizierten Verkehrsverlagerungen auf die Münzgrabenstraße werden im Abschnitt zwischen Dietrichsteinplatz und Steyrergasse vereinzelt Beeinträchtigungen der Straßenbahnlinie 6 erwartet. Aufgrund der günstigeren Platzverhältnisse werden die negativen Auswirkungen im Bereich zwischen Moserhofgasse und Steyrergasse nicht so stark bemerkbar sein. Die Straßenbahn wird jedoch in beiden Abschnitten im Mischverkehr (ohne eigenen Gleiskörper) geführt. Durch die prognostizierte Erhöhung der Verkehrsbelastung in der Münzgrabenstraße wird es vermehrt zu Rückstausituationen vom Dietrichsteinplatz ausgehend kommen. In diesem Zusammenhang muss die Straßenbahnlinie 6 auch den Dietrichsteinplatz überqueren, um weiter Richtung Jakominiplatz zu fahren. Dieser kritische Knotenpunkt bildet sowohl für den IV als auch für den ÖV einen Flaschenhals. In den Spitzenstunden kann von vermehrten Beeinträchtigungen entlang der Straßenbahnlinie in diesem Abschnitt ausgegangen werden. Infolgedessen wäre die Konsequenz, dass es zu vermehrter Nichteinhaltung des Fahrplanes kommen könnte. Im Bereich um den Knotenpunkt Steyrergasse kann von einer Entspannung der Verkehrssituation ausgegangen werden, da durch die geplante Radschnellverbindung für die Mandellstraße/Petersgasse die Steyrergasse für den Kfz-Verkehr nicht mehr attraktiv ist. Damit könnte die VLSA in diesem Bereich angepasst und den neuen Randbedingungen angeglichen werden. Möglich erscheint, den Geradeausverkehr in der Münzgrabenstraße Richtung Dietrichsteinplatz eine längere Freigabezeit zuzuweisen.

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Eine erwartete Abnahme der Verkehrsstärke in der Steyrergasse wirkt sich, trotz des prognostizierten Anstiegs auf der Münzgrabenstraße, positiv auf den Verkehrsfluss aus. Die Freigabezeit an der VLSA in der Steyrergasse soll verringert werden und dadurch an das geringere Verkehrsaufkommen angepasst werden. In der Münzgrabenstraße hingegen wird durch die höhere Belastung auch die Freigabezeit erhöht. Um die Qualität für den ÖV zusätzlich zu erhöhen, wäre falls nötig, auch hier eine verkehrsabhängige Steuerung mit ÖV Priorisierung möglich. Durch eine solche Modifikation kann auf das geänderte Verkehrsaufkommen reagiert werden, ohne bauliche Veränderungen vornehmen zu müssen. Eine solche Maßnahme sollte allerdings in Abstimmung mit der Regelung des Dietrichsteinplatzes einhergehen.

Des Weiteren werden sich die zuvor erklärten Optimierungsmaßnahmen an den Knotenpunkten im Bereich der Moserhofgasse positiv auf den Verkehrsfluss in der Münzgrabenstraße auswirken.

6.2.2 Wirkungen auf die Straßenbahnlinie 3

Negative Wirkungen:

Eine Beeinträchtigung der Straßenbahnlinie 3 wird durch den auf den Schillerplatz verlagerten Verkehr nicht vermeidbar sein. Durch den deutlichen Anstieg in der Plüddemangasse und der Schillerstraße wird es im Bereich vor der Kreuzung in der Plüddemangasse zu vermehrten Rückstau kommen. Die Straßenbahnlinie besitzt in diesem Abschnitt keinen eigenen Gleiskörper und wird im Mischverkehr geführt.

Ein zusätzliches Problem stellt die aktuelle Lage der Straßenbahnhaltestelle Schillerplatz stadteinwärts dar. Sie befindet sich kurz nach dem Kreuzungsbereich in der Schillerstraße. Ein Halten der Straßenbahn in diesem Bereich führt zu einem Rückstau für den Linksabbiegerstreifen in den Kreuzungsbereich, da durch die haltende Straßenbahn der Abfluss blockiert ist.

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Durch die in Kapitel 6.1.3 vorgestellte Umgestaltung des Knotenpunktes Schillerplatz und durch die Integration einer festzeitgesteuerten VLSA kann der Knotenpunkt optimiert und der Verkehrsfluss verbessert werden. Als maßgebender Verkehrsstrom wird der Linksabbieger am Schillerplatz identifiziert, der für die Straßenbahn eine relevante Wirkung aufweist. Durch die VLSA-Steuerung kann gewährleistet werden, dass die Straßenbahnlinie 3 am Knoten Schillerplatz nicht beeinflusst wird. Als zusätzliche Umgestaltungsmaßnahme für den Knoten Schillerplatz, sollte die Neuordnung der Straßenbahnhaltestelle Schillerplatz in Richtung Schillerstraße durchgeführt werden.

6.2.3 Wirkungen auf die Buslinien 63 und 64

Negative Wirkungen:

Die Linie 64 wird zwischen der S-Bahn Haltestelle Puntigam und Stifting geführt und muss auf dieser Route auch die Übereckbeziehung Moserhofgasse – Petersgasse – Waltendorfer Gürtel/Koßgasse passieren. Der weitere Linienverlauf der Linie 64 führt über die Plüddemangasse und Merangasse (Schillerplatz) Richtung Endhaltestelle Stifting. Hier können in der Plüddemangasse im Bereich vor der Kreuzung Schillerplatz Beeinträchtigungen entstehen. Der mögliche Rückstau, welcher durch die Linksabbieger in die Schillerstraße verursacht wird, könnte den gesamten Verkehrsfluss, inklusive Buslinie 63 und 64, beeinflussen. Der in der Plüddemangasse vorhandene Busfahrstreifen wird aufgrund der beengten Platzverhältnisse nicht bis direkt an die Kreuzung geführt, sondern endet in etwa 80m davor.

Obwohl die Linienführung der Buslinien 63 und 64 in den Bereich des Radhighways fällt, müssen diese nicht verlegt werden. Durch die Aufrechterhaltung der Übereckbeziehung Moserhofgasse – Waltendorfer Gürtel – Koßgasse – Plüddemangasse in beiden Fahrtrichtungen ergibt sich keine Einschränkung auf den Linienverlauf der Linie 63 und 64. Allerdings kann es in diesem Bereich durch punktuelle Verlagerungen zu erhöhtem Verkehrsaufkommen und damit verbundenen Fahrzeiterhöhungen kommen.

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Durch die festzeitgesteuerte Signalisierung des Schillerplatzes können negative Wirkungen, die durch den zusätzlichen Verkehr entstehen, reduziert werden und haben somit kaum einen Einfluss auf den öffentlichen Busverkehr in diesem Bereich. Zusätzlich wäre die Integration einer ÖV-Priorisierung in der Festzeitsteuerung möglich, was wiederum die Situation für den öffentlichen Verkehr verbessern würde.

6.2.4 Wirkungen auf die Regionalbuslinien

Negative Wirkungen:

Neben den Stadtbuslinien werden drei Regionalbuslinien durch die geplante Radschnellverbindung in ihrer Linienführung beeinflusst. Die Regionalbuslinien 430, 440 und 510 werden aktuell durch die Petersgasse und Mandellstraße über den Dietrichsteinplatz bis zum Jakominiplatz geführt. Durch den Radhighway können die Regionalbuslinien stadteinwärts nicht mehr durch die Mandellstraße/Petersgasse geführt werden. In Folge dessen kann stadteinwärts die Haltestelle „Sacré Coeur / Petersgasse“ nicht mehr bedient werden.

Auch in der derzeitigen Situation kann die Linienführung dieser Regionalbusse als problematisch angesehen werden. Speziell im Abschnitt der Mandellstraße, vor der Kreuzung Sparbersbachgasse, kommt es aufgrund der sehr engen Verhältnisse immer wieder zu Problemen aufgrund von Bussen oder Lkw, welche nicht aneinander vorbeifahren können.

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Für die Linienführung stadteinwärts müsste zukünftig eine alternative Streckenführung genutzt werden. Eine mögliche Route wäre über die Moserhofgasse – Münzgrabenstraße – Dietrichsteinplatz – und weiter Richtung Jakominiplatz. Für den Schulcampus „Sacré Coeur“ müsste die bestehende Haltestelle verlegt werden. Eine Möglichkeit wäre die Mitbenutzung der Straßenbahnhaltestelle „Neue Technik“, welche bereits von anderen Regionalbuslinien genutzt wird. Für etwaige Schüler würde sich durch die neue Haltestelle ein Fußweg von zirka 500 m ergeben. Dieser Fußweg wäre durchgehend geschützt vom Straßenverkehr und würde über den Campus „Neue Technik“ der Technischen Universität Graz führen.

6.3 Wirkungen auf die Erreichbarkeit einzelner Objekte

6.3.1 Zufahrt Schulcampus „Sacré Coeur“

Negative Wirkungen:

Aufgrund der Etablierung eines Einbahnsystems in der Petersgasse/ Moserhofgasse, das nur stadtauswärts befahren werden kann, wird die Zufahrt zum Schulcampus „Sacré Coeur“ mit dem Kfz erschwert. Zusätzlich müsste wie in Kapitel 6.2.4 beschrieben, die Bushaltestelle stadteinwärts verlegt werden. Das Schulzentrum kann zukünftig generell nur noch stadtauswärts erreicht werden. Für Zufahrtsmöglichkeiten stadteinwärts werden daher Umwegfahrten notwendig. Eine alternative Zufahrt stadteinwärts wäre möglich über die Münzgrabenstraße – Brockmanngasse – Mandellstraße/Petersgasse.

Bereits in der jetzigen Situation bildet der Schulcampus „Sacré Coeur“ einen kritischen Bereich innerhalb dieses Streckenabschnittes. Anhand von Beobachtungen im Rahmen der Radverkehrszählung (siehe Kap. 3.3.1) konnte festgestellt werden, dass zumindest ein gewisser Anteil der morgendlichen Stausituationen vor der Schule durch anhaltende Fahrzeuge entstehen. Ein beachtlicher Teil der Schüler wird privat zur Schule gebracht. Es ist davon auszugehen, dass dies zu einem gewissen Teil auch in Zukunft der Fall sein wird. Aus diesem Grund müssen auch im Falle eines

Einbahnsystems auf der Strecke stadtauswärts Maßnahmen ergriffen werden, um das Halten direkt vor der Schule zu vermeiden.

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Die Erreichbarkeit des Schulcampus „Sacré Coeur“ ist weiterhin mit dem Kfz möglich. Stadteinwärts müssen aber Umwegfahrten in Kauf genommen werden. Durch den, an das Schulgebäude angrenzenden, Rad-Highway kann die dortige Verkehrssituation beruhigt werden. Dadurch erhöht sich die Sicherheit vor dem Gebäude für die Schüler. Des Weiteren sollte der Fokus in diesem Streckenabschnitt auf weitere Verkehrsberuhigungsmaßnahmen stadtauswärts gelegt werden. Wünschenswert wäre die Reduktion des „Schülerbringverkehrs“ mit dem privaten Kfz. Die Neugestaltung dieses Bereiches, die durch die neue Radverbindung ermöglicht wird, bietet dahingehend eine Vielzahl an Möglichkeiten.

6.3.2 Zufahrt Kfz-Abstellplätze der TU Graz Campus „Alte Technik“

Die Zufahrt zu den Kfz Abstellflächen der TU Graz am Campus „Alte Technik“ bleibt nach der Inbetriebnahme des Radhighways ohne Änderungen wie im Bestand möglich. Lediglich die Zufahrt über die Mandellstraße aus südlicher Richtung ist nicht möglich. Hierfür stehen allerdings viele Alternativrouten zur Verfügung. Aus südlicher Richtung würde sich eine Route über den Dietrichsteinplatz und weiter über die Glacisstraße bis zur Rechbauerstraße anbieten. Eine weitere Alternative wäre über die Schillerstraße sowie die Sparbersbachgasse gegeben.

6.3.3 Zufahrt Kfz-Abstellplätze der TU Graz Campus „Neue Technik“

Negative Wirkungen:

Die Zufahrt zu den Abstellflächen der TU Graz am Campus „Neue Technik“ wäre durch das Einbahnsystem nur noch aus nördlicher Richtung möglich. Auch die Zufahrt zu den Parkplätzen in der Steyrergasse wäre von der Petersgasse im Süden ausgehend eingeschränkt.

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Die Zufahrt zu den Parkplätzen wäre über kleinere Umwege über die Münzgrabenstraße – Brockmanngasse – Mandellstraße/Petersgasse weiterhin möglich. Ebenfalls sind die Parkplätze in der Steyrergasse problemlos über die Münzgrabenstraße erreichbar.

Teile der genutzten Parkplätze in der Steyrergasse und der Stremayergasse sind generell nicht von der geplanten Einbahnführung betroffen und können zukünftig, wie im Bestand erreicht werden.

6.3.4 Zufahrt Kfz-Abstellplätze der TU Graz Campus „Inffeldgasse“

Die Zufahrt zu den Kfz Abstellflächen der TU Graz am Campus „Inffeldgasse“ ist von den geplanten Änderungen in der Verkehrsführung nicht mehr betroffen und bleibt, nach der Inbetriebnahme des Radhighways wie im Bestand möglich.

6.3.5 Erhöhtes Verkehrsaufkommen durch neues Wohnviertel „Messequartier“

Negative Wirkungen:

Am Gelände des ehemaligen Vergnügungsparkes der Grazer Messe wurde die Anlage „Messequartier“ errichtet. Diese umfasst 230 Wohneinheiten, 5.000 m² Büroflächen und 400 Abstellflächen. Der Abschnitt 3 soll Mitte 2017 fertiggestellt werden und zusätzliche 64 Wohneinheiten beinhalten. Zusätzlich zu den verlagerten Fahrten muss durch die zusätzlichen Einwohner in diesem Bereich mit einer Erhöhung des Verkehrsaufkommens in der Münzgrabenstraße und der Klosterwiesgasse gerechnet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass das gesamte fertiggestellte Messequartier Graz ca. 500 Fahrten als Quell- und 500 Fahrten als Zielverkehr generiert. Da ein Großteil dieses Gebäudekomplexes bereits fertiggestellt ist, wurden diese Quell- Zielbeziehungen, durch die aktuellen Zählraten bereits im Modell berücksichtigt. Lediglich die durch den 3. Abschnitt erzeugten Fahrten konnten noch nicht abgebildet werden.

Arbeitsansätze und mögliche Maßnahmen:

Die bereits für die vorangegangenen Problemstellungen aufgezeigten Lösungen, wie die Optimierung der Knotenpunkte Dietrichsteinplatz, Fröhlichgasse/ Moserhofgasse – Münzgrabenstraße, die Möglichkeit der zusätzlichen Aufstellflächen durch einen weiteren Fahrstreifen im Abschnitt Fröhlichgasse – Moserhofgasse und die erhoffte Modal Split Änderung, die durch die neue Radinfrastruktur generiert werden kann, stehen ebenfalls in engem Zusammenhang mit den erzeugten Belastungen in diesem Bereich. Eine punktuelle Lösung ist aufgrund der vielen Wechselwirkungen mit umliegenden Knotenpunkten nicht sinnvoll. Die Abwicklung des erzeugten Verkehrs muss in der Gesamtheit betrachtet werden.

6.4 Parkstände

Für den, unter Umständen als Aufstellfläche nutzbaren, zweiten Fahrstreifen in der Münzgrabenstraße im Bereich zwischen Moserhofgasse und Fröhlichgasse müssten Parkstände reduziert werden. Durch diese Maßnahme entfallen zirka 17 Abstellplätze in der Grünen Zone (13 Stück Schrägaufstellung und 4 Stück Längsaufstellung) in diesem Bereich.

Um im Kreuzungsbereich der Brucknerstraße – Münzgrabenstraße mehr Aufstellfläche für die aus der Brucknerstraße kommenden Fahrzeuge zu schaffen, besteht die Möglichkeit Parkplätze zu entfernen. Für die Gewinnung von mehr Aufstellfläche müssten, abhängig von den benötigten Flächen, 3 bis 4 Kfz-Abstellplätze entfernt werden.

Durch die geplanten Umbaumaßnahmen für den Radweg in der Mandellstraße/Petersgasse entfallen entlang des östlichen Fahrstreifens sämtliche Kfz Abstellflächen, die in Richtung stadteinwärts angeordnet sind. In Summe sind ca. 110 Stellplätze entlang des Straßenverlaufes betroffen. In Anhang B ist eine Übersicht der entfallenden Abstellplätze, entlang der Petersgasse/ Mandellstraße dargestellt.

Durch eine gänzlich andere Planungsvariante der Radschnellverbindung, zum Beispiel als Fahrradstraße (siehe Kap. 2.1.4), würden im Bereich des Rad-Highways kein Abstellplatz verloren gehen. Durch weitere kleine Umplanungen könnten unter Umständen noch zusätzliche Parkstände gewonnen werden.

6.5 Untersuchung Alternativrouten

Die Untersuchungen zu den Verlagerungen des Kfz- Verkehrs, die im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführt wurden, basieren auf einem bereits vordefinierten Routenverlauf. Dieser Verlauf wurde bereits im Vorhinein durch den Auftraggeber sowie den Projektpartner festgelegt. Da es grundsätzlich nicht Teil der Bearbeitung der Diplomarbeit war, den geeignetsten Routenverlauf zu finden, wurde die Route als festgelegt vorgegeben. Nach Abschluss der Untersuchungen im ursprünglichen Planfall wurde festgestellt, dass es in manchen Teilen des Untersuchungsgebietes zu größeren Einschränkungen für den Kfz- Verkehr kommen wird. Nachdem hier nur diese eine Führungsform des Rad-Highways untersucht wurde, besteht nicht die Möglichkeit diese mit anderen Varianten zu vergleichen.

In diesem Abschnitt wird ergänzend zu den, durch die geplante Streckenführung entstehenden Problemen untersucht wie die Verlagerungseffekte bei einer veränderten Routenführung ausfallen würden. In diesem Zusammenhang wurden allerdings im Gegensatz zu der tatsächlich geplanten Variante nur die Verlagerungseffekte betrachtet. Eine genaue Analyse sämtlicher auftretender Probleme, inklusive Knotenpunktbetrachtungen, wurde nicht durchgeführt.

Untersucht wurden zwei Alternativvarianten, welche zwar denselben Streckenverlauf haben, sich allerdings in der Richtungsführung unterscheiden. Ebenso wird die Ausführungsvariante als Fahrradstraße diskutiert.

6.5.1 Alternativvariante 1:

Als erste Alternativvariante wurde untersucht, wie das makroskopische Verkehrsmodell reagiert, wenn die Fahrtrichtung für den Kfz- Verkehr verändert wird. Das Einbahnsystem würde somit in die entgegengesetzte Richtung geführt werden. Damit wäre die Fahrtrichtung stadtauswärts für die Mandellstraße und Petersgasse gesperrt. Die Übereckbeziehung zwischen Waltendorfer Gürtel und der Moserhofgasse bleibt auch in dieser Variante in beiden Richtungen befahrbar. Wie im dargestellten Nullfall (Abbildung 53) ersichtlich ist, ist die Verkehrsbelastung stadteinwärts etwas höher als in die Gegenrichtung. Infolgedessen werden in dieser Variante weniger Fahrzeuge auf alternative Routen verlagert werden. Dies ist allerdings noch kein Indiz, dass auch die durch die Verlagerung verursachten Effekte geringer ausfallen werden.

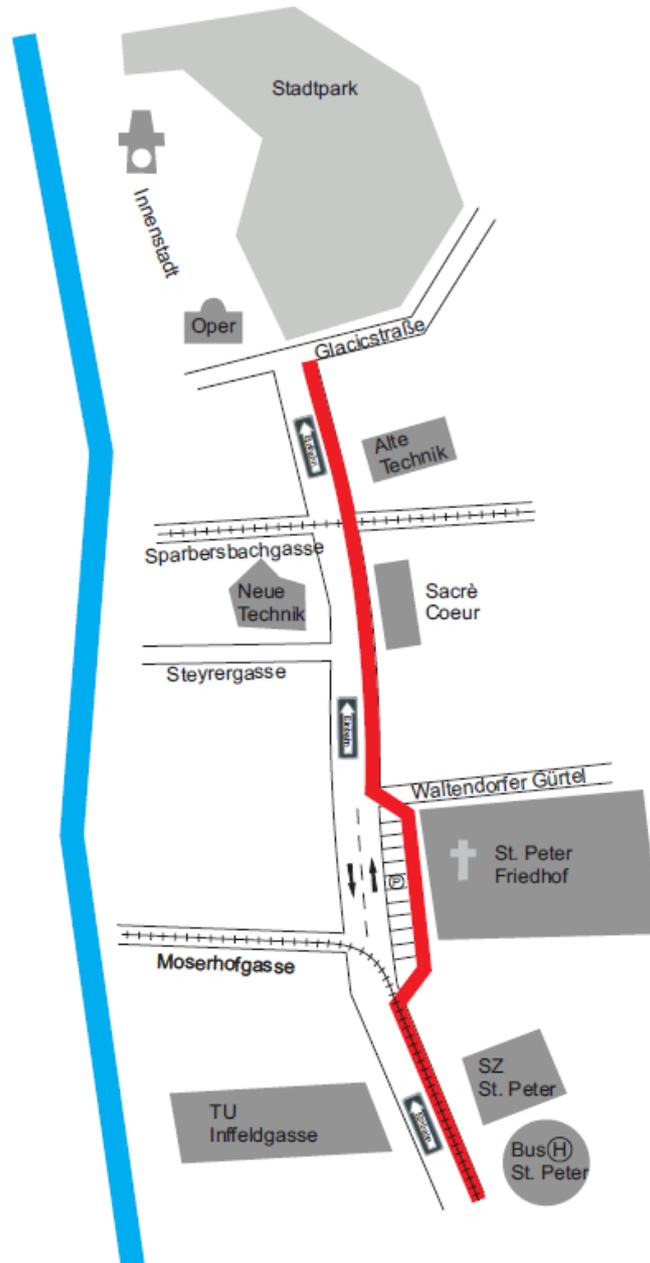


Abbildung 90: Kfz-Führung bei Alternativvariante 1

Die folgende Darstellung (Abbildung 91) zeigt die Verlagerungseffekte in einer Differenznetzdarstellung. Es wird der IST-Zustand mit der geplanten Alternativvariante abgebildet. Wie für den Vergleich mit dem Planfall dargestellt, wird eine Abnahme der Verkehrsstärke in grüner Farbe und eine Zunahme in roter Farbe dargestellt.

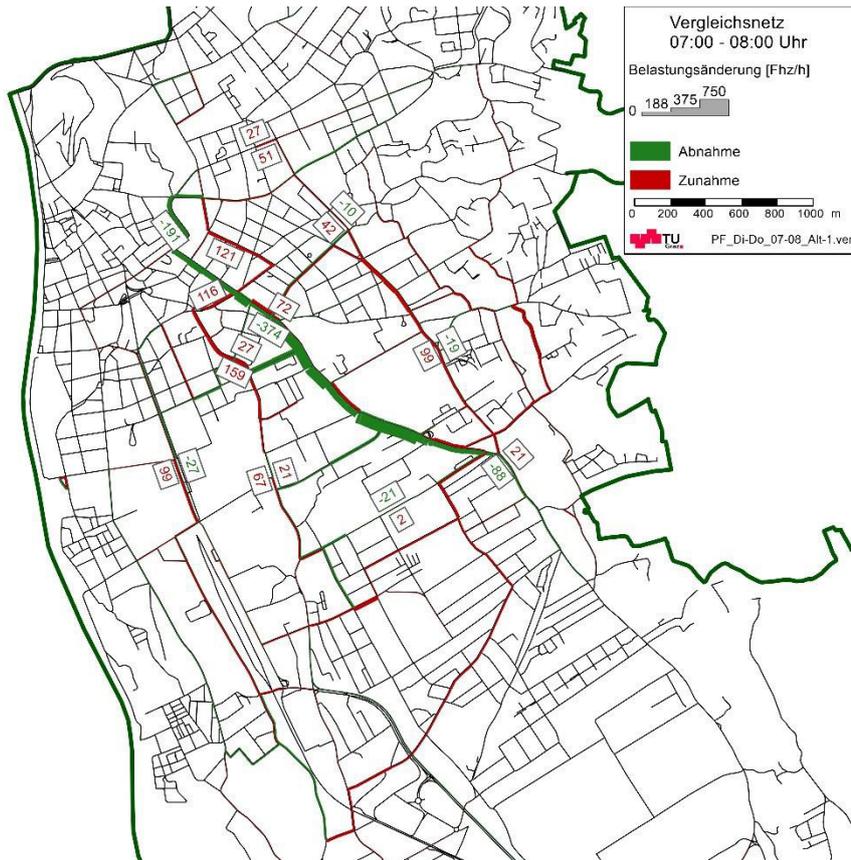


Abbildung 91: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 1 in der Morgenspitze

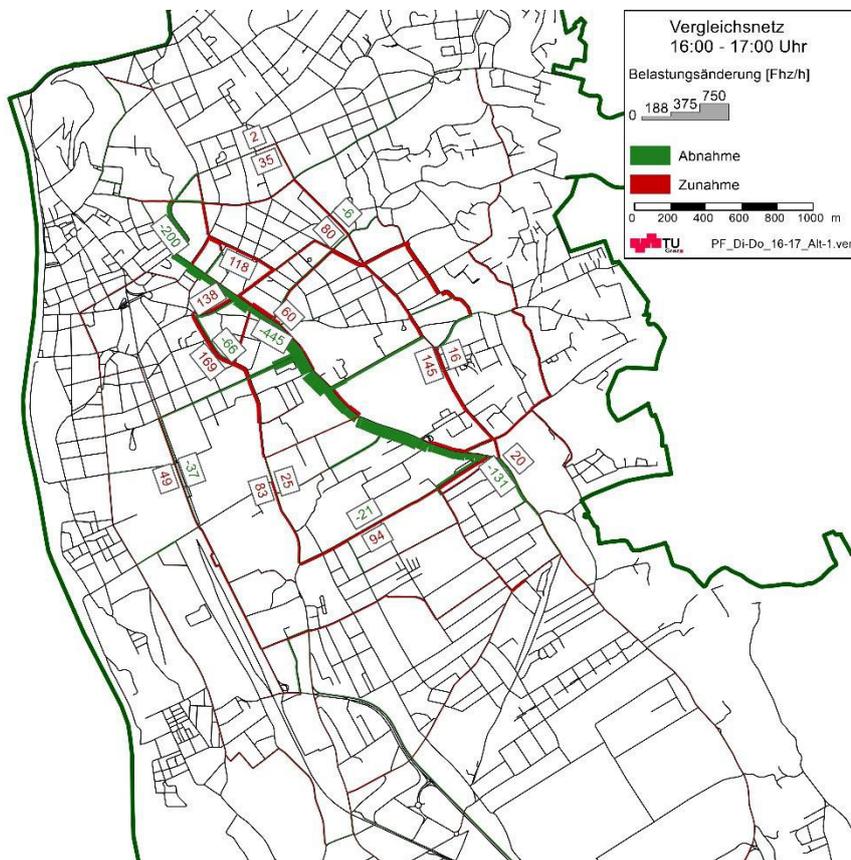


Abbildung 92: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 1 in der Abendspitze

In der Abbildung 91 ist ersichtlich, dass sich in diesem Szenario die Verkehrsstärken auf den Strecken stadtauswärts erhöhen. Ein direkter Vergleich einzelner Strecken mit anderen Versionen ist aufgrund der gänzlich unterschiedlichen Ausgangssituationen nicht möglich. Die Effekte werden immer im gesamten Netz betrachtet, wobei im Detail auch auf einzelne Strecken eingegangen wird. Die negativen Auswirkungen der Verlagerungen im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes fallen deutlich geringer aus als im Planfall. Speziell in den Morgenstunden haben die Verlagerungseffekte wesentlich weniger Auswirkung und in einigen Teilen kommt es zu Abnahmen im Vergleich zum Nullfall. Im Vergleich zur Morgenspitze wird abends eine stärkere Erhöhung der Belastung in der Plüddemangasse stadtauswärts und in der Brucknerstraße prognostiziert. Bis auf kleinere Unterschiede in den Belastungen fällt das generelle Verlagerungsbild in Morgen- und Abendspitze sehr ähnlich aus.

Im nördlichen Abschnitt des Planungsgebietes kommt es im Bereich der Franz-Graf-Allee und dem Burgring zu einer massiven Abnahme an Fahrten. Da der Burgring bereits als Einbahn Richtung Innenstadt geführt wird, würde keine Möglichkeit mehr bestehen in die Mandellstraße einzufahren. Die Kombination aus diesem Einbahnsystem sowie der neuen Einbahn in der Mandellstraße machen diese Strecken deutlich unattraktiver. Diese Abnahme sorgt in den angrenzenden Gebieten für einen dementsprechenden Anstieg der Verkehrsstärke. So kommt es auf der Glacisstraße und weiter Richtung Rechbauerstraße zu einer deutlichen Erhöhung um ca. 150 Kfz/h. Speziell in der Rechbauerstraße, welche eine vergleichsweise geringe Kapazität aufweist, würden sich durch den zusätzlichen Verkehr zwangsläufig Probleme ergeben. Die Rechbauerstraße ist aufgrund der beengten Platzverhältnisse als Erschließungsstraße geeignet und keinesfalls als Durchfahrtsstraße.

Eine besonders kritische Situation ist am Dietrichsteinplatz zu erwarten. Hier wird es zu einer starken Erhöhung der Linksabbieger aus der Sparbersbachgasse in die Münzgrabenstraße kommen. Hierbei handelt es sich um jenen Verkehr, der zuvor über die Mandellstraße Richtung Süden gefahren ist. Für diese Ausweichroute gibt es keine Alternative. Von Norden kommend ist eine Verlagerung auf die Conrad-von-Hötzendorfstraße nur mit großen Umwegen möglich. Auch die Schillerstraße mit der anschließenden Plüddemangasse bilden hier keine Alternative, da diese beiden Straßen ohnehin auch von den Verlagerungseffekten betroffen sind.

Bis auf kleinere Unterschiede in den Belastungen fällt auch im nördlichen Abschnitt des Untersuchungsgebietes das Verlagerungsbild in Morgen- und Abendspitze ähnlich aus.

6.5.2 Alternativvariante 2:

In einer weiteren Variante wurde untersucht, wie sich der Verkehr verhält, wenn der Durchgangsverkehr auf der Mandellstraße und der Petersgasse in beiden Fahrtrichtungen unterbunden wird. Eine solche Sperre für den Durchgangsverkehr wurde wiederum durch Einbahnsysteme realisiert. Allerdings wurde die Strecke an der Kreuzung Steyrergasse – Petergasse getrennt. Die Verkehrsführung verläuft so, dass man von der Oper bis zur Kreuzung Steyrergasse auf der Mandellstraße und der Petersgasse stadtauswärts fahren kann. Von Süden ausgehend kann die Petersgasse bis zur Steyrergasse stadteinwärts befahren werden. Eine durchgehende Verbindung von Nord nach Süd bzw. auch in die Gegenrichtung ist somit auf diesen beiden Straßen nicht möglich. Auch in dieser Variante ist es aufgrund der günstigen Platzverhältnisse sinnvoll, die Übereckbeziehung am St. Peter Friedhof in beiden Richtungen befahrbar zu lassen. Durch die Einbahn stadtauswärts im nördlichen Abschnitt soll das Problem, der erhöhten Linksabbieger am Dietrichsteinplatz aus Alternativvariante 1, in dieser Form nicht mehr auftreten.

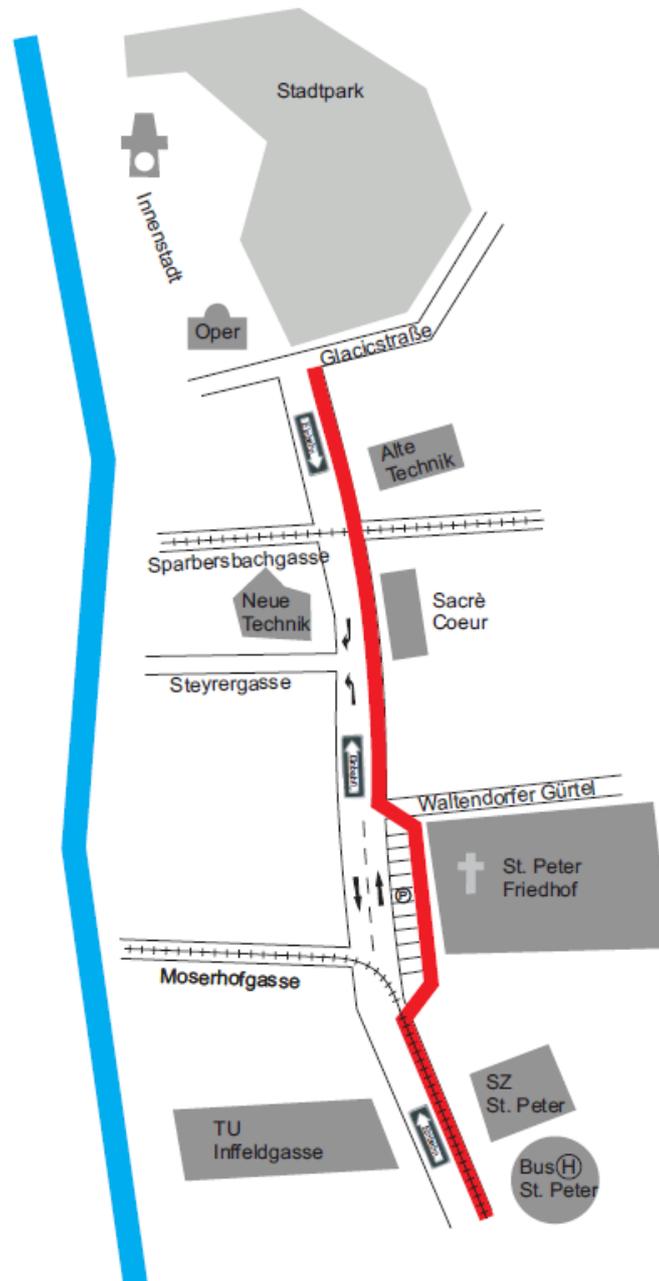


Abbildung 93: Kfz- Führung bei Alternativvariante 2

In Abbildung 94 und Abbildung 95 werden die Verlagerungen durch die geplanten Maßnahmen in Alternativvariante 2 dargestellt.

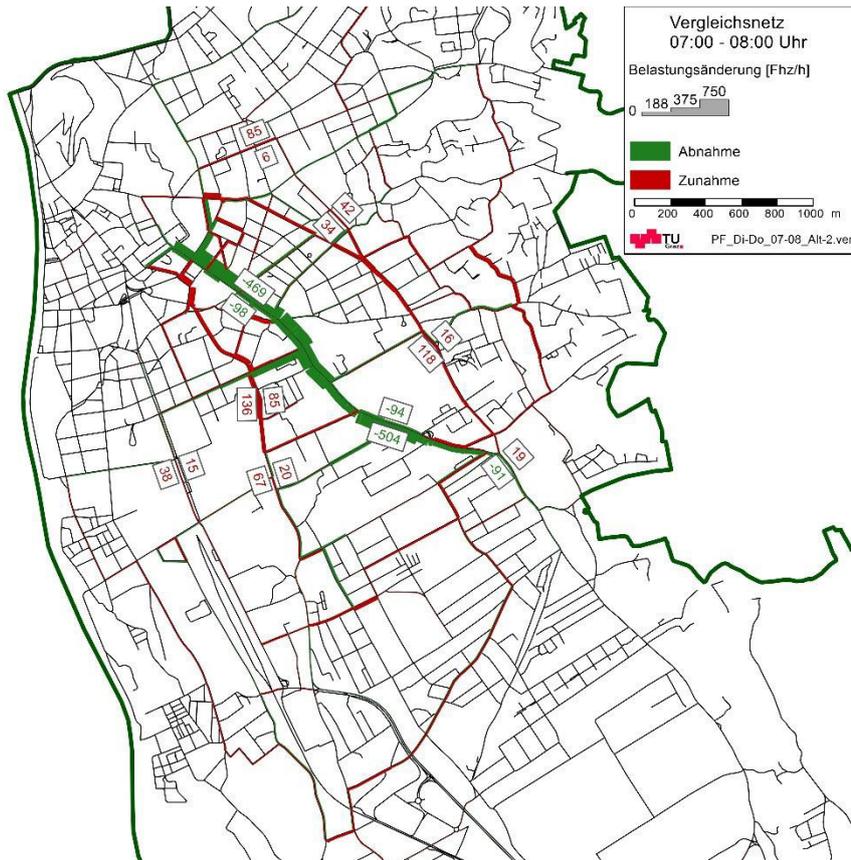


Abbildung 94: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 2 in der Morgenspitze

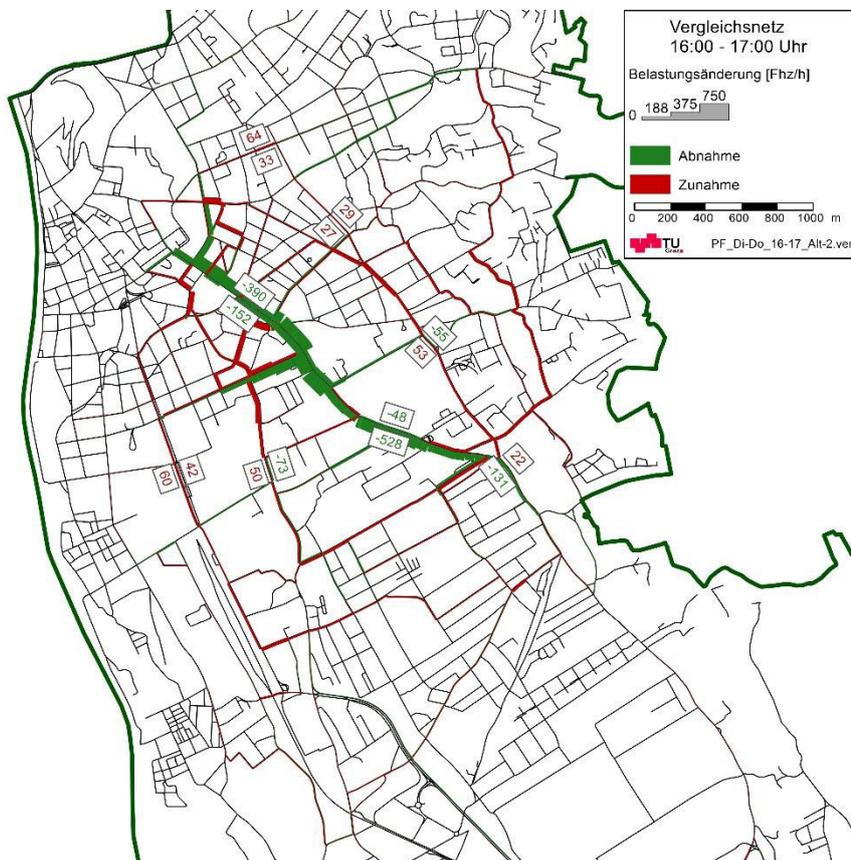


Abbildung 95: Darstellung Differenznetz Alternativvariante 2 in der Abendspitze

Bei der Auswertung dieser Variante ist festzustellen, dass sich im nördlichen Abschnitt nahezu identische Verlagerungen wie im Planfall (Abbildung 57, Abbildung 58) einstellen. Die Ursache liegt darin, dass in diesem Bereich die Verkehrsführung in beiden Varianten identisch ist. Es treten dementsprechend auch dieselben Konflikte und Probleme auf. Damit werden in der untersuchten Alternativvariante 2 dieselben Leistungsfähigkeitsprobleme, auf Grund der Verkehrsverlagerung am Dietrichsteinplatz, auftreten. Auffällig ist jedoch, dass es auch stadtauswärts zu deutlichen Abnahmen des Verkehrs auf der Mandellstraße kommt.

Südlich der Steyrergasse betragen die zusätzlichen Belastungen stadtauswärts auf der Münzgrabenstraße und der Plüddemangasse knapp über 100 Kfz/h. Auf der Münzgrabenstraße liegt auch die Erhöhung in die Gegenrichtung bei etwa 100 Fahrzeugen. Die Plüddemangasse erfährt in der Morgenspitze stadteinwärts keine wesentliche Erhöhung. Auch in der Region um die Brucknerstraße kommt es zu keinen größeren Veränderungen der Belastung. Interessant ist in dieser Variante, dass die Conrad-von-Hötzendorfstraße kaum von den Verlagerungen betroffen ist. Hier ist nur stadtauswärts eine leichte Erhöhung festzustellen. Die Conrad-von-Hötzendorfstraße hätte also noch Potenzial um Fahrten von der Münzgrabenstraße aufzunehmen. In der Realität würde es durch eine Überlastung der Münzgrabenstraße zu weiteren Verlagerungen auf die Conrad-von-Hötzendorfstraße kommen.

Eine etwas andere Situation stellt sich in der Abendspitze ein. Besonders auffällig ist, dass sich stadtauswärts ca. 50 Fahrten jeweils auf die Conrad v. Hötzendorfstraße, Münzgrabenstraße und Plüddemangasse verlagern. Auf der Conrad v. Hötzendorfstraße kommt es am Abend auch zu einer Erhöhung um ca. 50 Fahrten Richtung stadteinwärts. Im Gegensatz dazu kommt es auf den beiden anderen Straßen stadteinwärts zu einer Abnahme der Belastung um teilweise über 50 Fahrten pro Stunde.

Generell stellt sich in dieser Variante eine sehr gleichmäßige Verteilung der verdrängten Fahrten ein. Die Alternativvariante 2 wäre, verglichen mit Alternativvariante 1, ein brauchbarer Ansatz für detailliertere Untersuchungen. Einzelne Knotenpunkte müssten wiederum im Detail betrachtet und auf ihre Leistungsfähigkeit überprüft werden.

6.5.3 Variante Fahrradstraße

Wie bereits in Kapitel 2.1.4 beschrieben eignet sich die Fahrradstraße ideal als hochrangige Radverbindung in bebauten Gebieten. Im speziellen Fall der Planmaßnahmen in der Mandellstraße/Petersgasse bietet sich diese Führungsform an. Vor allem eine Kombination aus dem in Alternativvariante 2 gezeigten Einbahnsystem und einer Fahrradstraße ließen sich die besten Ergebnisse für den Gesamtverkehr erzielen. Die Vorteile der Fahrradstraße gegenüber der Führungsvariante als getrennter Geh- und Radweg sind ganz klar die geringen baulichen Veränderungen sowie die damit einhergehenden geringen Kosten. Weitere Vorteile sind die Unterbindung des Durchgangsverkehrs sowie die Aufrechterhaltung sämtlicher Stellplätze. Durch entsprechende farbliche Markierungen (Beispiel roter Asphalt) in der Fahrradstraße würde das Fahrrad auch klar als das für diese Straße ranghöchste Verkehrsmittel definiert werden. Andere Verkehrsteilnehmer wie Pkw sind in dieser Straße dem Radverkehr untergeordnet. Im speziellen Fall des Grazer Rad-Highway würden keine Verkehrsmittel direkt bevorzugt werden und unter Umständen würde wiederum der Pkw die Straße dominieren. In Abbildung 96 soll als mögliche Inspiration eine typische Fahrradstraße aus den Niederlanden dargestellt werden. Wie auch in der Mandellstraße und

Petersgasse wird diese als Einbahn geführt. Der im Bild ersichtliche gepflasterte Mittelstreifen ist für den Kfz- Verkehr vorgesehen während die beiden äußeren Streifen für den Radverkehr gedacht sind.



Abbildung 96: *Fahrradstraße als Einbahn in den Niederlanden*
Quelle: [Talens, 2017]

Durch eine Kfz- Verkehrsführung wie in Alternativvariante 2 und die Ausführung als Fahrradstraße würden ersten Einschätzungen zufolge die geringsten Einschränkungen für den Gesamtverkehr im Untersuchungsgebiet auftreten. Auch wäre dies eine der kostengünstigsten Varianten.

7 Schlussfolgerung

7.1 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden im ersten Teil die allgemeinen Definitionen von Radschnellwegen, sowie deren typische Merkmale beschrieben. Laut Definition handelt es sich bei Radschnellverbindungen um qualitativ hochwertige, direkt geführte und leistungsstarke Verbindungen mit einer empfohlenen Länge von mindestens 5 km. Hauptaufgabe von Radschnellwegen ist, den Radverkehr zu beschleunigen und einen Vorteil in der Reisezeit zu erzeugen. Die wichtigsten Merkmale von Radschnellverbindungen sind somit durch die Konsistenz, Direktheit, Attraktivität, Sicherheit und den Komfort gekennzeichnet. Durch Vergleiche europäischer Länder, in denen bereits Radschnellwege umgesetzt wurden, stellte sich heraus, dass diese vermehrt als Entlastung von stark frequentierten Kfz-Strecken errichtet wurden. Hierbei wurden durchgehend gute Ergebnisse erzielt und vor allem bei den Pendlern konnte eine deutliche Veränderung im Mobilitätsverhalten zugunsten des Radverkehrs festgestellt werden. Ein wesentlicher Teil des Vergleichs bezog sich auf die Ausbaustandards der Radverbindungen. In Tabelle 31 werden die Ergebnisse dieses Vergleichs dargestellt.

Tabelle 31: Ergebnisse für den Vergleich der europäischen Standards von Radschnellverbindungen

Land	Breite		angestrebte Reisegeschwindigkeit	Oberfläche	Markierungen
	Einrichtungsrادweg	Zweirichtungsrادweg			
Deutschland	2,5 m	4,0 m	20 – 30 km/h	Beton, Asphalt	Begrenzungslinie, Piktogramm
Schweiz	2,0 – 3,0 m	4,0 m	20 – 30 km/h	Asphalt	gelbe Bodenmarkierungen
Niederlande	3,0 m	4,0 m	25 - 30 km/h	Beton, Asphalt	rot eingefärbter Belag
Dänemark	2,5 m	4,0 m	25 – 30 km/h	Asphalt	Blau eingefärbter Belag bei Kreuzungen

Neben der allgemeinen Betrachtung von Radschnellverbindungen bezog sich der zweite Teil der Arbeit auf die Betrachtung eines Rad-Highways im Stadtzentrum von Graz. Hierbei handelt es sich allerdings laut Definition nicht um einen Rad-Highway im Sinne einer Radschnellverbindung, sondern hier wird der Begriff Rad-Highway für die in der Mandellstraße/Petersgasse geplante Radinfrastruktur verwendet. Die Verbindung soll von der Grazer Oper (Kaiser-Josef-Platz) über die Mandellstraße und weiter entlang der Petersgasse bis zum Campus Inffeldgasse der Technischen Universität Graz verlaufen. Der erste Schritt bestand in einer Bestandsaufnahme, in der die bereits bestehende Radinfrastruktur beschrieben wurde. Die derzeit hochrangigste Radinfrastruktur wird von 13 Hauptradrouten gebildet, welche sternförmig von der Grazer Innenstadt in das Umland verlaufen. Erwähnenswert ist, dass entlang der Petersgasse und Mandellstraße kaum Radverkehrsinfrastruktur zur Verfügung steht. Trotz der beengten Straßenverhältnisse und der Vielzahl an parkenden Autos entlang der Straße besteht eine gewisse Attraktivität der Verbindung, die Radfahrer veranlasst, diesen Straßenabschnitt zu nutzen. Um das subjektive Gefühl der Notwendigkeit einer Radschnellverbindung für diesen Streckenabschnitt zu validieren, wurde eine Radverkehrszählung durchgeführt. Diese ergab abschnittsweise Belastungen von über 200 Radfahrern pro Spitzenstunde und Fahrtrichtung. Verglichen mit den 500 – 600 Kfz- Fahrten pro Spitzenstunde an den am stärksten ausgelasteten Abschnitten ergibt sich ein Radverkehrsanteil von etwa einem Drittel. Auch in Bezug auf das Grazer Mobilitätskonzept 2020 gesehen, zeigt sich die Notwendigkeit für einen Ausbau der

Radverkehrsinfrastruktur. In diesem Konzept wurde das konkrete Ziel festgelegt, dass durch eine Rad-Offensive der Radverkehrsanteil bis 2021 auf 20 % angehoben werden soll.

Der Hauptteil der Arbeit bestand darin, basierend auf den geplanten Maßnahmen für den Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse, ein Verkehrsmodell zu erstellen, anhand dessen sämtliche Effekte des neu etablierten Einbahnsystems analysiert werden können. Aufgebaut wurde das Verkehrsmodell auf Basis des steirischen Verkehrsmodells GUARD. In diesem enthalten sind das Netz für den Großraum Graz, sowie IV- und ÖV- Nachfragematrizen. Aus diesem Modell wurde ein Teilgebiet ausgeschnitten, welches das Untersuchungsgebiet für den Rad-Highway abbildet. Die Grundlage der Verkehrsmodellierung ist die Datenbasis. Um den momentanen Zustand abbilden zu können, wurden aktuelle Zählraten erhoben, anhand derer das Verkehrsmodell kalibriert wurde. Aufbauend auf dem kalibrierten Modell wurden die Planungsmaßnahmen in das Netzmodell übernommen. Die erwarteten Kfz-Verlagerungseffekte, verursacht durch die Implementierung des Rad-Highways in das Untersuchungsgebiet, zeigen Verlagerungen entlang der Mandellstraße/Petersgasse in der Höhe von ca. 450 Kfz pro Spitzenstunde. Diese Fahrten verteilen sich ungefähr zu gleichen Anteilen auf die drei nächstgelegenen Hauptverkehrsachsen, welche die Münzgrabenstraße, Conrad-von-Hötzendorfstraße und Plüddemangasse sind. Kleinere Teile verlagern sich weitläufiger und auf das untergeordnete Straßennetz innerhalb des Untersuchungsgebietes. Aufgrund der Anzahl an verlagerten Fahrten kommt es an den bereits stark belasteten Knotenpunkten Dietrichsteinplatz, Schillerplatz, Münzgrabenstraße – Brucknerstraße und am Doppelknoten Münzgrabenstraße – Moserhofgasse/Fröhlichgasse zu Kapazitätsproblemen. Für die Knotenpunkte Brucknerstraße und Schillerplatz wurden Festzeitsteuerungen entworfen, um die Knotenpunkte künftig über eine VLSA effektiver zu regeln. Neben den Einschränkungen für den Kfz- Verkehr an den Knotenpunkten, wurden Einflüsse auf den öffentlichen Verkehr, die Erreichbarkeit von einzelnen Objekten, sowie die Reduktion der Parkstände betrachtet. Einzelne Linien des öffentlichen Verkehrs müssten geringfügige Umwegfahrten, etwa über die Münzgrabenstraße, in Kauf nehmen. Auch wird es ohne Begleitmaßnahmen an den erwähnten Knotenpunkten zu Einschränkungen im öffentlichen Verkehr kommen. Alle Objekte entlang der Mandellstraße/Petersgasse werden weiterhin gut erreichbar sein. Vereinzelt müssen aus südlicher Richtung kleinere Umwege in Kauf genommen werden. Für die Umsetzung des Radhighways ist die Reduktion der Stellplätze entlang der Petersgasse/Mandellstraße erforderlich. Etwa 110 Stellplätze des Kfz- Verkehrs müssten der Radverkehrsinfrastruktur weichen. Durch gegebenenfalls notwendige Planungsmaßnahmen an den Knotenpunkten könnten nochmals rund 20 Stellplätze entfallen.

Neben den Verlagerungen wurde im Modell auch versucht, eine Modal Split Abschätzung durchzuführen. Durch gezielte Abminderung der Fahrten in einzelnen Bereichen konnte ein Umstieg vom Kfz- auf das Rad dargestellt werden. Erste Abschätzungen zeigen, dass sich die Anzahl der Kfz-Fahrten in beiden Spitzenstunden im Durchschnitt um bis zu 400 Fahrten pro Stunde verringern könnte. In einem weiterführenden Schritt wurde versucht darzustellen, welche möglichen Routen durch die vom Kfz auf das Rad umgestiegenen Verkehrsteilnehmer gewählt werden. Durch die Verteilung der neu gewonnenen Radfahrer auf das Netz ergibt sich ein zusätzliches Potenzial von über 150 Radfahrern pro Spitzenstunde auf dem neuen Rad-Highway.

7.2 Ausblick

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurde eine mögliche Führungsform der Radschnellverbindung in der Mandellstraße/Petersgasse detailliert auf seine Wirkungen auf den Verkehr untersucht. Der nächste Schritt in der Untersuchung stellt die Erarbeitung von Detaillösungen für Anschlussstellen und Kreuzungspunkte dar. Einige Grundlagen für die Ausführung an Kreuzungen und Knotenpunkten wurde bereits in dieser Arbeit behandelt. Ein fehlender Punkt hierbei ist vor allem die architektonische Gestaltung in Bezug auf die Raumplanung. Das größte Gefahrenpotenzial für Radfahrer entlang des Rad-Highways liegt an jenen Punkten, an denen der Kfz- Verkehr den Radweg kreuzt. Diese sicherheitsrelevanten Aspekte benötigen eine weiterführende detaillierte Betrachtung.

Auch im Bereich Oberflächenbeschaffenheit und Bodenmarkierung wurden noch keine konkreten Planungsmaßnahmen getätigt. Die Mitte 2018 neu erscheinende RVS für den Radverkehr soll in diesen Punkten Abhilfe schaffen. Darin sollen laut ersten Angaben Richtlinien und Empfehlungen für Radschnellverbindungen enthalten sein, die für eine Detailplanung des Rad-Highways herangezogen werden können.

Bei Betrachtung der zahlreichen negativen Auswirkungen auf das umliegende Verkehrsgeschehen wäre ein alternativer Ansatz oder eine gänzlich andere Führungsform anzudenken. Besonders ins Auge gefasst werden sollte eine mögliche Ausführungsvariante als Fahrradstraße. Speziell für die in Graz besonders kritisch gesehene Parkplatzsituation würde diese Führungsform enorme Vorteile gegenüber der ursprünglichen Variante mit sich bringen. Auch in punkto Kosten zeichnet sich die Fahrradstraße gegenüber einem Radweg aus.

Ein weiterer wichtiger Ansatz besteht darin, zu prüfen, ob der Rad-Highway Mandellstraße/Petersgasse zu einem Radschnellweg erweitert werden kann. Denkbar wäre eine Variante, in der die geplante Radschnellverbindung die Grazer Hauptradroute 7 Richtung Raaba ersetzen könnte. Diese verläuft im nördlichen Bereich ohnehin nahezu parallel zum geplanten Rad-Highway. Um auch Pendler zu einer Änderung in der Verkehrsmittelwahl zu bewegen, ist eine Fortsetzung der neuen Radinfrastruktur ins Umland notwendig.

Als abschließende Schlussfolgerung ist die Errichtung des Rad-Highways in der Mandellstraße/Petersgasse, mit Blick auf die Mobilitätsziele der Stadt Graz sowie die deutlich verbesserte Sicherheit für den bestehenden Radverkehr, sinnvoll. Die vorerst großen Einschränkungen für den Kfz- Verkehr würden durch mögliche Änderungen im Modal Split, sowie Begleitmaßnahmen auf den umliegenden Hauptverkehrsadern, in einem moderaten Maß bleiben. Schlüsselprojekte wie der Rad-Highway können ein deutliches Zeichen setzen, in welche Richtung die Verkehrspolitik der Stadt Graz gehen kann, um eine zukunftssichere und umweltfreundliche Mobilität sicherzustellen.

Literaturverzeichnis

Abteilung für Verkehrsplanung - Stadt Graz (2011), *Verkehrsplanungsrichtlinie der Stadt Graz*, Graz.

ADFC, E., ADFC, F., ADFC, N. and ADFC, S. (2014), *Vorschläge für Radschnellverbindungen in der Metropolregion Nürnberg*.

AGFS (2017), "Radschnellwege in NRW. Projekte", available at: <http://www.radschnellwege.nrw/> (accessed 11 October 2017).

Amt der Vorarlberger Landesregierung (2017), *Wissenswertes zur Fahrradstraße*, Feldkirch.

Baker, J., Bernet, J., Humbert-Droz, P., Leuenberger, G., Schmid, M., Schotten, E., Wiesmann, C. and Kobi, F. (2017), *Hinweise für die Planung von Veloschnellrouten („Velobahnen“) in Städten und Agglomerationen*, Forschungsprojekt SVI 2014/006 auf Antrag der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI).

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2016), *Der Faktor Zeit im Radverkehr: Daten, Fakten und Maßnahmen zur Beschleunigung des Radverkehrs*, Wien.

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT (2015), *Neue Wege zur Förderung des Radverkehrs in Gemeinden: Die Umsetzung von Fahrradstraßen, Begegnungszonen und Radwegen ohne Benützungspflicht*, Wien.

Bundesrepublik Deutschland (1934), *Straßen-Verkehrsordnung: StVO Fassung: 06. März 2013*.

COWI, Grontmij, Rambøll and Projektsekretariatet Supercykelstier (2014), *Konzept Supercykelstier: Samlet koncept for Supercykelstier*.

COWI Denmark (2014), *Farumruten: Evaluering*, im Auftrag von: Sekretariatet for Supercykelstier, Lyngby.

Fallast, K. and Huber, G. (2015), *Mobilitätskonzept Graz 2020: Massnahmenprogramm*, Auftraggeber: Magistrat der Stadt Graz, Verkehrsplanung, Graz.

Fallast, K. and Moser, M. (2016), *Erste Machbarkeitsstudie für einen Rad-Highway in der Mandellstraße/Petersgasse*.

Fellendorf, M. (2016), *Verkehrsplanung: Verkehrsmodelle*, Vorlesungsskriptum, Graz.

Fellendorf, M., Flucher, S., Ziegerhofer, S., Fallast, K. and Moser, M. (2017), *Radhighway Mandellstraße: Studie zur Verkehrlichen Machbarkeit*, Graz.

FGM - Forschungsgesellschaft Mobilität (2007), *Endbericht Haupttradrouten in Graz und Graz-Umgebung*, Auftraggeber: Amt der Steiermärkischen Landesregierung Fachabteilung 18A – Gesamtverkehr und Projektierung, Graz.

- Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2015), *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen: HBS 2015, W1, Wissensdokumente*, 299 B, Ausg. 2015, Stand: 18.9.2015, FGSV-Verl., Köln.
- Frehse, L. (2017), "Eine Radlautobahn von München nach Garching", available at: <http://www.sueddeutsche.de/muenchen/radfahren-eine-radlautobahn-von-muenchen-nach-garching-1.3436723> (accessed 11 October 2017).
- GIS-Steiermark (2017), *Digitaler Atlas*, Land Steiermark - Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- Glösl, C. (o. J.), "Grazer Radwege", available at: <https://www.cityradeln.at/grazer-radwege.html> (accessed 2 October 2017).
- Groot, R.d. (Ed.) (2016), *Design manual for bicycle traffic, CROW-record*, Vol. 28, revised edition, CROW, Ede.
- GUARD (2011), *Endbericht Forschungsprojekt GUARD: Guaranteed Ride Home*, Institut für Straßen und Verkehrswesen - Technische Universität Graz; Planungsbüro Verkehr plus, Graz.
- Gwiasda, P., Alrutz, D., Angenendt, W., Berg, G., Blase, A., Bohle, W., Bracher, T., Gloßat, M., Gündel, D., Haase, M., Hansen, C., Kettler, D., Koerdt, A., Köhnlein, C., Krause, J., Lemm, T., Petry, U., Schulz, L., Thiemann-Linden, J. and Tiffe, A. (2014), *Arbeitspapier Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen, FGSV W2, Wissensdokumente*, 284/1, Ausg. 2014, FGSV-Verl., Köln.
- Gwiasda, P., Bracher, T., Angenendt, W., Alrutz, D., Berg, G., Bohle, W., Gloßat, M., Gündel, D., Haase, M., Hansen, C., Kettler, D., Köhnlein, C., Krause, J., Lemm, T., Petry, U., Schulz, L., Thiemann-Linden, J. and Ulbrich, G. (2010), *Empfehlungen für Radverkehrsanlagen: ERA, FGSV R2, Regelwerke*, Vol. 284, Ausg. 2010, FGSV-Verl., Köln.
- Hamburger, W. and Freie Hansestadt Bremen (2015), "Radverkehrsförderung im Verkehrsentwicklungsplan Bremen 2025", available at: <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/praxis/radverkehrsfoerderung-im-verkehrsentwicklungsplan> (accessed 11 October 2017).
- Hönig, M. (o. J.), "Entwicklung der Grazer Radfahrinfrastruktur. Velo City-Konferenz", available at: http://graz.radln.net/cms/dokumente/10827892_25359464/c72416c4/Hoenig_.pdf (accessed 18 October 2017).
- Horsteiner, D. (2017), "Salzburg braucht Radschnellwege!", available at: <http://forum-mobil.at/salzburg-braucht-radschnellwege/> (accessed 1 September 2017).

- Koch, H., Stadler, P., Reinberg, S., Schrögenauer, R. and Palacz, B. (2016), *Potenzialstudie Premium-Radverbindung Salzburg - Freilassing*, Schlussbericht im Auftrag von: Magistrat der Stadt Salzburg, Gmunden.
- Land Salzburg (2015), *Salzburg Mobil 2025: Salzburger Landesmobilitätskonzept*, Dialogforum.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2009), *Cycling in the Netherlands*, General brochure about bicycle use and bicycle policy in the Netherlands.
- Ministerium des Innern und für Sport - Rheinland Pfalz (2016), "Land plant Radschnellverbindung von Bingen nach Mainz", available at: <https://mdi.rlp.de/de/service/pressemitteilungen/detail/news/detail/News/land-plant-radschnellverbindung-von-bingen-nach-mainz/> (accessed 11 October 2017).
- Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (2017), "Radschnellverbindungen aus einer Hand: Land realisiert drei Pilotstrecken", available at: <https://vm.baden-wuerttemberg.de/de/ministerium/presse/pressemitteilung/pid/radschnellverbindungen-aus-einer-hand-land-realisiert-drei-pilotstrecken/> (accessed 11 October 2017).
- Nimrich, J. (2017), "Freie Fahrt für Radfahrer?! - Radschnellwege im Fokus", available at: <http://www.aktiv-radfahren.de/reportage/radschnellwege-deutschland> (accessed 12 September 2017).
- Österreichische Raumordnungskonferenz (2015), *ÖROK - Regionalprognosen 2014*, Wien.
- Österreichischen Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr (2014), *RVS 03.02.13: Radverkehr*, Wien.
- Österreichischer Nationalrat (2013), *§ 67 StVO 1960 Fahrradstraße*.
- PTV AG (2015), *PTV Visum - Handbuch: Visum 15*, Karlsruhe.
- Radlobby Österreich (2015), "Mehr Fahrradstraßen für Österreich", available at: <https://www.radlobby.at/oesterreich/mehr-fahrradstrassen-fuer-oesterreich> (accessed 1 October 2017).
- Robatsch, K. (2017), *Radnetzplanung - die österreichischen Richtlinien*, Sommerakademie 2017, TU Graz.
- Rottenberg, T. (2013), "Wiental Radweg: Ein Radweg, der gar keiner ist", *Der Standard*, 19 July, available at: <http://derstandard.at/1373513219651/Wiental-Radweg-Ein-Radweg-der-gar-keiner-ist> (accessed 4 October 2017).
- SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER (o. J.), "Cycle Superhighways", Cycle Superhighways in the Capital Region of Denmark, available at: supercykelstier.dk (accessed 30 August 2017).

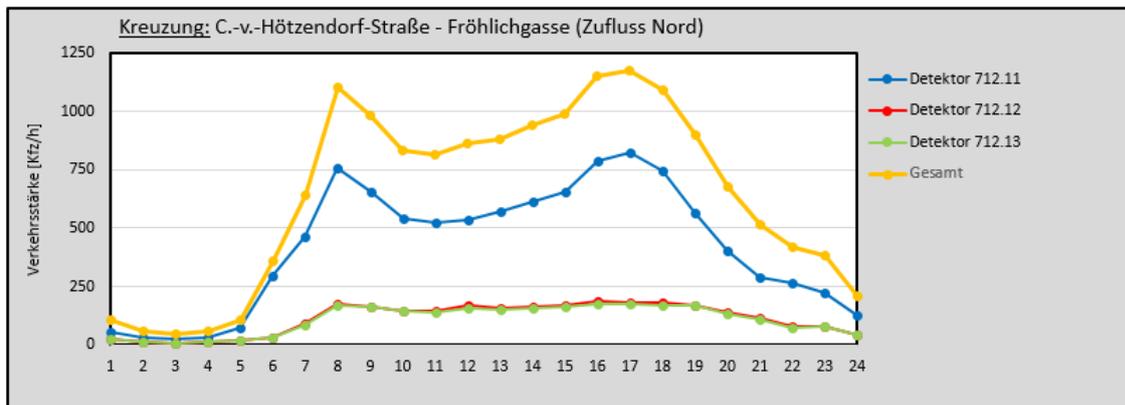
- Spapè, I. (2016), *(Fast) alles über Radschnellstrecken in Europa in 10 Fragen...: Sind Sie Radschnellwegexperte?, Perspektiven innovativer Radverkehrsförderung für NRW*, Essen.
- Spapè, I., Fuchs, C. and Gerlach, J. (2015), *Status Quo und Erfahrungen mit der Planung und dem Betrieb von Radschnellwegen in den Niederlanden, Dänemark, Großbritannien und Deutschland*.
- Stadt Salzburg (2017), *Mehr Mobilität für alle: Radverkehrsstrategie 2025+*, Salzburg.
- Stadtentwicklung Wien (o. J.a), "Konzept für Rad-Langstrecken in Wien", available at: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/radwege/langstrecken/index.html> (accessed 30 August 2017).
- Stadtentwicklung Wien (o. J.b), "Qualitätskriterien für Rad-Langstrecken", available at: <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/radwege/langstrecken/qualitaetskriterien.html#anlage> (accessed 30 August 2017).
- Talens, H. (2017), *Radverkehrssicherheit durch fehlerverzeihende Straßen, Sommerakademie 2017*, Graz.
- Tomschy, R., Herry, M., Sammer, G., Klementsitz, R., Riegler, S., Follmer, R., Gruschwitz, D., Josef, F., Gensasz, S., Kirnbauer, R. and Spiegel, T. (2016), *Österreich unterwegs 2013/2014: Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung „Österreich unterwegs 2013/2014“*, Wien.
- Transport For London (2013), *Central London Grid: Changing the culture of cycling in London*, Proposed cycle routes in central London for local engagement, London.
- Transport For London (2014), *London Cycling Design Standards*, Consultation for draft.
- Velokonferenz Schweiz (2015), *Velobahnen: Grundlagendokument*, Bern.
- ZIS+P and Stadt Graz (2014), *Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung 2013*, Im Auftrag von: Magistrat der Stadt Graz; Abteilung für Verkehrsplanung, Graz.

Anhang B – Zähldaten

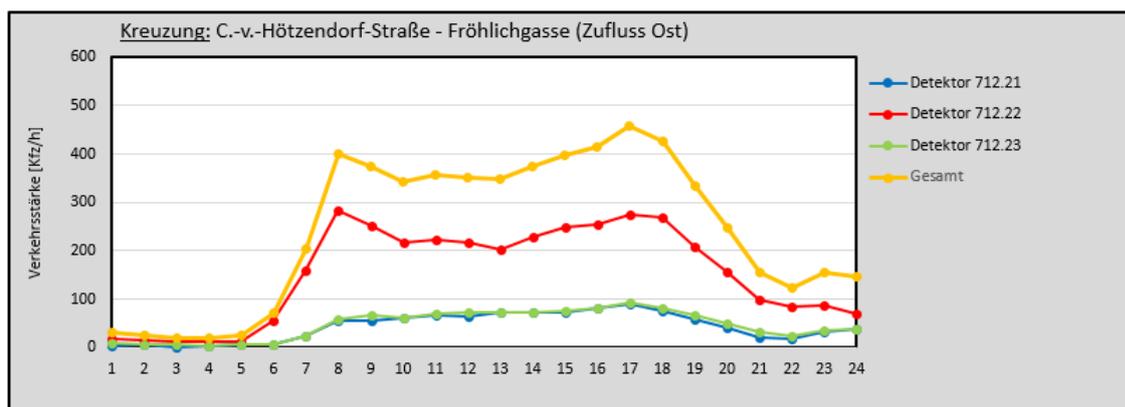
Streckenbelastungen (Detektorzähldaten)

Kreuzung: Conrad v. Hötendorfstr. - Fröhlichgasse		
	<u>Q [KFZ/h]</u>	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt C.v.H. Norden		
712.11 + 712.12 + 712.13	934	1001
Querschnitt Fröhlichgasse Osten		
712.21 + 712.22 + 712.23	398	458
Querschnitt Fröhlichgasse Westen		
712.41 + 712.42	267	253

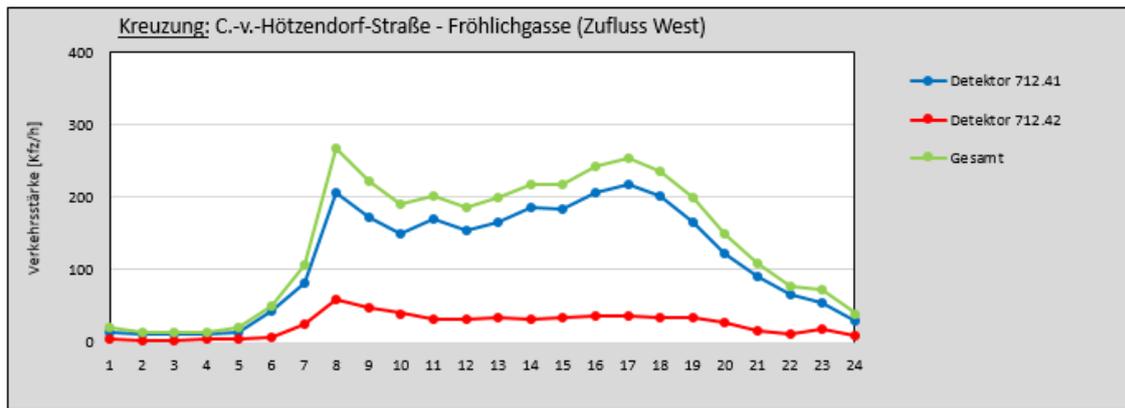
Norden:



Osten:



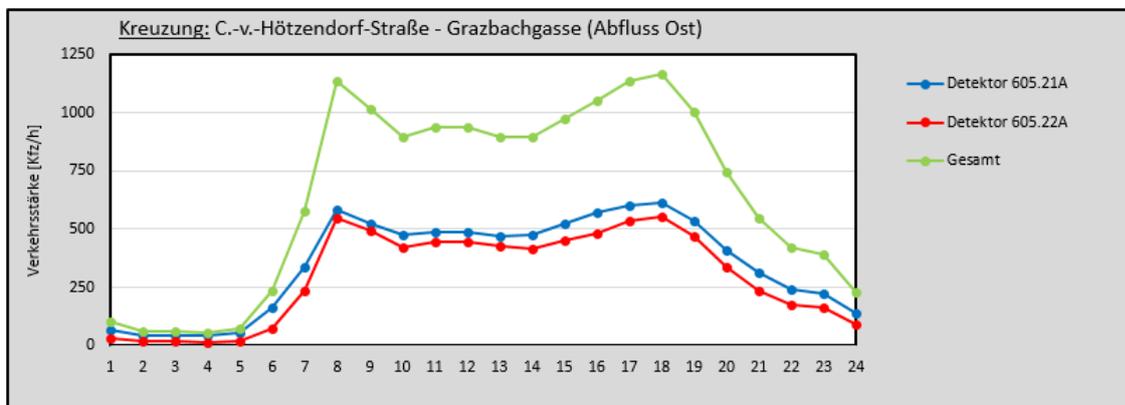
Westen:



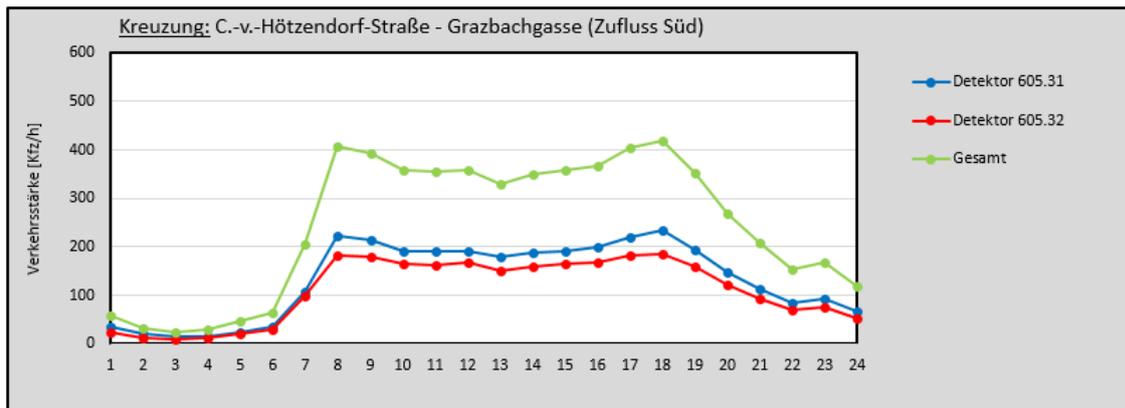
Kreuzung: C.v.-Hötzendorf-Straße - Grazbachgasse

	Q [Kfz/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt C.v.H.		
605.31 + 605.32	407	403
Querschnitt Grazbachgasse Osten		
605.21A + 605.22A	1134	1138
Querschnitt Grazbachgasse Westen		
605.41 + 605.42	1183	1214

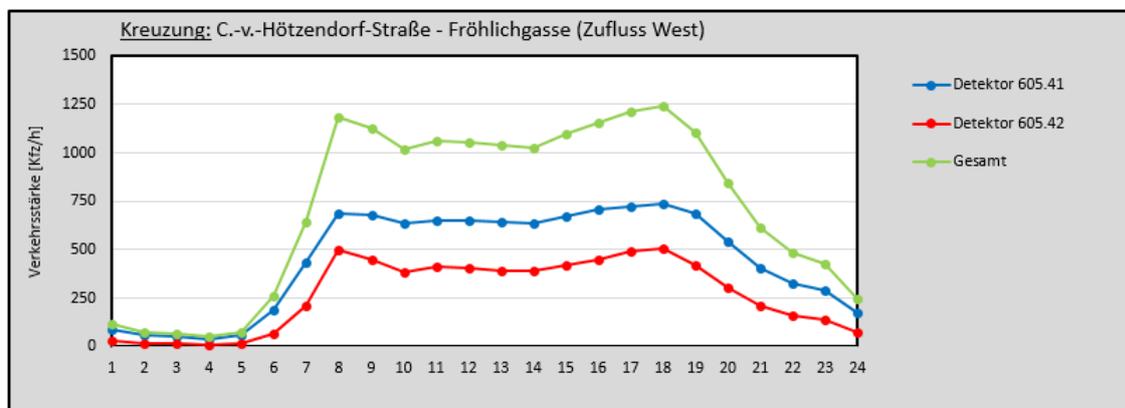
Osten:



Süden:



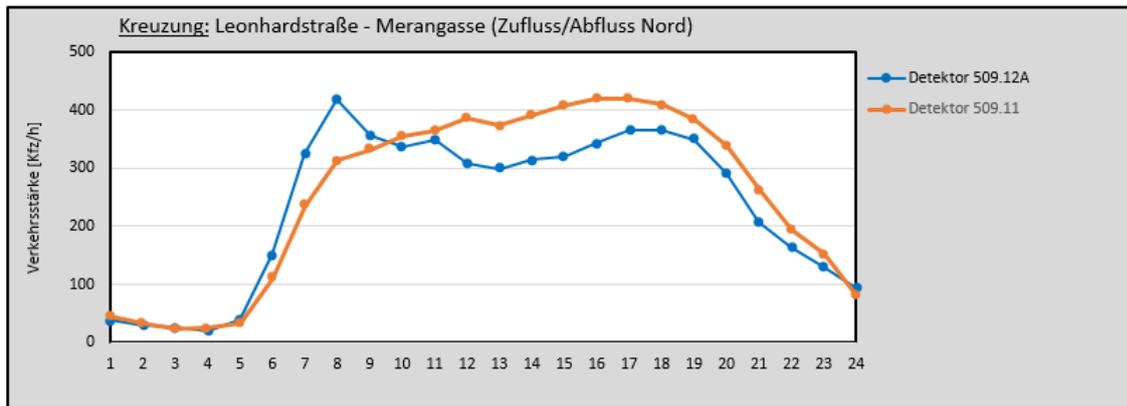
Westen:



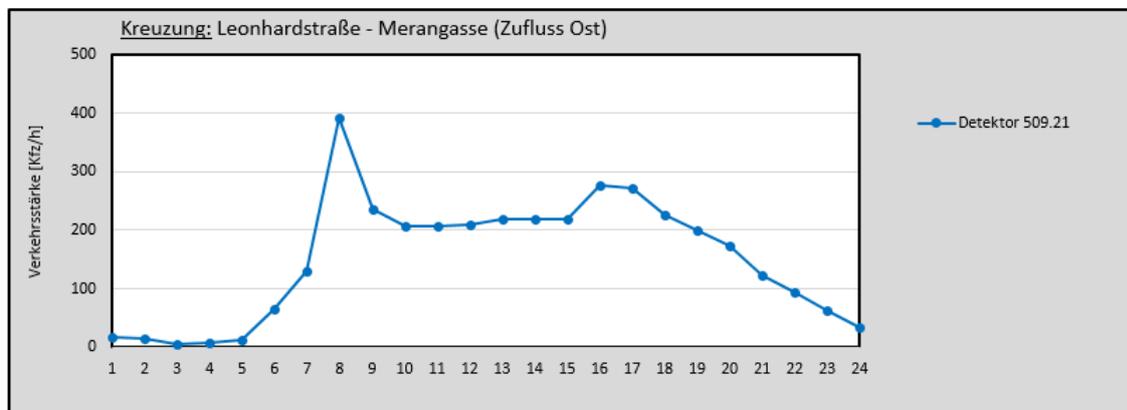
Kreuzung: Leonhardstraße - Merangasse

	Q [Kfz/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Merangasse Norden		
509.11	314	420
509.12A	418	366
Querschnitt Leonhardstr. Osten		
509.21	391	273
Querschnitt Merangasse Süden		
509.31	379	364
509.32A	455	580

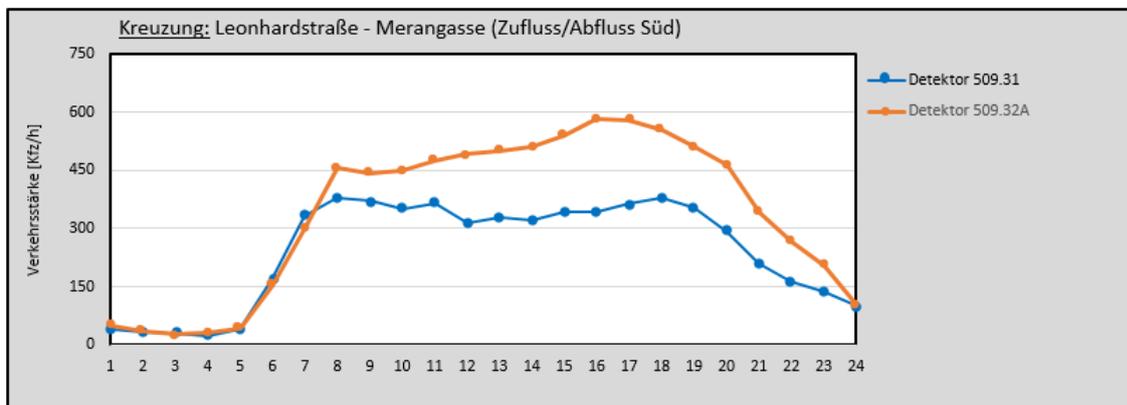
Norden:



Osten:



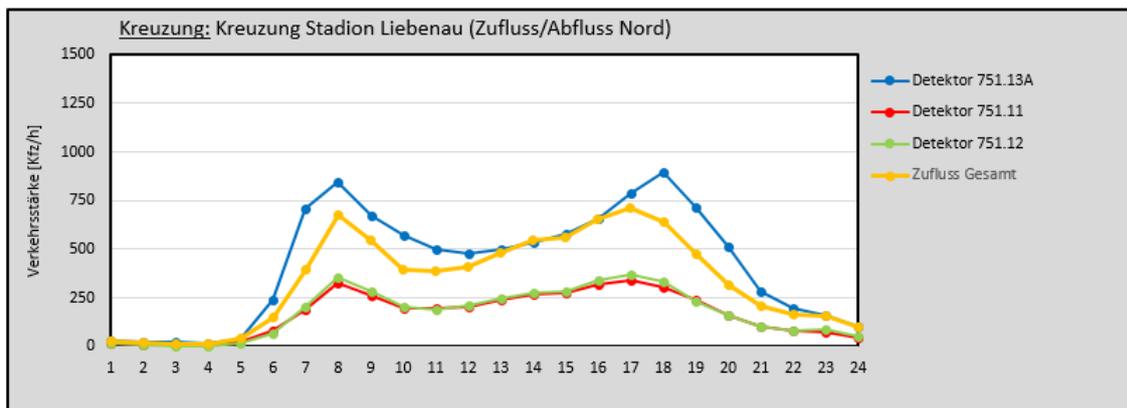
Süden:



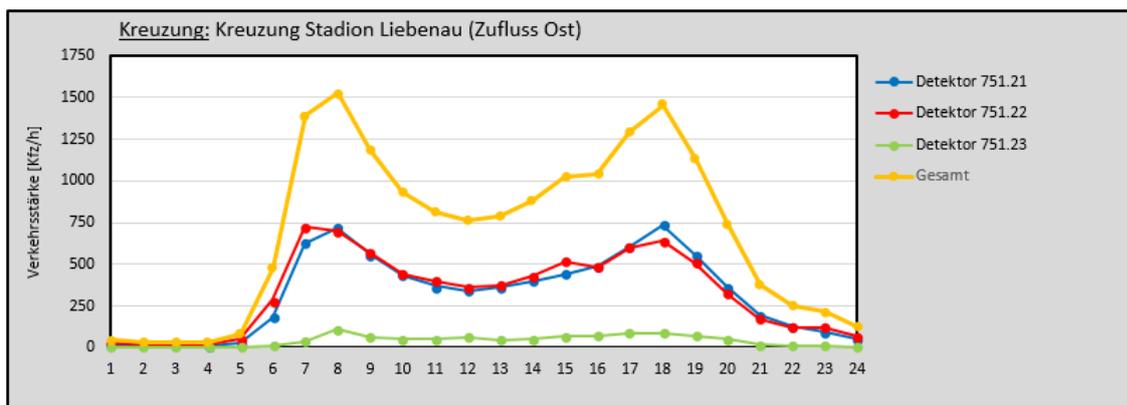
Kreuzung: Stadion Liebenau

	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Münzgrabenstraße		
751.11 + 705.12	678	713
751.13A	847	785
Querschnitt Liebenauer Hauptstraße		
751.31 + 751.32 + 751.33	292	416
Querschnitt Liebenauer Tangente		
751.21 + 751.22 + 751.23	1525	1294
Querschnitt Ulrich-Lichtenstein-Gasse		
751.41 + 751.42 + 751.43	936	1185
751.44A	852	751

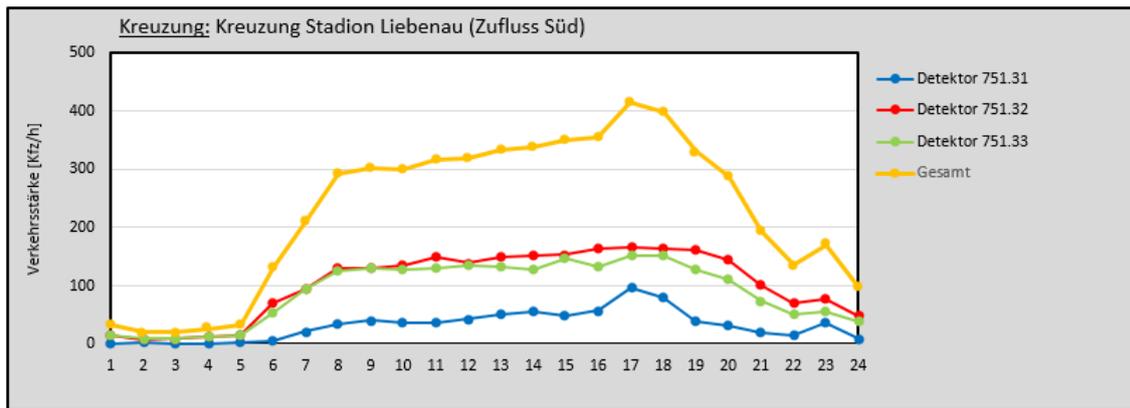
Norden:



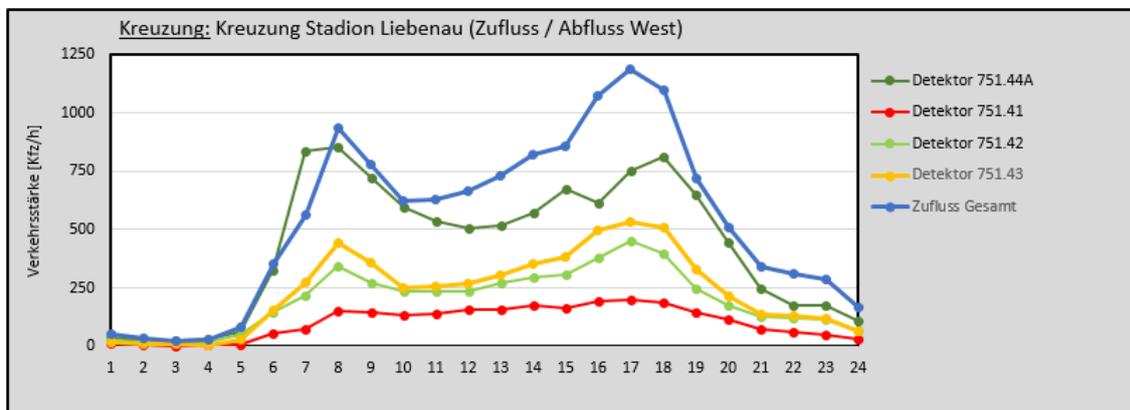
Osten:



Süden:



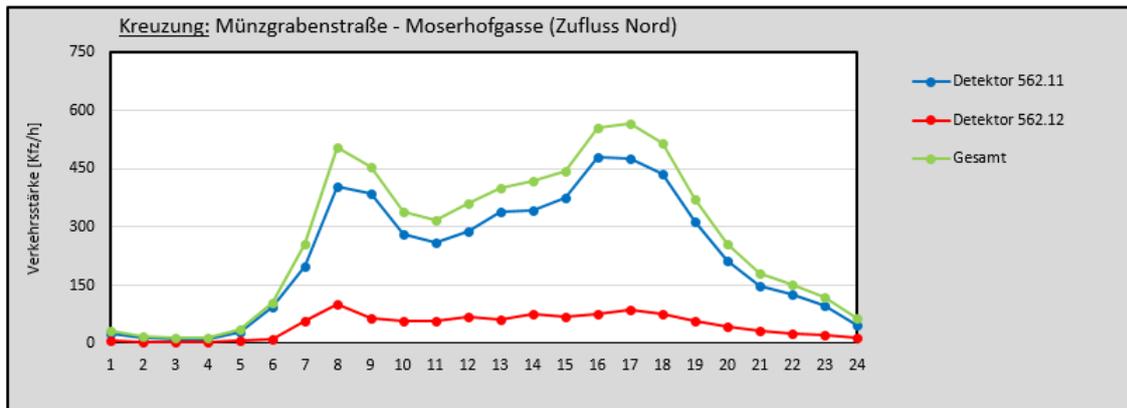
Westen:



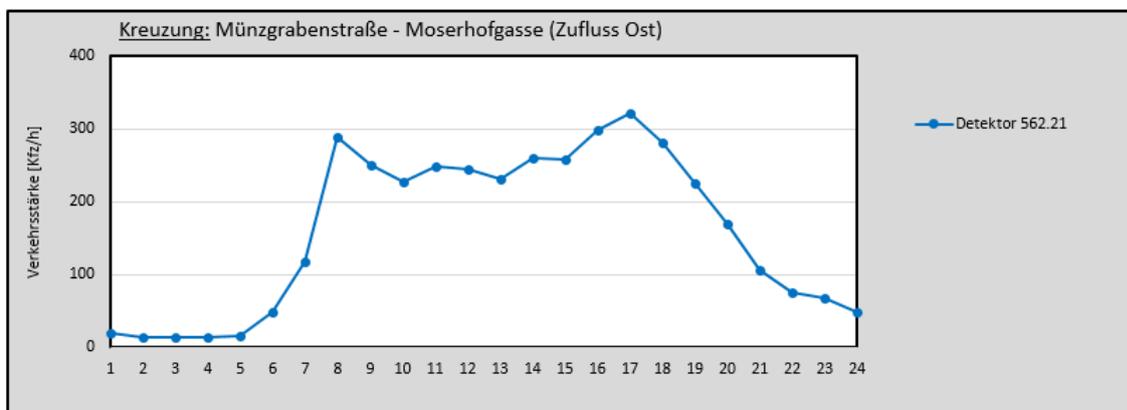
Kreuzung: Münzgrabenstraße - Moserhofgasse

	Q [Kfz/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Münzgrabenstr. N		
562.11 + 562.12	505	566
Querschnitt Münzgrabenstr. S		
562.31	687	696
Querschnitt Moserhofgasse		
562.21	289	322

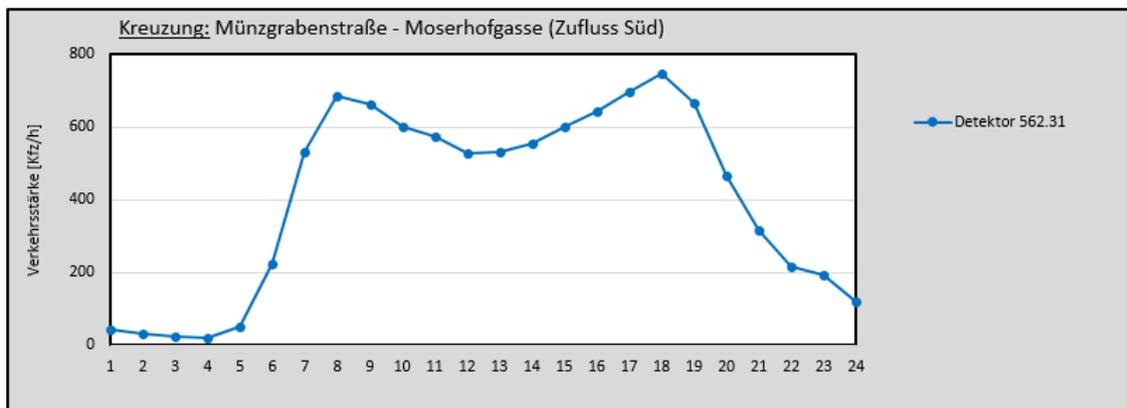
Norden:



Osten:



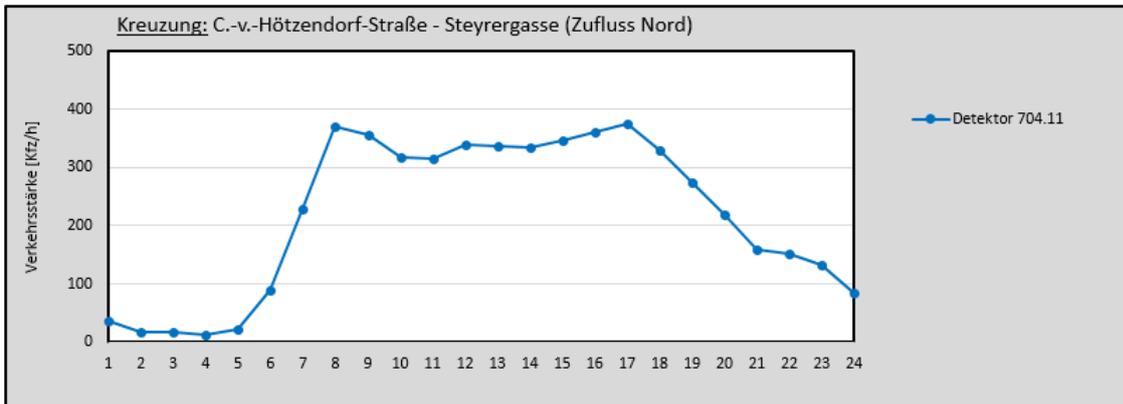
Süden:



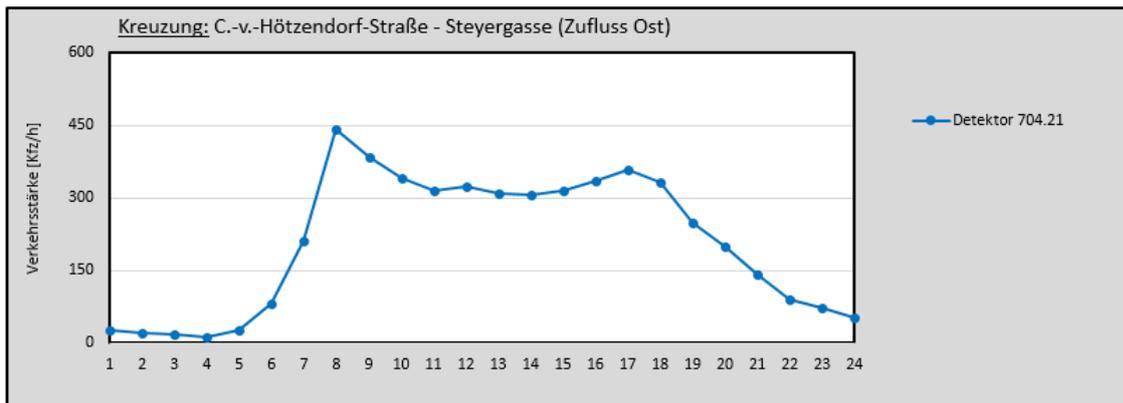
Kreuzung: Steyergasse - Conrad v. Hötzendorfstraße

	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt C.v.H Norden		
704.11	370	375
Querschnitt C.v.H Süden		
704.31	459	397
704.32A (Abfahrt)	469	446
Querschnitt Steyergasse Osten		
704.21	441	358
Querschnitt Steyergasse Westen		
704.41	139	119

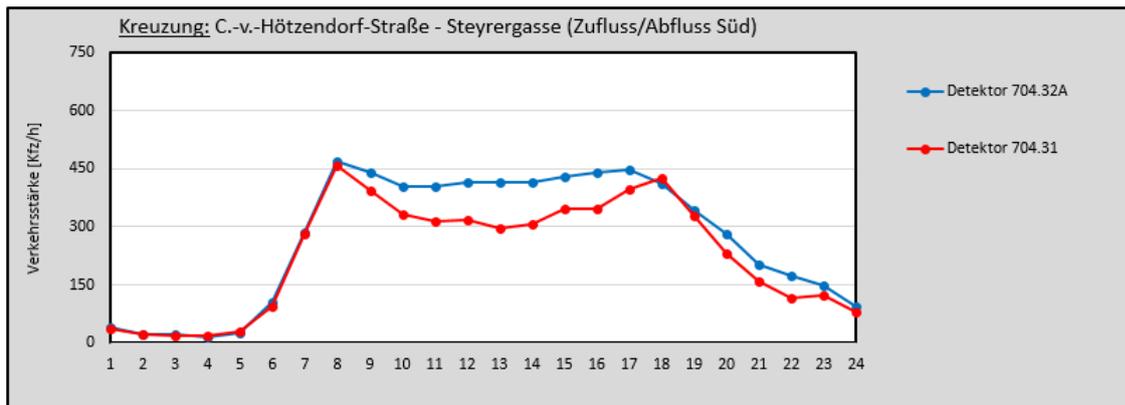
Norden:



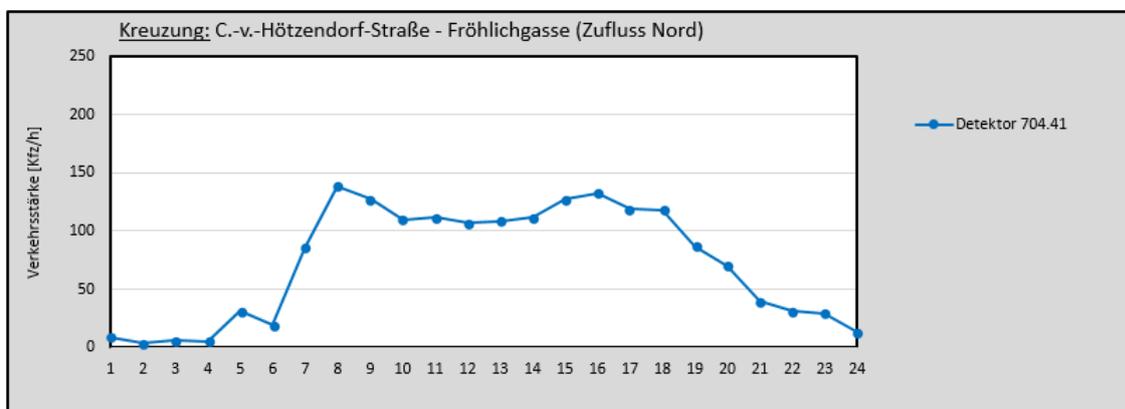
Osten:



Süden:



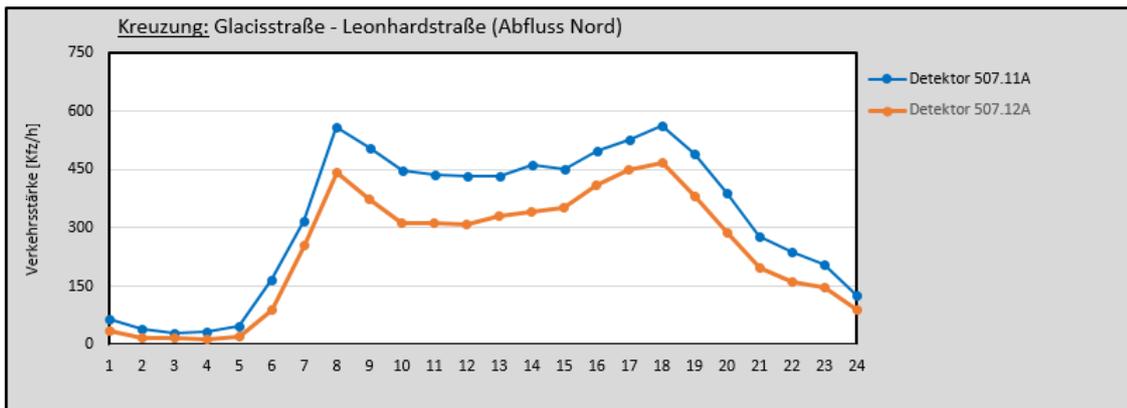
Westen:



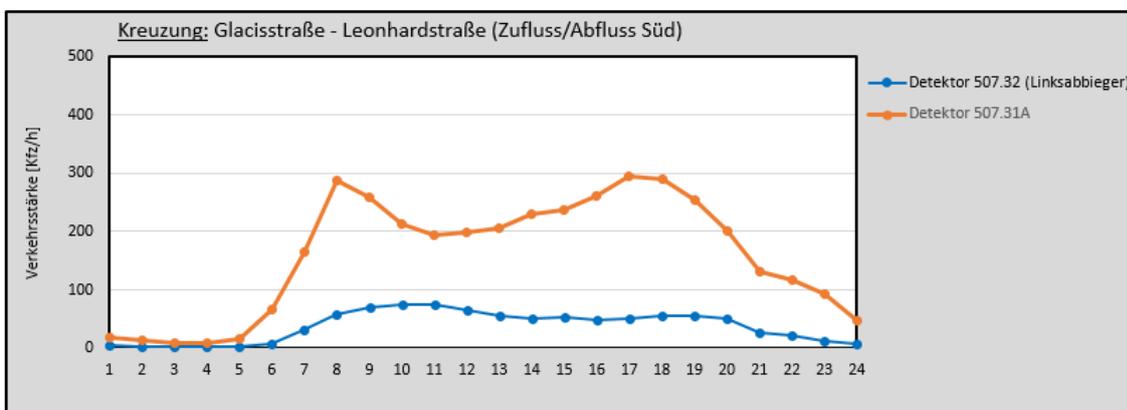
Kreuzung: Glacisstraße - Leonhardstraße/Erzherzog-Johann-Allee

	Q [Kfz/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Glacis Norden		
507.11A + 507.12A (Abfluss)	1005	977
Querschnitt Glacis Süden		
507.31A (Abfluss)	288	296
507.32 (Linksabbieger)	59	51

Norden:



Süden:



Abbiegerbelastungen (Handzählung):

Kreuzung: St.Peter Hauptstraße - Plüddemanngasse

	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt St.Peter Hauptstraße		
links	296	221
gerade	604	597
rechts	0	0
Querschnitt Petersgasse		
links	247	209
gerade	0	0
rechts	201	296
Querschnitt Plüddemanngasse		
links	0	0
gerade	643	619
rechts	212	221

Kreuzung: Koßgasse - Plüddemanngasse

	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Plüddemanngasse Nord		
links	0	0
gerade	570	544
rechts	121	112
Querschnitt Koßgasse		
links	141	118
gerade	0	0
rechts	163	270
Querschnitt Plüddemanngasse Süd		
links	249	213
gerade	775	683
rechts	0	0

Kreuzung: Petersgasse - Waltendorfer Gürtel

	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Petersgasse Nord		
links	157	263
gerade	272	340
rechts	0	0
Querschnitt Waltendorfer Gürtel		
links	184	197
gerade	0	0
rechts	182	151
Querschnitt Petersgasse Süd		
links	0	0
gerade	320	307
rechts	176	186

	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Mandellstraße - Sparbersbachgasse		
Querschnitt Mandellstraße Nord		
links	35	47
gerade	176	230
rechts	10	17
Querschnitt Sparbersbachg. Ost		
links	95	97
gerade	158	134
rechts	113	58
Querschnitt Mandellstraße Süd		
links	24	25
gerade	368	329
rechts	33	34
Querschnitt Sparbersbachg. West		
links	124	93
gerade	319	324
rechts	54	89

	Q [KFZ/h]	
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00
Querschnitt Dietrichsteinplatz - Münzgrabenstraße		
Querschnitt Münzgrabenstraße Süd		
gerade	198	274
rechts	51	76
Querschnitt Dietrichsteinplatz Ost		
gerade	102	76
links	159	125
Querschnitt Dietrichsteinplatz West		
gerade	416	414
rechts	146	174

Kreuzung: Münzgrabenstraße - Steyrergasse			
	Q [KFZ/h]		
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00	
Querschnitt Münzgrabenstraße Nord			
links	43	34	
gerade	354	306	
rechts	36	39	
Querschnitt Steyrergasse Ost			
links	113	110	
gerade	246	145	
rechts	22	21	
Querschnitt Münzgrabenstraße Süd			
links	54	28	
gerade	310	368	
rechts	75	103	
Querschnitt Steyrergasse West			
links	6	18	
gerade	199	235	
rechts	131	100	

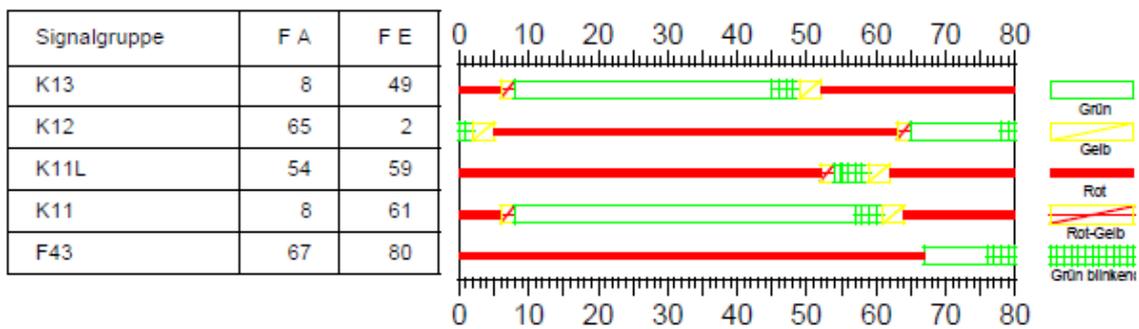
Kreuzung: Petersgasse - Steyrergasse			
	Q [KFZ/h]		
	07:00 - 08:00	16:00 - 17:00	
Querschnitt Petersgasse Nord			
links	0	0	
gerade	249	348	
rechts	156	187	
Querschnitt Petersgasse Süd			
links	219	132	
gerade	336	297	
rechts	0	0	
Querschnitt Steyrergasse West			
links	161	198	
gerade	0	0	
rechts	183	204	

Anhang C – Signalzeitenpläne + Tabellen mit Leistungsfähigkeitsindikatoren

Ergebnisse Morgenspitze Nullfall:

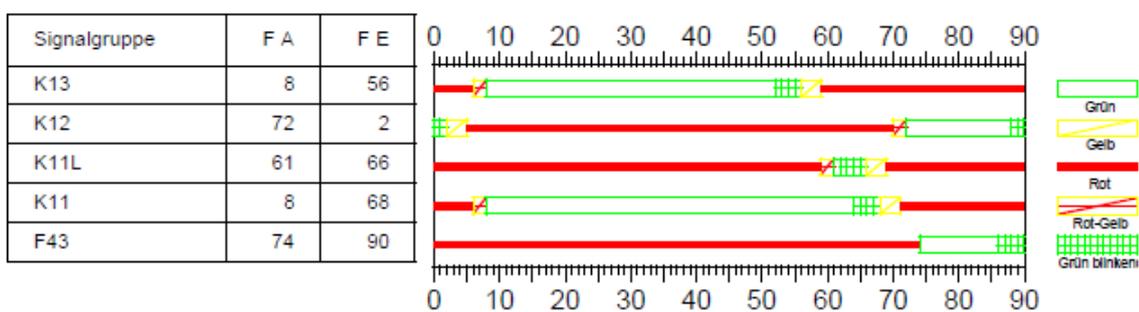
Umlaufzeit - $t_u = 80$ [s]

	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	41	8	49	612	60	15	0.7	3	4	2000	1025
K12	17	65	2	259	61	32	0.9	2	3	2000	425
K11L	5	54	59	60	48	45	1.0	2	2	2000	125
K11	53	8	61	487	37	6	0.4	2	4	2000	1325
F43	13	67	80	---	---	28	---	---	---	---	---



Umlaufzeit - $t_u = 90$ [s]

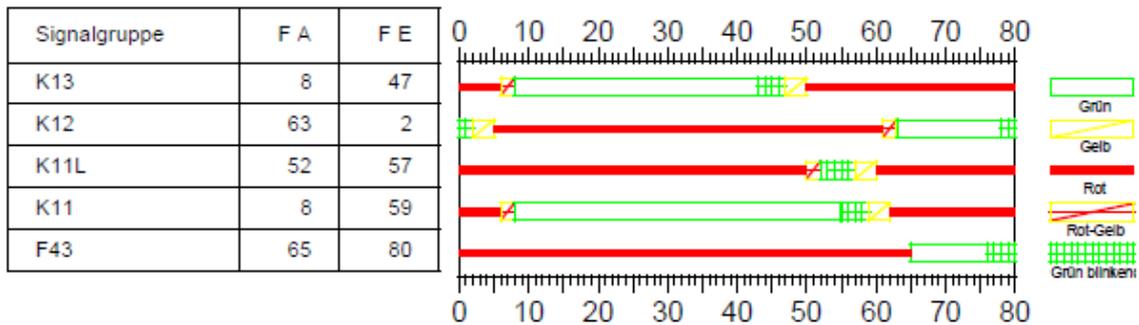
	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	48	8	56	612	57	15	0.7	3	4	2000	1066
K12	20	72	2	259	58	33	0.9	2	3	2000	444
K11L	5	61	66	60	54	54	1.0	2	3	2000	111
K11	60	8	68	487	37	7	0.4	2	4	2000	1333
F43	16	74	90	---	---	30	---	---	---	---	---



Ergebnisse Morgenspitze Planfall:

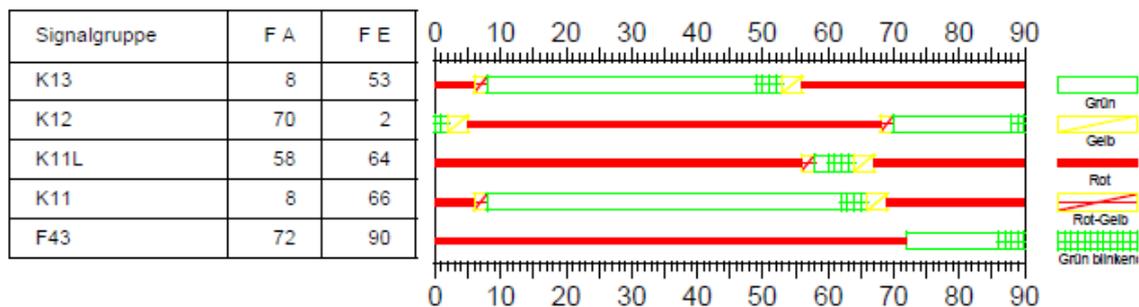
Umlaufzeit - $t_u = 80$ [s]

	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	39	8	47	625	64	17	0.7	3	4	2000	975
K12	19	63	2	298	63	30	0.9	2	4	2000	475
K11L	5	52	57	76	61	53	1.0	3	3	2000	125
K11	51	8	59	472	37	7	0.5	2	4	2000	1275
F43	15	65	80	---	---	26	---	---	---	---	---



Umlaufzeit - $t_u = 90$ [s]

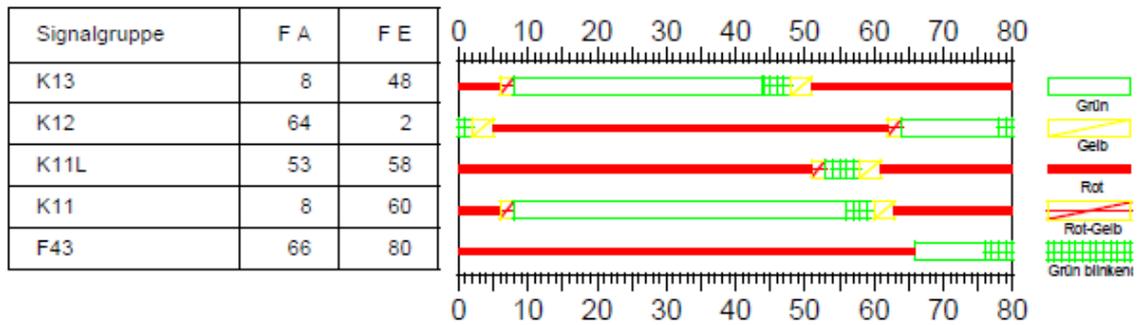
	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	45	8	53	625	63	17	0.7	3	4	2000	1000
K12	22	70	2	298	61	32	0.9	2	3	2000	488
K11L	6	58	64	76	57	53	1.0	2	3	2000	133
K11	58	8	66	472	37	7	0.5	2	4	2000	1288
F43	18	72	90	---	---	29	---	---	---	---	---



Ergebnisse Abendspitze Nullfall:

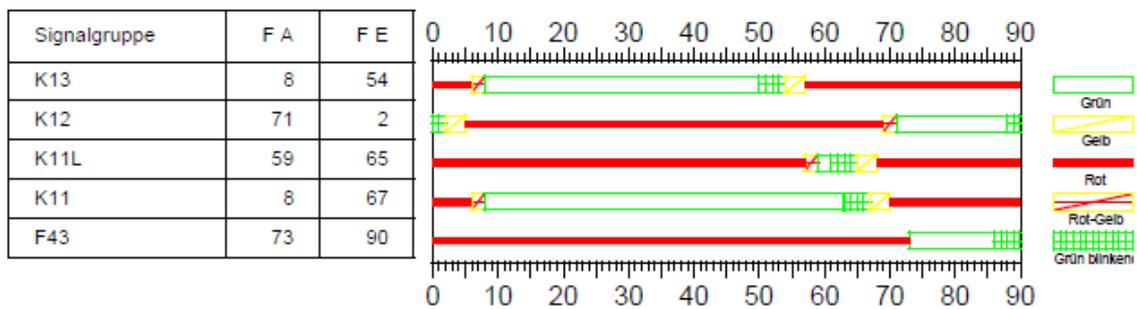
Umlaufzeit - $t_u = 80$ [s]

	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	40	8	48	614	61	16	0.7	3	4	2000	1000
K12	18	64	2	282	63	31	0.9	2	4	2000	450
K11L	5	53	58	78	62	54	1.0	3	4	2000	125
K11	52	8	60	451	35	6	0.5	2	4	2000	1300
F43	14	66	80	---	---	27	---	---	---	---	---



Umlaufzeit - $t_u = 90$ [s]

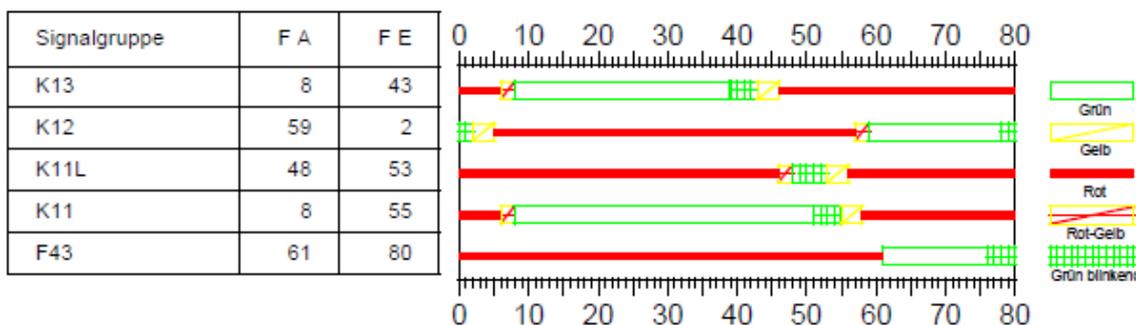
	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	46	8	54	614	60	16	0.7	3	4	2000	1022
K12	21	71	2	282	60	33	0.9	2	3	2000	466
K11L	6	59	65	78	58	54	1.0	2	3	2000	133
K11	59	8	67	451	34	7	0.4	2	4	2000	1311
F43	17	73	90	---	---	30	---	---	---	---	---



Ergebnisse Abendspitze Planfall:

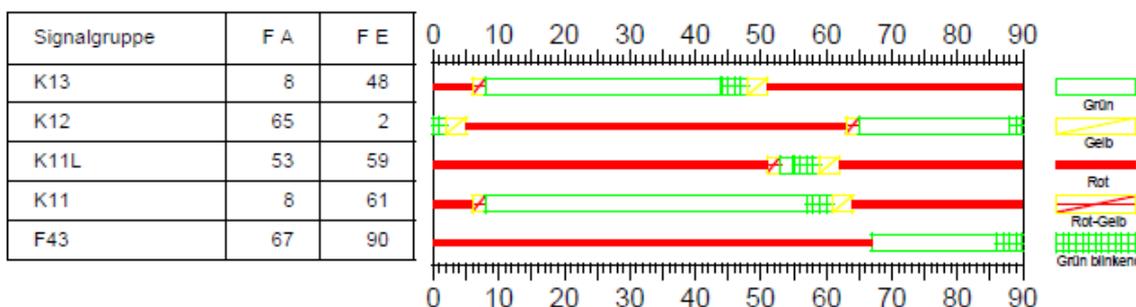
Umlaufzeit - $t_u = 80$ [s]

	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	35	8	43	613	70	21	0.8	3	5	2000	875
K12	23	59	2	403	70	29	0.9	3	4	2000	575
K11L	5	48	53	80	64	56	1.0	3	4	2000	125
K11	47	8	55	446	38	9	0.5	2	4	2000	1175
F43	19	61	80	---	---	23	---	---	---	---	---

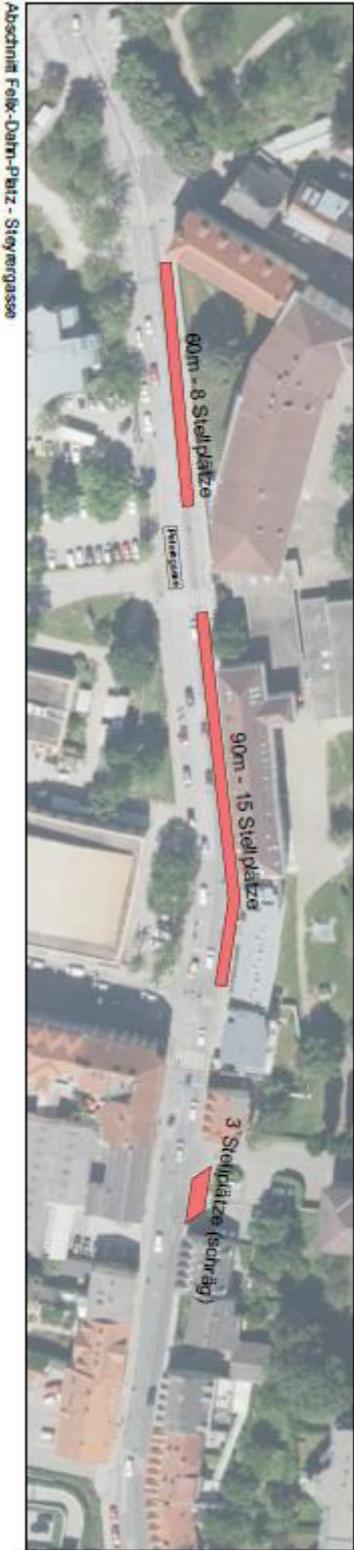


Umlaufzeit - $t_u = 90$ [s]

	t	ta1	te1	q	x	w	h	Ng95	Ng99	Bs	l
	[s]	[s]	[s]	[Fz/h]	[%]	[s]	[-]	[Fz]	[Fz]	[Fz/h]	[Fz/h]
K13	40	8	48	613	69	22	0.8	3	5	2000	888
K12	27	65	2	403	67	30	0.9	3	4	2000	600
K11L	6	53	59	80	60	55	1.0	2	3	2000	133
K11	53	8	61	446	38	10	0.5	2	4	2000	1177
F43	23	67	90	---	---	25	---	---	---	---	---



Anhang D – Lager der reduzierten Stellplätze entlang des Rad-Highways





Abschnitt Steyrergasse - Mosenhofgasse



Abschnitt Mosenhofgasse - Inriedlgasse

Anhang F – Beispiel für das erstellte Zählformular

Zählformular Moserhofgasse – Petersgasse:

Zählung						
Institut für Straßen- und Verkehrswesen Rechbauerstraße 12/II 8010 Graz Web: www.isv.tugraz.at						
Datum: 18.05.2017 Zähler: _____						
Kreuzung Moserhofgasse						
Uhrzeit	Zufahrt Petersgasse Norden		Zufahrt Moserhofgasse		Zufahrt Petersgasse Süden	
06:30 - 06:45						
06:45 - 07:00						
07:00 - 07:15						
07:15 - 07:30						
07:30 - 07:45						
07:45 - 08:00						
08:00 - 08:15						
08:15 - 08:30						
16:00 - 16:15						
16:15 - 16:30						
16:30 - 16:45						
16:45 - 17:00						
17:00 - 17:15						
17:15 - 17:30						
17:30 - 17:45						
17:45 - 18:00						