



Entwurf einer Radverkehrsachse in Graz

Masterarbeit

vorgelegt von
Markus Stocker, 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 24. Oktober 2018

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, am 24.10.2018



Markus Stocker, 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, am 24.10.2018



Markus Stocker, BSc.

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mir beim Erstellen dieser Masterarbeit unterstützend zur Seite gestanden sind.

Für die interessante Aufgabenstellung und Betreuung dieser Arbeit bedanke ich mich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf. Des Weiteren gilt mein Dank Herrn Dipl.-Ing. Stefan Flucher für die aufschlussreichen Betreuungsgespräche und das gute Arbeitsklima.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Studienkollegen und Freunden bedanken, die mich durch mein Studium und abseits davon begleitet haben.

Ein großer Dank gebührt meiner Mutter, die mir meine Ausbildung ermöglicht und mich ständig und in jedem Bereich des Lebens unterstützt hat.

Abschließend bedanke ich mich noch besonders bei meinem Großvater, der stets an meinen Leistungen interessiert war und mich durch mein Leben begleitet hat, bis er 2017, nach der Ausgabe dieser Arbeit, verstorben ist.

Aufgabenstellung für die Masterarbeit

von Markus STOCKER

Rechbauerstraße 12
A-8010 Graz

Tel.: +43 (0) 316 873-6221
Fax: +43 (0) 316 873-4199
isv@tugraz.at

DVR: 008 1833

UID: ATU 574 77 929

Graz, am 03.11.2017

Entwurf einer Radverkehrsachse in Graz

Problemstellung

Das Fahrrad zählt in städtischen Gebieten bereits zu einem beliebten Verkehrsmittel. Verkehrspolitisch ist eine weitere Förderung des Radverkehrs gewünscht, wenn dadurch Kfz-Fahrten ersetzt und die ÖV-Nutzung während der Verkehrsspitzen vermieden werden. Radverkehr zeichnet sich durch eine hohe Umweltfreundlichkeit, geringen Platzbedarf und geringe Nutzerkosten aus. Über kurze Distanzen weist das Fahrrad gegenüber dem ÖPNV und dem Pkw-Verkehr auch eine konkurrenzfähige Reisegeschwindigkeit auf. Für den Infrastrukturbetreiber – meist die Kommune – sind Radverkehrsanlagen verglichen mit ÖV-Trassen oder Straßen für Kraftfahrzeuge kostengünstig im Bau und im Unterhalt. Um die Attraktivität des Fahrrads in der Alltagsmobilität zu fördern, muss jedoch ein lückenloses Netz zur Verfügung stehen. Im Bereich von Hauptverkehrsstraßen müssen entweder eigene Radverkehrsanlagen bereitgestellt werden oder es muss ein parallel verlaufendes Nebenstraßennetz ohne Umwegigkeit für den Radverkehr nutzbar sein.

Im Vergleich zum motorisierten Individualverkehr (mIV) erspart man sich zudem Stausituationen sowie Kosten für den Treibstoffverbrauch und das Parken. Letzteres führt vor allem im urbanen Raum zu Problemen mit der Parkraumsituation. Um die Wahl des Fahrrads als Verkehrsmittel weiter attraktiver zu gestalten und somit diesen Problemen entgegen wirken zu können, bedarf es laufend an Weiterentwicklungen des Radwegenetzangebotes.

Vor allem in einer dicht bebauten Stadt wie Graz, in der viele Studenten auf das Fahrrad zurückgreifen, führt das zu großen Herausforderungen. Zum Großteil ist Graz bereits mit einem gut ausgebauten Radwegenetz ausgestattet. Jedoch besteht speziell in der Innenstadt noch Potential für ein besseres Radwegeangebot. Damit bestünde zugleich die Möglichkeit den hohen Anteil an mIV zu reduzieren und somit die Umwelt zu entlasten. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Achse Oper bis zum Schulzentrum St. Peter. Diese Verbindung ist mit dem Fahrrad zurzeit aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens kaum befahrbar und bedarf durch Umwege einer zu langen Fahrzeit. Um diese Route attraktiver zu gestalten wäre eine Radschnellverbindung, ein sogenannter Fahrrad - Highway, eine mögliche Lösung. Ein Fahrrad - Highway zeichnet sich durch eine breite Fahrspur, sowie größere Radien aus. Ziel dabei ist eine möglichst zügige Wegführung ohne Behinderung anderer Verkehrsteilnehmer, sodass hohe Reisegeschwindigkeiten erreichbar sind. Im Gegensatz zu Österreich existieren in Dänemark, den Niederlanden oder auch in Deutschland schon einige Radschnellverbindungen. Aus den Erfahrungen dieser Staaten sollen nun Vorschläge für die Gestaltung eines Fahrrad - Highways zwischen der Oper und dem Schulzentrum St. Peter erstellt werden.

Aufgabenstellung

Aufbauend auf ein bereits vorhandenes Verkehrsmodell von der Achse Oper bis zum Schulzentrum St. Peter sollen nun die entwurfsspezifischen Aspekte behandelt werden. Dafür werden mehrere Varianten ausgearbeitet und auf ihre Umsetzbarkeit untersucht.

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

- Literaturrecherche zur Querschnitts- und Knotenpunktsgestaltung innerstädtischer Radverbindungen anhand von Beispielen anderer Länder, in denen Radschnellverbindungen bereits eingeführt sind.
- Grobentwurf von mehreren Varianten unter Berücksichtigung von Radwegeführung, Fußgängerführung, Erreichbarkeit von Haus- und Toreinfahrten, Parkständen, sowie der Führung des öffentlichen Verkehrs.
- Variantenvergleich und -auswahl unter Abwägung in Bezug auf flüssige Trassierung für den Radverkehr und Entfall von Parkständen.
- Detailplanung der ausgewählten Variante mit besonderem Schwerpunkt der Knotenpunkte.
- Hinweise bei der Benutzung der Straßenentwurfssoftware VESTRA unter Berücksichtigung der einschlägigen RVS – Richtlinien.

Für die Bearbeitung der Masterarbeit wird die Trassierungssoftware VESTRA vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen zur Verfügung gestellt.

Die Arbeit ist zweifach in DIN A4 gebunden einzureichen. Ein Datenträger mit allen wichtigen Konstruktionsdaten 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

Entwurf einer Radverkehrsachse in Graz

150 Seiten, 128 Abbildungen, 25 Tabellen

In Städten wie Graz zählt das Fahrrad zu den beliebtesten Verkehrsmitteln. Über kurze Distanzen weist es gegenüber dem ÖPNV und dem Pkw-Verkehr eine konkurrenzfähige Reisegeschwindigkeit auf. Durch die Förderung des Radverkehrs können Kfz-Fahrten reduziert und somit Stausituationen vermieden werden. Eine Verringerung des mIV hat auch auf die angespannte Parkraumsituation eine positive Auswirkung. Um die Verlagerung vom Kfz-Verkehr auf den Radverkehr zu forcieren, bedarf es eines attraktiven Angebots der Radinfrastruktur. Insbesondere im Stadtzentrum von Graz besteht hinsichtlich dessen Verbesserungsbedarf.

Im Rahmen einer anderen Arbeit wurde bereits das Nachfragepotenzial einer Radverbindung im Bereich der Mandellstraße und Petersgasse abgeschätzt. Zudem erfolgte für den mIV eine Verkehrsmodellierung.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit dem Entwurf der Radverbindung. Die Radverkehrsachse verbindet die drei Campusbereiche der Technischen Universität Graz und kann von Studierenden und Bediensteten, sowie von Anrainern und Pendlern für ihre alltäglichen Wege ins Stadtinnere genützt werden. Aufgrund fehlender Richtlinien zu Radschnellverbindungen in Österreich wird im ersten Teil der Arbeit über Vorgaben und Empfehlungen anderer Länder berichtet, in denen bereits Radschnellwege zum Einsatz kommen. Nach einer durchgeführten Bestandsanalyse des untersuchten Gebiets werden mehrere unterschiedliche Führungsformen der Radverkehrsachse ausgearbeitet. In diesen Grobentwürfen werden insbesondere die Radwege- und Fußgängerführung, die Erreichbarkeit von Haus- und Toreinfahrten, die Stellplätze, sowie die Führung des öffentlichen Verkehrs berücksichtigt. Unter der Abwägung aller Vor- und Nachteile werden die Varianten gegenübergestellt und der Zweirichtungsradweg als bestmögliche Führungsform für diese Route ausgewählt. Diese Variante wird mit besonderem Schwerpunkt auf die Knotenpunktsgestaltung bis ins Detail geplant und im Anschluss mithilfe der Straßenentwurfssoftware VESTRA visualisiert.

Für die Umsetzung der geplanten Maßnahmen ist eine Änderung der Verkehrsführung notwendig. Geplant ist die Führung des Kfz-Verkehrs stadtauswärts über eine Einbahn, die in der Mandellstraße installiert wird. Zusätzlich würden in etwa die Hälfte der bestehenden Kfz Abstellflächen entfallen. Dagegen können die Kapazitäten der Radabstellplätze verdoppelt und bestehende Radwege in die neue Radverbindung integriert werden. An den Knotenpunkten müssen die Überfahrten speziell über Bodenmarkierungen für den Radverkehr gesichert werden. Bei VLSA-geregelten Kreuzungen sollte der Radverkehr zudem priorisiert werden, damit die Qualität der Radschnellverbindung nicht durch lange Wartezeiten beeinträchtigt wird.

Mit der Umsetzung dieser neuen Radverkehrsachse besteht ein großes Potenzial, zusätzliche Radfahrer für die Alltagsmobilität zu gewinnen und somit die Mobilitätsziele der Stadt Graz zu erreichen. Diese Arbeit soll als erster Entwurf bei der Realisierung der ersten Radschnellverbindung in Graz dienen.

Abstract

Design of a high capacity bicycle path in Graz

150 pages, 128 figures, 25 tables

In a city like Graz, the bicycle is one of the most popular means of transport. It has a competitive travel speed over short distances compared to public transport and car traffic. By promoting the cycle traffic, motor vehicle journeys can be reduced and traffic jams avoided. A reduction of the motorised private transport has also a positive effect on the tense parking situation. To reach a modal shift from motor vehicle traffic to cycling, an attractive offer of bicycle infrastructure is needed. Above all, in the city centre of Graz improvements are necessary.

In another thesis, the demand potential of a bicycle path along the streets Mandellstraße and Petersgasse has been estimated. Additionally a traffic model was developed for the motor vehicles.

In this master thesis, this bicycle path will be investigated and planned. This bicycle traffic axis combines the three campus parts of the University of Technology Graz. Beside of students and employees of the university, it can also be used by residents and commuters to reach the city centre. In consequence of a lack of guidelines in Austria, an extensive literature research will declare the standards and recommendations of other countries in which bicycle highways are already being used. Following a status analysis of the study area, several different designs types of the cycling route will be developed. Especially pedestrian guidance, bicycle path guidance, the accessibility of house and gate entrances, parking spaces and the route of the public transport are regarded in these rough designs. After comparing all the advantages and disadvantages, the best option for this cycle path will be chosen. This variant will be planned more in detail particularly emphasizing junction points. Finally, the cycle path gets visualized using the road design software VESTRA.

The car traffic must be led by a one-way street out of town for the implementation of the planned measures. Additionally nearly half of the parking space would be lost. On the other hand, the capacity of the bicycle parking areas could be doubled and existing cycle paths integrated into the new cycle track connection. The crossings at the junctions must be secured by markings for the bicycle traffic. To avoid negative affects by long waiting times, cyclists should get prioritise at traffic lights controlled junctions.

There is a high potential gaining additional cyclists for their everyday mobility by implementation of this new bicycle traffic axis. Therefore the mobility aims of the city of Graz can be achieved. This thesis will support the realization of the first bicycle highway in Graz.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	i
Abbildungsverzeichnis.....	iv
Tabellenverzeichnis.....	viii
Abkürzungen.....	ix
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Ziel und Aufbau der Arbeit.....	2
2 Beispiele hochrangiger Radverkehrsachsen.....	3
2.1 Definitionen.....	3
2.1.1 Radschnellweg.....	3
2.1.2 Fahrradstraße.....	3
2.1.3 Radfahrstreifen.....	4
2.1.4 Mehrzweckstreifen.....	4
2.1.5 Radweg.....	5
2.2 Internationale Beispiele von hochrangigen Radverkehrsachsen.....	7
2.2.1 Deutschland.....	7
2.2.2 Niederlande.....	14
2.2.3 Schweiz.....	22
2.2.4 Dänemark.....	30
2.2.5 Großbritannien.....	34
2.2.6 Gegenüberstellung.....	37
2.3 Situation in Österreich.....	38
2.3.1 Wien.....	39
2.3.2 Vorarlberg.....	44
2.3.3 Graz.....	46
2.4 Zusammenfassung.....	55
3 Bestandsanalyse.....	56
3.1 Abschnitt 1 – Glacisstraße bis Sparbersbachgasse.....	58
3.1.1 Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen.....	58
3.1.2 Öffentlicher Verkehr.....	59
3.1.3 Querschnitt.....	59
3.1.4 Stellplätze.....	60
3.2 Abschnitt 2 – Sparbersbachgasse bis Steyrergasse.....	61
3.2.1 Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen.....	61

3.2.2	Öffentlicher Verkehr	62
3.2.3	Querschnitt.....	63
3.2.4	Stellplätze	63
3.3	Abschnitt 3 – Steyrergasse bis Moserhofgasse	64
3.3.1	Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen	64
3.3.2	Öffentlicher Verkehr	65
3.3.3	Querschnitt.....	65
3.3.4	Stellplätze	65
3.4	Abschnitt 4 –Moserhofgasse bis Inffeldgasse	66
3.4.1	Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen	66
3.4.2	Öffentlicher Verkehr	67
3.4.3	Querschnitt.....	68
3.4.4	Stellplätze	68
3.5	Zusammenfassung.....	69
4	Variantenstudie.....	70
4.1	Variante 1 - Zweirichtungsradweg.....	70
4.2	Variante 2 - gemischter Geh-& Radweg	76
4.3	Variante 3 – Einrichtungs-Radfahrstreifen	79
4.4	Variante 4 - Fahrradstraße	81
5	Variantenvergleich und – auswahl	84
5.1	Allgemein.....	84
5.1.1	Variante 1.....	84
5.1.2	Variante 2	85
5.1.3	Variante 3	85
5.1.4	Variante 4.....	86
5.2	Nutzwertanalyse.....	87
5.2.1	Szenario 1: Perspektive eines Radfahrers	90
5.2.2	Szenario 2: Perspektive eines Kfz-Lenkens	90
5.2.3	Szenario 3: neutrale Perspektive.....	91
5.3	Auswahl	92
6	Detailplanung Variante 1 Zweirichtungsradweg.....	93
6.1	Abschnitt 1 – Glacisstraße bis Sparbersbachgasse.....	94
6.2	Abschnitt 2 – Sparbersbachgasse bis Steyrergasse	97
6.3	Abschnitt 3 – Steyrergasse bis Moserhofgasse	99
6.4	Abschnitt 4 –Moserhofgasse bis Inffeldgasse	102
7	Dreidimensionaler Straßenraumentwurf für Variante 1	104
7.1	Digitales Geländemodell.....	105

7.1.1 Möblierung.....	107
7.2 Gradiente.....	107
7.3 Entwässerung	110
8 Fazit.....	112
8.1 Zusammenfassung.....	112
8.2 Schlussfolgerung.....	114
8.3 Ausblick.....	114
Literaturverzeichnis.....	115
Anhang	118

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Vorhandenes Radwegenetz im Stadtzentrum (untersuchte Achse in Rot dargestellt) (Quelle: [OpenStreetMap, 2018]).....	2
Abbildung 2:	Hinweiszeichen „Fahrradstraße“ [StVO, 2018].....	4
Abbildung 3:	Radfahrstreifen gegen eine Einbahn [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].....	4
Abbildung 4:	Mehrzweckstreifen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].....	5
Abbildung 5:	Hinweiszeichen „Radweg ohne Benützungspflicht“ [StVO, 2018].....	5
Abbildung 6:	Vorschriftszeichen „Radweg mit Benützungspflicht“ [StVO, 2011].....	5
Abbildung 7:	Hinweiszeichen „Gemischter Geh- und Radweg ohne Benützungspflicht“ [StVO, 2018].....	6
Abbildung 8:	Vorschriftszeichen „Gemischter Geh- und Radweg mit Benützungspflicht“ [StVO, 2011].....	6
Abbildung 9:	Hinweiszeichen „Getrennter Geh- und Radweg ohne Benützungspflicht“ [StVO, 2018].....	6
Abbildung 10:	Vorschriftszeichen „Getrennter Geh- und Radweg mit Benützungspflicht“ [StVO, 2011].....	6
Abbildung 11:	Selbstständig geführter Zweirichtungsradweg, Trennung der Radschnellverbindung von den Flächen für den Fußverkehr bei eingeschränkter Flächenverfügbarkeit [Gwiasda et al., 2014].....	8
Abbildung 12:	Selbstständig geführte Radschnellverbindung an Engstellen [Gwiasda et al., 2014].....	8
Abbildung 13:	Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung im Seitenraum: Einseitiger Zweirichtungsradweg [Gwiasda et al., 2014].....	9
Abbildung 14:	Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung mit Einrichtungsradweg bzw. Radfahrstreifen [Gwiasda et al., 2014].....	9
Abbildung 15:	Radfahrstreifen mit zugelassenem Busverkehr als Radschnellverbindung [Gwiasda et al., 2014].....	10
Abbildung 16:	Führung der Radschnellverbindung als Fahrradstraße in Erschließungsstraßen [Gwiasda et al., 2014].....	10
Abbildung 17:	Überfahrt von Fuß- und Radweg [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].....	11
Abbildung 18:	Vorher-Nachher-Vergleich: Überfahrt Zweirichtungsradweg in Münster, [Stadt Münster / Amt für Verkehrsplanung, o. J.].....	11
Abbildung 19:	Auframpung bei Überfahrten [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].....	12
Abbildung 20:	Linksabbiegen aus übergeordneten Knotenpunktarmen [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].....	12
Abbildung 21:	Links abbiegender Radverkehr – indirekte Führung [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].....	13
Abbildung 22:	Aufgeweiteter, vorgezogener Radaufstellstreifen [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].....	14
Abbildung 23:	Radanteil im internationalen Vergleich [Spapè, 2016].....	14
Abbildung 24:	Radschnellstreckennetz in den Niederlanden (rot=Bestand, blau = in Planung und Bau, grün = mögliche zukünftige Radschnellstrecken) [Spapè, 2016].....	15

Abbildung 25: Intelligentes Beleuchtungskonzept mit „mitfahrendem Lichtkegel“ [Gemeente Almere, 2016]	16
Abbildung 26: Querschnitt mit zwei Einrichtungsradschnellwegen [Groot, 2016]	17
Abbildung 27: Querschnitt Zweirichtungsradweg [Groot, 2016].....	17
Abbildung 28: Vorgeschlagene Lösungen in Abhängigkeit der Verkehrsstärke von mIV und Radfahrer [Groot, 2016]	18
Abbildung 29: Querschnitt einer Fahrradstraße [Groot, 2016]	19
Abbildung 30: Haifischzähne-Bodenmarkierung [Groot, 2016].....	19
Abbildung 31: Markierung für eine Radüberfahrt [Groot, 2016].....	20
Abbildung 32: Linksabbiegemöglichkeiten für den Radverkehr [Groot, 2016]	20
Abbildung 33: Vorgezogene Haltelinie [Groot, 2016].....	21
Abbildung 34: Freies Rechtsabbiegen für Radfahrer während Rot [Groot, 2016].....	21
Abbildung 35: Haupteinsatzgebiet von Veloschnellrouten [SVI, 2018]	23
Abbildung 36: Kurvenradien in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit [Baker et al., 2017]	24
Abbildung 37: Breiten von Ein- & Zweirichtungsradwegen [Velokonferenz Schweiz, 2015]	25
Abbildung 38: Platzbedarf bei Führung auf motorfahrzeugarmer Straße [Velokonferenz Schweiz, 2015].....	26
Abbildung 39: Breiter Radstreifen auf der Velohauptroute Wankdorf in Bern [SVI, 2018].....	26
Abbildung 40: Umsetzungsbeispiele für freies Rechtsabbiegen bei Rot (mit/ohne Velofurt) [Baker et al., 2017]	28
Abbildung 41: Trittbrett mit Handlauf bei VLSA [Baker et al., 2017].....	29
Abbildung 42: Countdown-Anzeige für Signalgeber in Berlin [Baker et al., 2017]	29
Abbildung 43: Konzept der Supercykelstiers in Dänemark (orange = Bestand, dunkelgrau = finanzierte Routen, hellgrau = geplante Routen) [SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER, o. J.].....	30
Abbildung 44: Selbstständig geführter Zweirichtungsradweg [Iversen et al., 2016].....	31
Abbildung 45: Straßenbegleitender Zweirichtungsradweg [Iversen et al., 2016]	32
Abbildung 46: Straßenbegleitender Einrichtungsradschnellweg [Iversen et al., 2016].....	32
Abbildung 47: Radschnellverbindung auf gemeinsam benützter Straße [Iversen et al., 2016]	32
Abbildung 48: Freies Rechtsabbiegen bei Rot [Iversen et al., 2016]	33
Abbildung 49: Londoner Radverkehrsnetz (blau = „Cycle Superhighways“, violett = „Quietways“) [Ingram, 2016]	34
Abbildung 50: Breiten der Radverbindungen in Abhängigkeit von Verkehrsstärke und Einteilung der Verkehrsstärke [Transport for London, 2014]	35
Abbildung 51: Blau markierter Cycle Superhighway mit vorgezogener Haltelinie [Transport for London, 2014].....	36
Abbildung 52: Zielnetz der Stadt Wien [Stadt Wien, o. J.b].....	40
Abbildung 53: Fahrradstraßen in Vorarlberg [Vorarlberger Nachrichten, 2018]	44
Abbildung 54: Fahrradstraße in Wolfurt.....	44
Abbildung 55: Erste verordnete Fahrradstraße Österreichs in Hard [Marktgemeinde Hard, 2017] ..	45
Abbildung 56: Hauptradrouten in Graz [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].....	46
Abbildung 57: Modal Split in Graz [ZIS+P, 2014].....	47
Abbildung 58: Übergeordnete Ziele im Grazer Mobilitätskonzept [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, o. J.]	48

Abbildung 59: Maße (in Meter) für die Fahrradaufstellung [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]	50
Abbildung 60: Hinweise für die Mischung bzw. Trennung von Rad- und Kfz-Verkehr [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]	51
Abbildung 61: Regelprofil gemischter Geh- und Radweg [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]	52
Abbildung 62: Regelprofil getrennter Geh- und Radweg [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]	53
Abbildung 63: Angehobene Radwegquerung [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]	54
Abbildung 64: Linksabbiegevarianten [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]	54
Abbildung 65: Übersichtskarte des untersuchten Gebietes (Quelle: [OpenStreetMap, 2018])	56
Abbildung 66: Unterteilung der Strecke in 4 Abschnitte (Quelle: [OpenStreetMap, 2018])	57
Abbildung 67: Übersicht Glacisstraße bis Sparbersbachgasse [OpenStreetMap, 2018]	58
Abbildung 68: Knotenpunkt Glacisstraße	59
Abbildung 69: Knotenpunkt Sparbersbachgasse	59
Abbildung 70: Bestands-Regelquerschnitt der Mandellstraße	59
Abbildung 71: Kfz- und Fahrradstellplätze in der Mandellstraße	60
Abbildung 72: Übersicht Sparbersbachgasse bis Steyrergasse [OpenStreetMap, 2018]	61
Abbildung 73: Knotenpunkt Felix-Dahn-Platz	62
Abbildung 74: VLSA gesicherter Schutzstreifen	62
Abbildung 75: Knotenpunkt Steyrergasse	62
Abbildung 76: Stellplätze und Steigung in der Petersgasse	63
Abbildung 77: Übersicht Steyrergasse bis Moserhofgasse [OpenStreetMap, 2018]	64
Abbildung 78: Knotenpunkt Waltendorfer Gürtel	65
Abbildung 79: Knotenpunkt Moserhofgasse	65
Abbildung 80: Senkrecht- und Taxilängsstellplätze vor der Moserhofgasse	66
Abbildung 81: Übersicht Moserhofgasse bis Inffeldgasse [OpenStreetMap, 2018]	66
Abbildung 82: gemischter Geh- und Radweg in der Inffeldgasse	67
Abbildung 83: VLSA gesicherter Schutzstreifen beim Schulzentrum St. Peter	67
Abbildung 84: Bestands-Regelquerschnitt in der Petersgasse ab dem Knotenpunkt Moserhofgasse	68
Abbildung 85: Längsstellplätze in der Petersgasse	68
Abbildung 86: Regelquerprofil der Variante 1 (Zweirichtungsradweg) (rot = neu, grau = Bestand)	71
Abbildung 87: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 1	71
Abbildung 88: Wechsel von Zwei- zu Einrichtungsführung am Knotenpunkt Waltendorfer Gürtel (Variante 1)	72
Abbildung 89: Regelquerprofil Waltendorfer Gürtel bis Moserhofgasse der Variante 1 (rot = neu, grau = Bestand)	73
Abbildung 90: Überfahrt Moserhofgasse der Variante 1	73
Abbildung 91: Regelquerprofil ab der Moserhofgasse der Variante 1 (rot = neu, grau = Bestand)	74
Abbildung 92: Überfahrt vor der Haltestelle Schulzentrum St. Peter der Variante 1	75
Abbildung 93: Anbindung Inffeldgasse der Variante 1	75
Abbildung 94: Regelquerprofil der Variante 2 (gemischter Geh- und Radweg) (rot = neu, grau = Bestand)	76

Abbildung 95: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 2	77
Abbildung 96: Regelquerprofil ab der Moserhofgasse der Variante 2 (rot = neu, grau = Bestand) ...	78
Abbildung 97: Anbindung der Inffeldgasse der Variante 2.....	78
Abbildung 98: Regelquerprofil der Variante 3 (Einrichtung-Radfahstreifen) (rot = neu, grau = Bestand).....	79
Abbildung 99: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 3	80
Abbildung 100: Anbindung der Inffeldgasse der Variante 3.....	80
Abbildung 101: Regelquerprofil der Variante 4 (Fahrradstraße) (rot = neu, grau = Bestand).....	81
Abbildung 102: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 4	82
Abbildung 103: Richtungswechsel der Einbahn in der Sparbersbachgasse.....	83
Abbildung 104: Ende der Fahrradstraße ab dem Waltendorfer Gürtel.....	83
Abbildung 105: Legende für die Detailplanung	93
Abbildung 106: Verkehrsführung für den mIV (Quelle: [OpenStreetMap, 2018])	94
Abbildung 107: Detailplanung Anbindung Franz-Graf-Allee.....	95
Abbildung 108: Detailplanung Knotenpunkt Sparbersbachgasse.....	96
Abbildung 109: Detailplanung Felix-Dahn-Platz	97
Abbildung 110: Detailplanung Sacre Coeur	98
Abbildung 111: Detailplanung Steyrergasse	98
Abbildung 112: Detailplanung Waltendorfer Gürtel.....	99
Abbildung 113: Detailplanung St. Peter Friedhof	100
Abbildung 114: Detailplanung Moserhofgasse	101
Abbildung 115: Detailplanung Schulzentrum St. Peter.....	102
Abbildung 116: Detailplanung Anbindung Inffeldgasse.....	103
Abbildung 117: Straßenbeleuchtung in der Mandellstraße	103
Abbildung 118: Flussdiagramm für die Vorgehensweise der Modellierung in VESTRA	104
Abbildung 119: Berechnetes DGM am Knotenpunkt Sparbersbachgasse.....	105
Abbildung 120: Digitales Geländemodell am Knotenpunkt Sparbersbachgasse	106
Abbildung 121: Vergleich zwischen digitalen Geländemodell mit der Realität am Felix-Dahn-Platz [Google Street View, 2017].....	106
Abbildung 122: Möblierung am Felix-Dahn-Platz	107
Abbildung 123: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Glacisstraße	108
Abbildung 124: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Sparbersbachgasse	108
Abbildung 125: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Felix-Dahn-Platz.....	109
Abbildung 126: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Moserhofgasse	109
Abbildung 127: Entwässerung in der Mandellstraße (rot = neu, grau = Bestand)	110
Abbildung 128: Entwässerung in der Petersgasse vor dem Sacre Coeur (rot = neu, grau = Bestand)	111

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Internationale Bezeichnungen für Radschnellwege (Quelle: [Winkler, 2016])	3
Tabelle 2:	Verhältnis Entwurfsgeschwindigkeit zu Mindestradius (Quelle: [Groot, 2016]).....	16
Tabelle 3:	Verkehrsqualitätsstufen und mittlere Wartezeiten an Knoten ohne Lichtsignalanlage gem. VSS-Norm SN 640 022 [Baker et al., 2017]	27
Tabelle 4:	Radwegparameter aus Empfehlungen europäischer Länder	37
Tabelle 5:	Fahrradstraßen in Österreich (Stand Juli 2015) [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015]	38
Tabelle 6:	Qualitätskriterien für die Gesamtstrecke [Stadt Wien, o. J.c].....	41
Tabelle 7:	Qualitätskriterien für konkrete Örtlichkeiten [Stadt Wien, o. J.c]	42
Tabelle 8:	Qualitätskriterien für die Beschaffenheit der Radverkehrsanlage [Stadt Wien, o. J.c]	43
Tabelle 9:	Übersicht der Haupttradouten in Graz (Quelle: [Glösl, o. J.].....	46
Tabelle 10:	Mindestradien und Verbreiterung in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]	49
Tabelle 11:	Mindestanzahl der Fahrradabstellplätze nach dem Steiermärkischen Baugesetz [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]	49
Tabelle 12:	Dimensionierung von Stellplätzen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]	50
Tabelle 13:	Richtwerte für die Breite von Radfahrstreifen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]	52
Tabelle 14:	Richtwerte für die Breite von gemischten Geh- und Radwegen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].....	52
Tabelle 15:	Richtwerte für die Breite von getrennten Geh- und Radwegen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].....	53
Tabelle 16:	Stellplatzerhebung.....	69
Tabelle 17:	Vor- und Nachteile der untersuchten Varianten.....	84
Tabelle 18:	Indikatoren mit dem dazugehörigen Zielerreichungsgrad der jeweiligen Variante.....	87
Tabelle 19:	Berechnung der Qualität der Radschnellverbindung	88
Tabelle 20:	Berechnung der Rad-Stellplätze	88
Tabelle 21:	Nebenrechnung der Qualität für den mIV.....	89
Tabelle 22:	Nebenrechnung der mIV-Stellplätze	89
Tabelle 23:	Nutzwertanalyse, Szenario 1 Radfahrersicht.....	90
Tabelle 24:	Nutzwertanalyse, Szenario 2 Kfz-Lenker-Sicht	91
Tabelle 25:	Nutzwertanalyse, Szenario 3 neutrale Sicht.....	91

Abkürzungen

RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen
FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen
VSS	Schweizerischer Verband der Straßen- und Verkehrsfachleute
CROW	Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechniek
StVO	Straßenverkehrsordnung
mIV	Motorisierter Individualverkehr
Kfz	Kraftfahrzeug
Lkw	Lastkraftwagen
Pkw	Personenkraftwagen
ÖV	Öffentlicher Verkehr
VLSA	Verkehrslichtsignalanlage
DKA	Druckknopfanlage
HR	Haupttradrouten
ZEG	Zielerreichungsgrad
TNW	Teilnutzwert
DGM	Digitales Geländemodell

1 Einleitung

Das Fahrrad gewinnt als Verkehrsmittel in Großstädten immer mehr an Bedeutung. Zum einen zeichnet es sich als sehr umweltfreundlich, zum anderen als kostengünstige Alternative zum motorisierten Individualverkehr (mIV) aus. Um diesen Trend weiter zu fördern bedarf es einer Weiterentwicklung des bestehenden Radwegenetzes. Im internationalen Vergleich werden bereits Radschnellverbindungen angeboten, die direkte Führungen und hohe Reisegeschwindigkeiten über größere Entfernungen gewährleisten. Bei einem dementsprechend attraktiven Angebot besteht ein hohes Verlagerungspotenzial vom mIV zum Radverkehr.

1.1 Problemstellung

In Graz besteht bereits ein großes Netz an Radwegen. Dieses beinhaltet 13 Hauptradrouten, mit einer Länge von 3,3 bis 13,13 km, die das Grazer Umland sternförmig mit dem Zentrum verbinden. Neben den Hauptradrouten gibt es in Graz noch sieben Landesradwege, die mit einem „R“ gekennzeichnet sind. Der wohl stärkste belastete Landesradweg in diesem Bereich ist der Mur-Radweg R2. Dieser führt von der Stadtgrenze im Norden entlang der Mur durch die Stadt bis in den Süden. [Glösl, o. J.]

In einigen Stadtteilen ist die Radinfrastruktur jedoch noch nicht vollständig ausgebaut. Vor allem im Stadtzentrum enthält das Radwegenetz noch Lücken, die es zu untersuchen gilt. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt dabei auf der in Abbildung 1 rot markierten Achse von der Oper bis zum Schulzentrum St. Peter, die entlang der Mandellstraße und Petersgasse verläuft. Diese Strecke besitzt zwar keine eigene Radinfrastruktur, wird jedoch bereits jetzt durch viele Radfahrer genutzt. In einer vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen der Technischen Universität Graz durchgeführten Verkehrszählung im Mai 2017 wurden 400 Radfahrer in der Spitzenstunde gezählt. Diese Route wird vor allem von Studierenden und Bediensteten der Technischen Universität Graz genutzt, da es die drei Campusbereiche Alte Technik, Neue Technik und Inffeld miteinander verbindet. Durch die fehlende Radinfrastruktur und dem hohen mIV-Aufkommen erweist sich diese Route allerdings als sehr unattraktiv für Radfahrer. Erschwerend kommen beengte Straßenverhältnisse sowie auf beiden Straßenseiten parkende Autos hinzu.

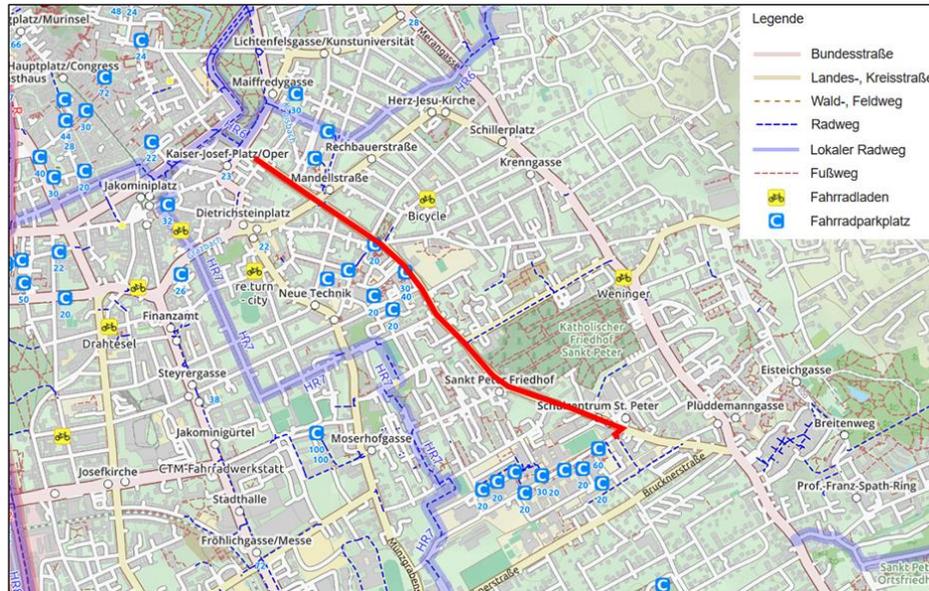


Abbildung 1: Vorhandenes Radwegenetz im Stadtzentrum (untersuchte Achse in Rot dargestellt) (Quelle: [OpenStreetMap, 2018])

1.2 Ziel und Aufbau der Arbeit

Ziel der Arbeit ist es, eine attraktive Radverkehrsachse anhand internationaler Beispiele von Radschnellverbindungen zwischen der Oper und dem Schulzentrum St. Peter zu planen. Zunächst werden im Zuge einer Literaturrecherche unterschiedliche Begriffe zum Thema Radverkehr definiert, die im Verlauf der Arbeit angewendet werden. Zusätzlich gilt es aufgrund fehlender Richtlinien und Gesetze zu Radschnellverbindungen in Österreich internationale Vorgaben zu recherchieren und anzuwenden. Während in Österreich noch keine Radschnellverbindungen existieren, sind sie aktuell in anderen Staaten schon umgesetzt und in Planung.

Im nächsten Schritt erfolgt eine Bestandsaufnahme der untersuchten Strecke. Das Ziel dabei ist einen Überblick über die gesamte Route zu bekommen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf den vorhandenen Breiten, den aktuell verfügbaren Stellplätzen, der Betrachtung anbindender Radwege, sowie der Knotenpunkte. Auf Basis dieser Bestandsaufnahme erfolgt im nächsten Kapitel eine Variantenstudie. Dazu werden unter Berücksichtigung der zuvor recherchierten internationalen Vorgaben zur Querschnitts- und Knotenpunktsgestaltung unterschiedliche Möglichkeiten für den Entwurf der Route Oper bis Schulzentrum St. Peter ausgearbeitet. Um die verschiedenen Varianten miteinander vergleichen zu können, werden sie mit einer Nutzwertanalyse quantifiziert. Daraus resultiert die bestmögliche Variante für das untersuchte Gebiet. Diese wird im nächsten Teilbereich im Detail mit besonderem Schwerpunkt auf die Knotenpunkte geplant. Nach Abschluss der Planung erfolgt eine dreidimensionale Visualisierung mit der Straßenentwurfsoftware VESTRA. Zunächst wird das Gelände von der Oper bis zum Schulzentrum St. Peter erstellt. Dabei sind die Fahrbahn und der niveauhöhere Gehsteig erkennbar. Im Anschluss daran wird die Gradienten der Radverkehrsachse in das Gelände gelegt und die Umgebung, wie Bäume und Häuser eingefügt. Die Zusammenfassung und die Schlussfolgerung zur Radschnellverbindung stellen gemeinsam mit einem Ausblick den Abschluss der Arbeit dar.

2 Beispiele hochrangiger Radverkehrsachsen

2.1 Definitionen

2.1.1 Radschnellweg

Radschnellwege sind im verkehrsplanerischem Sinn qualitativ hochwertige Radschnellverbindungen einer Kommune im Radverkehrsnetz, die wichtige Quell- und Zielbereiche über größere Entfernungen direkt miteinander verknüpfen. Dabei soll ein sicheres Befahren mit hoher Reisegeschwindigkeit über eine Mindestlänge von ca. 5 km erreicht werden. Das Hauptaugenmerk liegt auf hohen Qualitätsstandards in der Linienführung, der Ausgestaltung, der Netzverknüpfung sowie der begleitenden Ausstattung. [Gwiasda et al., 2014]

Als Führungsformen können selbstständige, straßenbegleitende Radwege sowie Fahrradstraßen mit Vorrang für den Radverkehr angewandt werden. [Alrutz, 2012] Europaweit kommen Radschnellverbindungen bereits in den Niederlanden, Großbritannien, Dänemark und Deutschland zum Einsatz [Winkler, 2016]. In der Schweiz und in Österreich befinden sich welche in Planung. Länderübergreifend gibt es unterschiedliche Bezeichnungen für Radschnellwege. Ergänzend zu der Masterarbeit von *Ziegerhofer* aus dem Jahr 2017 zeigt folgende Tabelle die Bezeichnungen der jeweiligen Länder dafür.

Tabelle 1: Internationale Bezeichnungen für Radschnellwege (Quelle: [Winkler, 2016])

Niederlande	Fietsnelweg/Snelfietsroute
Großbritannien	Cycle-Superhighway
Dänemark	Supercykelstier
Schweiz	Velobahn/Veloschnellrouten
Deutschland	Fahrradautobahn/Radschnellweg
Österreich	Rad-Langstrecke

2.1.2 Fahrradstraße

Eine Fahrradstraße ermöglicht auch im dichter besiedelten Raum eine attraktive Radverbindung. Dabei sorgen die geltenden Regeln für ein sicheres Befahren der Strecke für Radfahrer ohne den mIV auszuschließen. In einer Fahrradstraße herrscht eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h. Radfahrer dürfen nebeneinander fahren ohne den mIV dabei mutwillig zu behindern. Der mIV darf zu- und abfahren. Eine Fahrradstraße sollte gegenüber querenden Nebenstraßen bevorrangt werden. [Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2017]

Nicht infrage kommen Straßen in denen ebenfalls Straßenbahnen verkehren. Der Busverkehr stellt für eine Fahrradstraße kein Problem dar. [Stadt Wien, o. J.a]

Abbildung 2 zeigt das in §53 StVO 1960 verankerte Hinweiszeichen, das den Beginn einer Fahrradstraße kennzeichnet [StVO, 2018].



Abbildung 2: Hinweiszeichen „Fahrradstraße“
[StVO, 2018]

2.1.3 Radfahrstreifen

Ein Radfahrstreifen ist ein zur Kfz-Fahrbahn direkt angrenzender niveaugleicher Fahrstreifen, der nur für den Radverkehr vorgesehen ist [Amt der Tiroler Landesregierung, 2007]. Radfahrstreifen sind nur für den Einrichtungsverkehr zulässig. Es ist möglich Radfahrstreifen auch in die Gegenrichtung von Einbahnen zu führen. In diesem Fall muss die Ausnahmeregelung durch Zusatztafeln am Anfang und am Ende der Einbahn darauf hinweisen. Radfahrstreifen werden durch Leit- oder Sperrlinien von der übrigen Fahrbahn getrennt und durch Fahrradpiktogramme und Richtungspfeile verdeutlicht. Gegen Einbahnen besteht zudem die Möglichkeit den Radfahrstreifen ganzflächig rot einzufärben. [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]. Beschilderungen sind in der StVO keine vorgesehen.



Abbildung 3: Radfahrstreifen gegen eine Einbahn
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]

2.1.4 Mehrzweckstreifen

Nach der StVO ist ein Mehrzweckstreifen ein Radfahrstreifen, der jedoch bei zu geringer Breite der verbleibenden Fahrbahn für die Begegnung zweier Kraftfahrzeuge von anderen Fahrzeugen befahren werden darf. Dadurch kann der vorhandene Straßenraum im Ortsgebiet besser ausgenutzt werden. Mehrzweckstreifen werden bei einer zu geringen Straßenbreite für eigene Radverkehrsanlagen verwendet. Gekennzeichnet werden sie durch eine Leitlinie. Die Breitenanforderung ist dabei ident zu jenen des Radfahrstreifens. Der Vorteil von Mehrzweckstreifen ist die optische Einengung von überbreiten Fahrbahnen, was zu einer Reduzierung der Kfz-Geschwindigkeiten führt [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].



Abbildung 4: Mehrzweckstreifen
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]

2.1.5 Radweg

Radwege kommen bei höheren Geschwindigkeiten und stärkerem Verkehrsaufkommen zum Einsatz und sind baulich durch einen Niveauunterschied zur Fahrbahn getrennt. Sie können als Einrichtungs- oder als Zweirichtungsradwege ausgeführt werden. Einrichtungsradwege sind richtungsgebunden, während bei Zweirichtungsradwegen der Radverkehr in beide Richtungen möglich ist. Durch die Trennung zum mIV kommt es zu weniger Konfliktsituationen mit diesem. Nachteilig wirken sich aus Sicherheitsgründen jedoch viele Querungen mit dem Kfz-Verkehr aus. Deshalb sollten Radwege nur bei guten Sichtverhältnissen zu den anderen Verkehrsteilnehmern und bei einer geringen Anzahl von Ein- und Ausfahrten eingesetzt werden. Bei Zweirichtungsradwegen besteht aus diesen Gründen ein höheres Unfallrisiko als bei Einrichtungsradwegen. Für Überholvorgänge erweist sich der Zweirichtungsradweg als die bessere Lösung [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]. Radwege können zudem in Radwege mit und ohne Benützungspflicht unterschieden werden. Während der Radweg ohne Benützungspflicht zu den Hinweiszeichen von §53 StVO 1960 zählt, gilt der Radweg mit Benützungspflicht als Vorschriftszeichen in §52 StVO 1960.



Abbildung 5: Hinweiszeichen „Radweg ohne Benützungspflicht“
[StVO, 2018]



Abbildung 6: Vorschriftszeichen „Radweg mit Benützungspflicht“
[StVO, 2011]

Radwege können in zwei weiteren Formen zum Einsatz kommen. Zum einem als gemischter Geh- und Radweg, der von Fußgängern und Radfahrern gemeinsam genutzt werden darf. Diese Bauart sollte jedoch nur bei geringeren Verkehrsbelastungen ausgewählt werden. Bei einer angrenzenden Fahrbahn ist ein Sicherheitsstreifen von 0,60 m zur Fahrbahn einzuhalten. Der Vorteil dieser Anlageart ist der geringere Flächenbedarf, um den Radverkehr vom Kfz-Verkehr zu trennen. Mögliche Konfliktsituationen zwischen Fußgängern und Radfahrern wirken sich jedoch nachteilig aus [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]. Die Kennzeichnung erfolgt ident zu vorhin, entweder

durch ein Hinweissymbol ohne Benützungspflicht oder mit einem Vorschriftssymbol, welches verdeutlicht, dass Lenker von einspurigen Fahrrädern nur den Radweg benutzen dürfen [StVO, 2011].



Abbildung 7: Hinweissymbol „Gemischter Geh- und Radweg ohne Benützungspflicht“ [StVO, 2018]



Abbildung 8: Vorschriftssymbol „Gemischter Geh- und Radweg mit Benützungspflicht“ [StVO, 2011]

Bei einer höheren Verkehrsdichte durch Fußgänger und Radfahrer empfiehlt sich ein getrennter Geh- und Radweg. Zwischen dem Geh- und Radwegbereich muss eine Trennung entweder durch eine Sperrlinie oder mittels eines 0,30 m breiten Pflasterstreifens erfolgen. Schließt er an eine Fahrbahn an ist ebenfalls ein 0,60 m breiter Sicherheitsstreifen notwendig, um ausreichend Sicherheit des Radverkehrs vor dem ruhenden und fließenden Kfz-Verkehr zu gewährleisten [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].



Abbildung 9: Hinweissymbol „Getrennter Geh- und Radweg ohne Benützungspflicht“ [StVO, 2018]



Abbildung 10: Vorschriftssymbol „Getrennter Geh- und Radweg mit Benützungspflicht“ [StVO, 2011]

2.2 Internationale Beispiele von hochrangigen Radverkehrsachsen

2.2.1 Deutschland

Allgemein

Als Reaktion auf steigende Pendlerzahlen befinden sich in Deutschland immer mehr Radschnellverbindungen in Planung. In Köln stieg die Anzahl der Pendler zwischen 2000 und 2015 von 29 % auf 62 %. Bundesweit pendelten 2015 60 % der Arbeitnehmer. Um diesem immer höher werdenden Pendleranteil gerecht zu werden analysieren Planer aktuell in allen Bundesländern zahlreiche Trassen und die zukünftige Nachfrage im Rahmen von Machbarkeitsstudien. Weitere sind seither in Bau und Planung. Die Bundespolitik fördert die geplanten Maßnahmen mit einem Budget von jährlich 25 Millionen Euro. [Diamant Redaktion, 2018]

Exemplarisch sei hier der erste allgemeine Radschnellweg RS1 im Ruhrgebiet in Nordrhein-Westfalen erwähnt, der momentan von Müllheim an der Ruhr bis nach Essen führt. Dieser soll noch auf eine Länge von 101 km durch die Metropolregion von Duisburg nach Hamm verlängert werden [Diamant Redaktion, 2018]. 2016 befanden sich in Deutschland bereits vier Radschnellwege im Betrieb [Winkler, 2016]. In Baden-Württemberg soll es bis 2025 10 Radschnellverbindungen geben. In Berlin führt die Senatsverwaltung Machbarkeitsstudien über ein Radwegenetz von 100 km durch [Diamant Redaktion, 2018].

Planungsgrundsätze

In Deutschland gibt es aktuell das FGSV-Arbeitspapier *Einsatz und Gestaltung von Radschnellwegverbindungen* als Vorlage für Radschnellverbindungen. Diese Ausgabe ist ein Arbeitspapier, jedoch keine Richtlinie. Zuerst werden hier Erfahrungen in der Praxis gesammelt, bevor konkrete Entwurfshinweise entwickelt werden. Für 2019 ist ein Hinweispapier mit den Auswertungen der ersten Erfahrungen geplant [Gwiasda, 2017].

Die Anbindung von Orten mit hohem Nutzerpotenzial sollte möglichst direkt und frei von Umwegen erfolgen, um für niedrigere Reisezeiten zu sorgen. Eine durchschnittliche Entwurfsgeschwindigkeit von 20 km/h unter Berücksichtigung der Zeitverluste an Knotenpunkten sollte erreicht werden. Die Trassierung sollte jedoch Geschwindigkeiten von 30 km/h ermöglichen, bei einem Mindestradius von 20 m. Innerorts sollten maximale Zeitverluste durch Anhalten und Warten von 30 Sekunden je Kilometer garantiert werden. Die Steigung der Strecke darf 6 % nicht überschreiten. Im Querschnitt betrachtet sollten zwei Fahrräder ungehindert nebeneinander fahren und problemlos durch ein drittes überholt werden können. Durch die Konkurrenzfähigkeit zum mIV ergibt sich somit die Gelegenheit zum Umstieg auf das umweltfreundliche Verkehrsmittel Fahrrad [Gwiasda et al., 2014].

Ausgestattet sollte der Radschnellweg mit einer hohen witterungsunabhängigen Belagsqualität wie Asphalt und Beton sein. Wichtig ist auch ein gutes Informationsangebot über Karten und Internet um für einen höheren Bekanntheitsgrad zu sorgen. Entlang der Infrastruktur müssen Wegweiser und Fahrradabstellanlagen zur Verfügung gestellt werden. Zudem sollten Radschnellverbindungen regelmäßig gereinigt und im Winter frei von Schnee und Eis gehalten werden [Alrutz, 2012]. Innerorts sind Beleuchtungen vorzusehen, die den Verlauf und die Begrenzung der Strecke erkennen lassen. Außerorts sind Beleuchtungen nicht verpflichtend aber empfehlenswert [Gwiasda et al., 2014].

Führungsformen

Selbstständig geführter Zweirichtungsradweg

Bei einem eigenständig geführten Zweirichtungsradweg soll eine Mindestbreite von 4 Metern eingehalten werden. Als Trennung zum Gehweg dient ein mindestens 30 cm breiter taktiler Begrenzungsstreifen. Für eine ausreichende Trennung werden mindestens 60 cm empfohlen. Um eine Geschwindigkeit von 30 km/h zu ermöglichen müssen die Kurvenradien außerorts mindestens 20 Meter betragen. Innerorts müssen die Radien den örtlichen Gegebenheiten angepasst werden [Gwiasda et al., 2014].

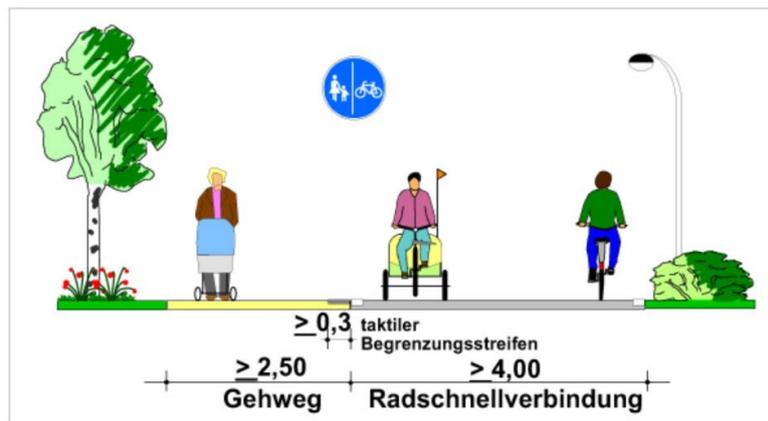


Abbildung 11: Selbstständig geführter Zweirichtungsradweg, Trennung der Radschnellverbindung von den Flächen für den Fußverkehr bei eingeschränkter Flächenverfügbarkeit [Gwiasda et al., 2014]

Als Sonderlösung darf für enge Stellen die Fahrstreifenbreite des Radverkehrs auf 2,50 Meter reduziert werden.

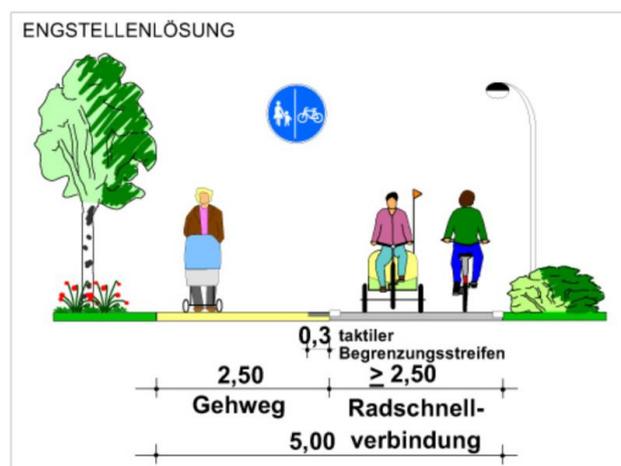


Abbildung 12: Selbstständig geführte Radschnellverbindung an Engstellen [Gwiasda et al., 2014]

Straßenbegleitend geführter Zweirichtungsradweg

Bei angrenzenden Straßen verläuft der Zweirichtungsradweg mit einem Sicherheitstrennstreifen von zumindest 0,75 Metern begleitend zur Fahrbahn. Die Radschnellverbindung muss hier baulich von der Fahrbahn des mIV getrennt werden. Wie schon zuvor beim selbstständig geführten Radweg wird auch hier der Gehweg durch einen taktilen Begrenzungstreifen getrennt. Hier müssen die Kurvenradien gemäß dem Straßenverlauf angepasst werden, es sollten jedoch Radien von zumindest 20 Metern erreicht werden. Auf einmündende untergeordnete Straßen und häufig befahrene Grundstückszufahrten muss besonders geachtet werden, um Unfälle bei den Überfahrten zu vermeiden. Dabei kann mit einer Aufpflasterung der Straße oder mit Bodenmarkierungen auf eine Überfahrt hingewiesen werden [Gwiasda et al., 2014].

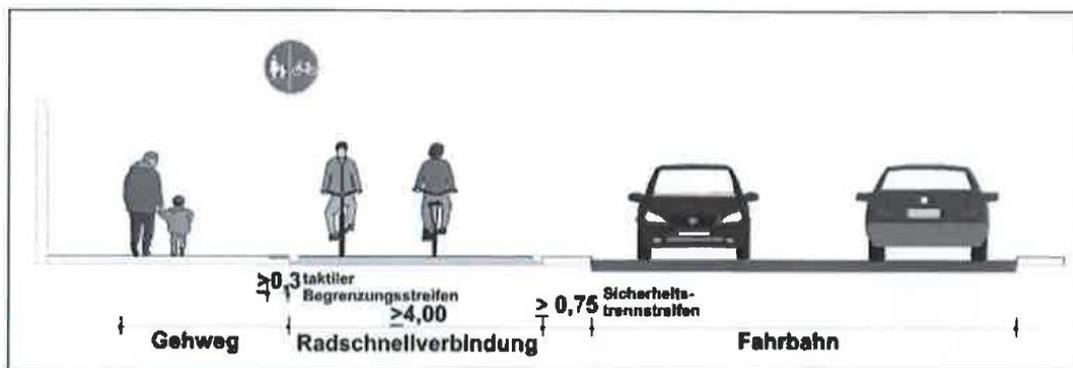


Abbildung 13: Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung im Seitenraum: Einseitiger Zweirichtungsradweg [Gwiasda et al., 2014]

Straßenbegleitend geführter Einrichtungsradschweg

Beidseitige Einrichtungsradschwwege kommen in der Regel innerorts zur Anwendung. Dabei ist eine Mindestbreite von je 3 Metern vorgesehen. Ansonsten unterscheidet sich der Einrichtungsradschwweg nicht vom Zweirichtungsradweg. Im Einrichtungsverkehr besteht die zusätzliche Möglichkeit eine Seite als Radfahrstreifen auszuführen. Der Unterschied besteht in der fehlenden baulichen Trennung. Der Radfahrstreifen ist außerdem nur durch eine retroreflektierenden Bodenmarkierung zur Fahrbahn des mIV getrennt [Gwiasda et al., 2014].

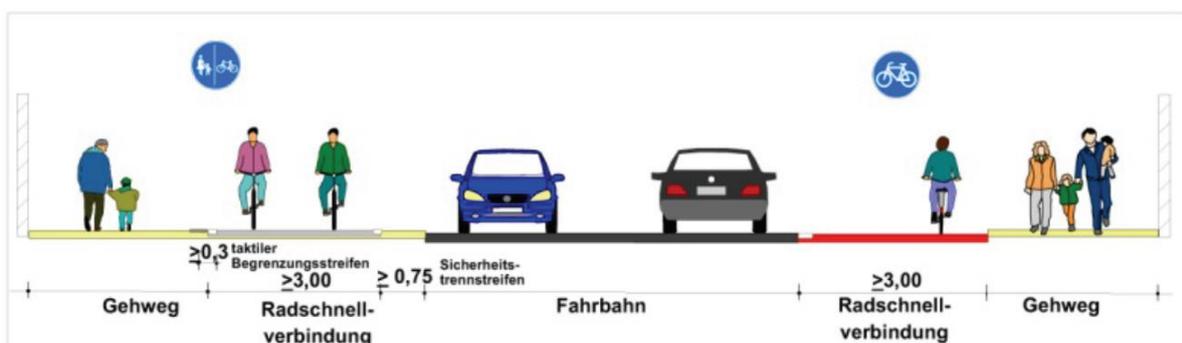


Abbildung 14: Straßenbegleitende Führung der Radschnellverbindung mit Einrichtungsradschwweg bzw. Radfahrstreifen [Gwiasda et al., 2014]

Gemeinsame Führung Radverkehr und Linienbusse

Bei einem bereits bestehenden Busfahrstreifen besteht die Möglichkeit den Radverkehr mitzuführen. Das bietet vor allem bei geringeren Platzverhältnissen einen großen Vorteil. Diese Form wird als Radfahrstreifen ausgeführt und erfordert auf freier Strecke eine Breite von 3,25 bis 3,50 Metern. Im Haltestellenbereich ist eine Mindestbreite von 4,75 Metern notwendig um ein Vorbeifahren an den haltenden Bussen zu gewährleisten. Zur Verdeutlichung dieses kombinierten Fahrstreifens muss dieser mit einem Radpiktogramm und dem Schriftzug BUS gekennzeichnet sein [Gwiasda et al., 2014].

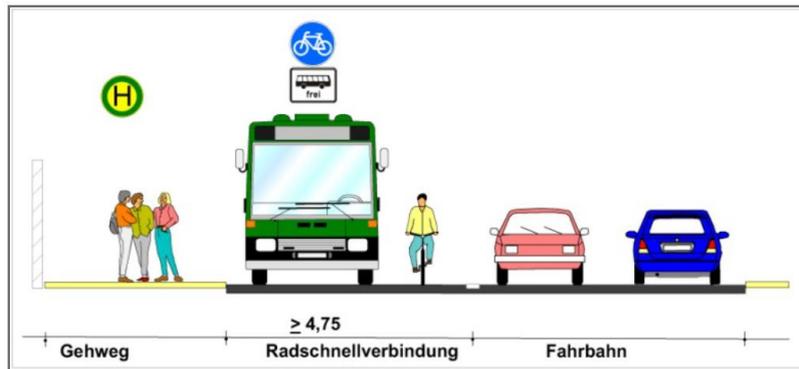


Abbildung 15: Radfahrstreifen mit zugelassenem Busverkehr als Radschnellverbindung [Gwiasda et al., 2014]

Fahrradstraße

In bebauten Gebieten werden Radschnellwege als Fahrradstraßen geführt. Dafür ist eine Breite von mindestens 4 Metern für den Zweirichtungsverkehr notwendig. Zusätzlich ist ein Sicherheitsabstand zu den parkenden Kraftfahrzeugen erforderlich. Das Parken ist nur außerhalb der Fahrgasse zulässig. Außerdem ist der Fußverkehr auf separaten Gehwegen zu führen. Für beengte Verhältnisse stellt sich die Fahrradstraße als beste Lösung heraus [Gwiasda et al., 2014].

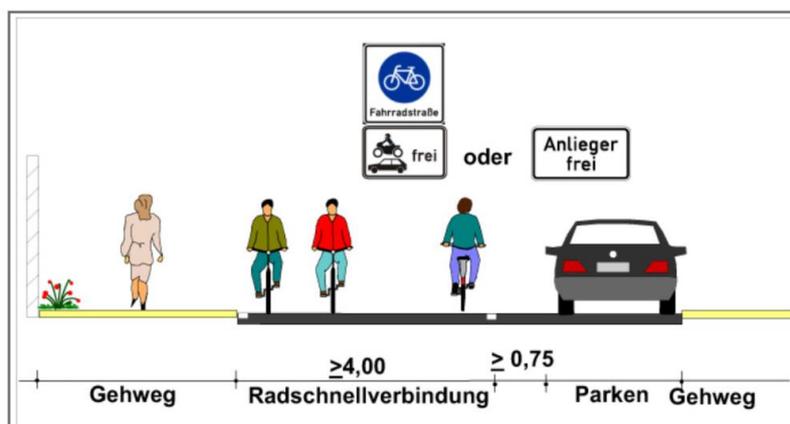


Abbildung 16: Führung der Radschnellverbindung als Fahrradstraße in Erschließungsstraßen [Gwiasda et al., 2014]

Entwurfselemente für die Knotenpunktsgestaltung

Grundsätzlich sollten Radschnellverbindungen Vorrang gegenüber einmündenden Nebenstraßen haben, um Zeitverluste so gering wie möglich zu halten. An lichtsignalgeregelten Knotenpunkten sollte der Radverkehr priorisiert werden. Das kann durch eine frühzeitige Anforderung im Fahren oder durch eine grüne Welle ermöglicht werden. Wartezeiten von 35 Sekunden sollten nicht überschritten werden. Die Signalisierung sollte getrennt vom Fußverkehr erfolgen [Gwiasda et al., 2014].

Musterlösungen für Überfahrten

Für eine übersichtliche und sichere Knotenpunktsgestaltung benötigt man mehrere Entwurfselemente. Um bei einmündenden Straßen auf die überquerenden Radfahrer aufmerksam zu machen empfiehlt es sich die Überfahrten mit einer roten Bodenmarkierung auszustatten. Das bewirkt auch für die in die untergeordnete Straße abbiegenden Kraftfahrzeuge eine höhere Achtsamkeit auf mögliche Radfahrer, die sich von hinten annähern. Zusätzlich kann man die Querung mit einem Schutzweg für Fußgänger markieren. Der farbige Belag ist zur Minderung der Rutschgefahr bei Nässe aufzurauen. Die Überfahrt sollte bei ausreichendem Platzangebot auf beiden Seiten Randmarkierungen enthalten. [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016]

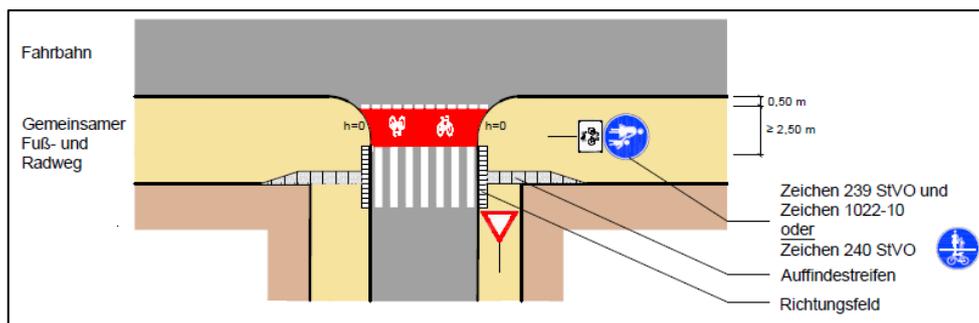


Abbildung 17: Überfahrt von Fuß- und Radweg
[Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016]

Solche Markierungen bei Überfahrten finden bereits sehr häufig ihre Anwendung. Ein Beispiel zeigt der „Vorher-Nachher-Vergleich“ der Stadt Münster. Hier ist ein deutlicher Unterschied der Erkennbarkeit der Fahrradüberfahrt ersichtlich. Zusätzlich zur roten Markierung ist hier auch ein Fahrradpiktogramm mit einem Doppelpfeil vorgesehen [Stadt Münster / Amt für Verkehrsplanung, o. J.].



Abbildung 18: Vorher-Nachher-Vergleich: Überfahrt Zweirichtungsradweg in Münster,
[Stadt Münster / Amt für Verkehrsplanung, o. J.]

Um den Vorrang für den Radverkehr zu verdeutlichen sind zudem Auframpungen an den Einmündungen möglich. Dies erhöht die Aufmerksamkeit des einmündenden Verkehrs und sorgt somit für eine verbesserte Verkehrssicherheit. Die Radfahrer fahren dabei auf einem Höhenniveau durch. Zur Verdeutlichung sind an den Überfahrten Fahrradpiktogramme mit Richtungspfeilen zu markieren. Der Anwendungsbereich dafür liegt innerorts bei Geschwindigkeiten von 30 km/h oder mehr und bei Einrichtungsradwegen. Zweirichtungsradwege sind innerorts besonders konfliktbehaftet, aus diesem Grund gibt es für diese Führungsform keine Musterlösung dazu [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].

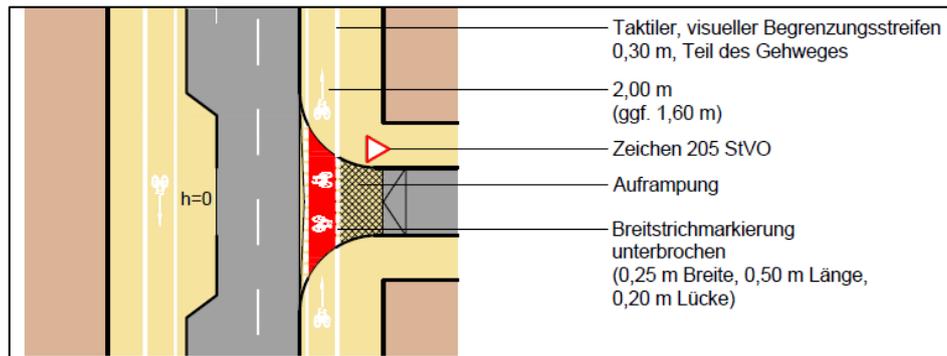


Abbildung 19: Auframpung bei Überfahrten
[Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016]

Musterlösungen für Abbiegemöglichkeiten

Als ein weiterer wichtiger Punkt der Knotenpunktsgestaltung erweist sich das Linksabbiegen. Bei ausreichendem Platzangebot gibt es die Möglichkeit einer Mittelinsel. Diese bietet die Gelegenheit sich zwischen zwei Fahrstreifen aufzustellen um ein sicheres Querens einer übergeordneten Straße zu ermöglichen. Der Aufstellbereich zwischen den Inselköpfen dient für den linkseinbiegenden und linksabbiegenden Radverkehr. Je nach Bedarf ist die Mittelinsel auch ohne Querungshilfe für den Fußgänger kombinierbar. Anwendbar ist eine Mittelinsel bei geringem bis mäßigem Kfz-Verkehr [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].

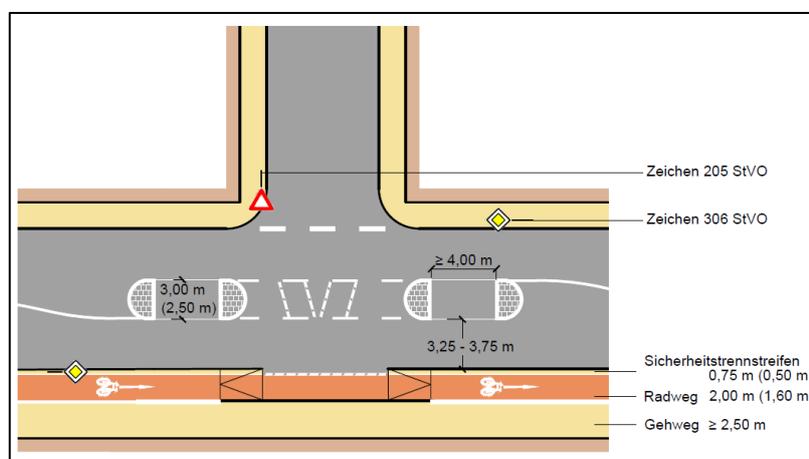


Abbildung 20: Linksabbiegen aus übergeordneten Knotenpunktarmen
[Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016]

Um an Knotenpunkten mit einer VLSA ein sicheres Linksabbiegen zu ermöglichen empfiehlt sich die Lösung des indirekten Linksabbiegens (siehe Abbildung 21). Dabei fährt der Radfahrer in die Kreuzung ein und biegt in die geschützte Aufstellmöglichkeit ab. Der indirekt abbiegende Radverkehr kann dann mit dem nachfolgenden Kraftfahrzeugstrom der gleichen Richtung die Kreuzung überqueren. Dabei sollten die Radfahrer zwei bis vier Sekunden früher Grün erhalten als die dahinter wartenden Fahrzeuge. Das Signal für den indirekt linksabbiegenden Radfahrer muss dabei klar erkennbar sein. Optional besteht die Möglichkeit die indirekte Führung mit einer Hinweistafel zu verdeutlichen. Der ideale Anwendungsbereich dafür liegt bei hoher Kfz-Verkehrsbelastung, sowie geringem Anteil von abbiegenden Radfahrern [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].

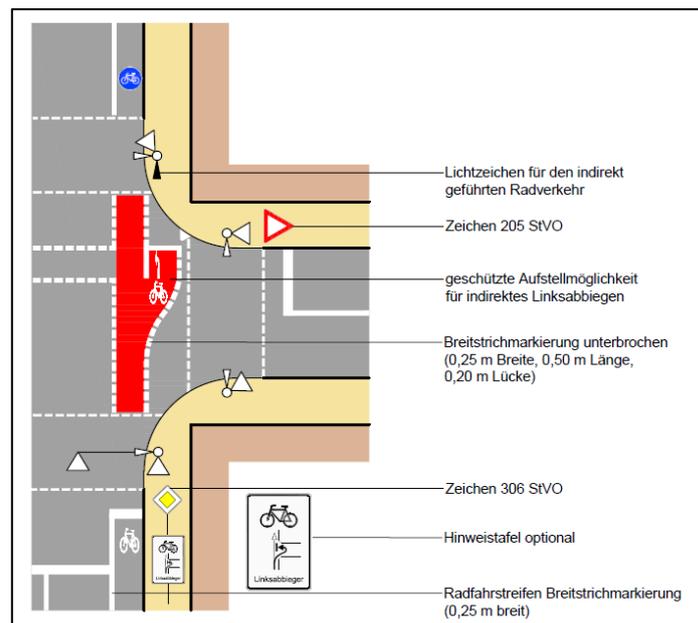


Abbildung 21: Links abbiegender Radverkehr – indirekte Führung
[Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016]

Zur Sicherung des linksabbiegenden bzw. geradeausfahrenden Radverkehrs besteht die Möglichkeit eines aufgeweiteten, vorgezogenen Radaufstellstreifens (siehe Abbildung 22). Dieser sorgt beim Warten an einer VLSA geregelten Kreuzung für eine Entflechtung des Verkehrs. Radfahrer können bei Rot ungehindert die bereits stehenden Kraftfahrzeuge passieren und sich davor auf dem drei bis fünf Meter langem Aufstellstreifen positionieren. Die dabei gute Sichtbarkeit der Radfahrer sorgt für eine höhere Sicherheit. Auch ob Radfahrer abbiegen wollen ist dadurch leichter erkennbar und sorgt somit für weniger Konfliktpunkte mit dem mIV [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016].

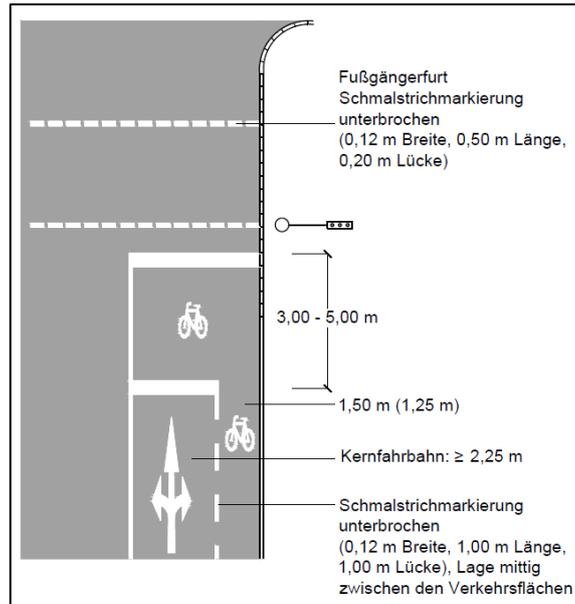


Abbildung 22: Aufgeweiteter, vorgezogener Radaufstellstreifen
 [Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg, 2016]

2.2.2 Niederlande

Allgemein

In den Niederlanden werden Radschnellstrecken als hochwertige Radverbindungen mit Entfernungen von bis zu 20 km definiert, die Städte und Arbeitsstandorte miteinander verbinden. Hohe Qualität bedeutet dabei mit Maßnahmen wie z.B. der Beseitigung von Hindernissen, die Strecke für Radfahrer schneller und komfortabler bereitzustellen. Für eine schnellere Realisierung und geringere Kosten werden dabei keine festgelegten Radschnellwege neu trassiert, sondern auf bereits bestehende Korridore gesetzt, in denen schnell befahrbare Verbindungen vorhanden sind. Dadurch werden auch keine teuren Tunnel oder Brücken benötigt. Das kann zwar zu einem Qualitätsverlust führen, jedoch liegt in den Niederlanden die Priorität auf mehreren weniger gut ausgestatteten Radschnellverbindungen, anstatt teurerer, mit höherer Qualität [Spapè et al., 2015]. Im europäischen Vergleich liegen die Niederlande im Spitzenfeld beim Thema Radverkehr. 27 % der Wege werden mit dem Fahrrad zurückgelegt. Das entspricht in etwa drei Mal so viel wie in Österreich. Die Stadt Groningen liegt dabei mit einem Radanteil von 61 % an der Spitze. [Spapè, 2016]

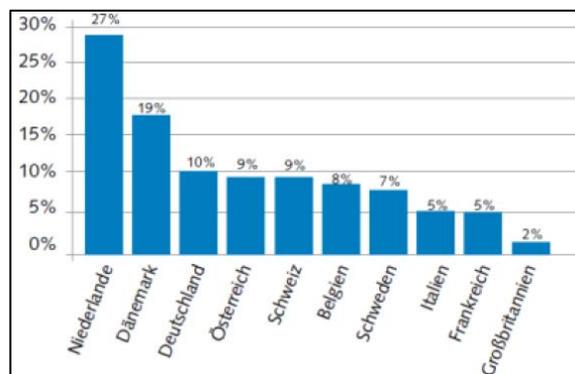


Abbildung 23: Radanteil im internationalen Vergleich
 [Spapè, 2016]

Die Niederlande waren aber nicht immer Vorreiter in Sachen Radverkehr. Erst ab dem Jahr 2006 begann die wesentliche Entwicklung von Radschnellverbindungen, mit der Idee die Stauproblematik auf den Autobahnen zu verringern [Spapè et al., 2015]. Mittlerweile gelten die Niederlande mit einem bestens ausgebauten Radwegenetz für andere Länder als Vorbild. Jeden Tag benützen 1,2 Millionen Radpendler das ausgebaute Netz von 29.000 km freiliegender Radstrecken und 4.700 km Radwegen. Im Jahr 2016 befanden sich 18 Radschnellstrecken mit einer Länge von 400 km in Betrieb. Weitere 10 Radschnellstrecken über 200 km sind seither in Planung. [Spapè, 2016]



Abbildung 24: Radschnellstreckennetz in den Niederlanden (rot=Bestand, blau = in Planung und Bau, grün = mögliche zukünftige Radschnellstrecken) [Spapè, 2016]

Planungsgrundsätze

Wie schon in Deutschland gibt es auch in den Niederlanden keine verbindlichen Richtlinien über die Ausführung von Radschnellverbindungen. Es wird zuerst probiert, dann geforscht und im Anschluss ein Leitfaden erstellt [Spapè, 2016]. Diese Aufgabe wird von CROW übernommen. CROW ist in den Niederlanden eine Wissensorganisation im Bereich der Infrastruktur, öffentlicher Raum, Verkehr und Transport. Das von CROW ausgearbeitete Handbuch *Design Manual for Bicycle Traffic* enthält allgemeine Informationen zum Radverkehr sowie Vorschläge zur Gestaltung von Radschnellverbindungen.

Eine Radschnellverbindung muss demnach vier Hauptanforderungen erfüllen [Groot, 2016]:

- Konsistenz: Radschnellverbindungen sollen in einem Radverkehrsnetz als hochrangigste Führungsform die Basis bilden und innerhalb eines Korridors von 2 Städten für eine Fahrradverbindung sorgen.
- Direktheit: Die Radschnellverbindung muss ohne Umwege für eine Verbindung zwischen Quelle und Ziel sorgen.

- **Attraktivität:** Sowohl für Nutzer, als auch für Anrainer muss die Radschnellverbindung einen Vorteil bringen.
- **Sicherheit:** Die Streckenführung muss so wenig Konfliktpunkte mit anderen Verkehrsteilnehmern wie möglich garantieren. Weiters muss die Fahrbahn eine rutschfeste Oberfläche ohne Unebenheiten aufweisen. An Knotenpunkten muss eine ausreichende Sicht auf entgegenkommenden Verkehr gewährleistet sein.
- **Komfort:** Die Strecke muss breit genug ausgeführt sein, um sicheres Überholen zu ermöglichen. Die Fahrbahnoberfläche muss den hohen Qualitätsanforderungen bezüglich Ebenheit und Rutschfestigkeit entsprechen.

Das Handbuch *Design Manual for Bicycle Traffic* enthält unter anderem auch Empfehlungen für Führungsformen und die Knotenpunktsgestaltung. In bebauten Gebieten gilt für Radschnellwege eine Entwurfsgeschwindigkeit von 30 km/h. Außerhalb des Stadtzentrums wird für die Bemessung eine Geschwindigkeit von 40 km/h angenommen. Für die Ausführung weiters von Bedeutung ist eine Trennung der Fahrrichtungen, sowie Randmarkierungen entlang der Strecke. Die Fahrbahnoberfläche muss aus Asphalt oder Beton hergestellt sein, und farblich in Rot gehalten sein. Die Radien in der Streckenführung hängen von der Entwurfsgeschwindigkeit ab. Bei der Mindestanforderung von 12 km/h darf der Kurvenradius dabei 5 Meter nicht unterschreiten. Im Hauptradnetz gilt bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h ein Mindestradius von 20 Meter. Als Führungsform gibt es dabei mehrere Möglichkeiten [Groot, 2016].

Tabelle 2: Verhältnis Entwurfsgeschwindigkeit zu Mindestradius (Quelle: [Groot, 2016])

Route	Entwurfsgeschwindigkeit	Mindestradius
Mindestanforderung	12 km/h	5 m
Basis Netzwerk	20 km/h	10 m
Hauptradnetz	30 km/h	20 m

Um die Sicherheit und den Komfort zu erhöhen ist entlang der Radschnellstrecke eine Beleuchtung notwendig. Als Beleuchtungskonzept gilt es einen Kompromiss zwischen guter Beleuchtung und gleichzeitig geringem Energieverbrauch zu finden. Die Radschnellstrecke Spoorbaanpad in Almere ist mit einem intelligenten Beleuchtungskonzept ausgestattet. Dabei leuchten die Lichtmasten mit 10 % ihrer Leuchtkraft. Sobald sich ein Radfahrer nähert steigt durch Sensoren die Leuchtkraft auf 50 % und im nächsten Schritt auf 100 %. Dadurch ist für Radfahrer eine gute Beleuchtung bei geringem Energieverbrauch gewährleistet. [Gemeente Almere, 2016]



Abbildung 25: Intelligentes Beleuchtungskonzept mit „mitfahrendem Lichtkegel“
[Gemeente Almere, 2016]

Führungsformen

Zwei Einrichtungsradschnellwege

Zum einen gibt es die Möglichkeit von zwei Einrichtungsfahrbahnen mit einer Breite von jeweils 3,0 m. Dazwischen muss ein Mindestabstand von 0,5 m eingehalten werden. Im Falle von hohen Bordsteinkanten oder angrenzenden Pflanzen muss ein zusätzlicher Abstand von 0,5 m miteingerechnet werden. Das ergibt für diese Führungsform eine Breite von bis zu 7,0 m. Für einen Radfahrer wird eine Lichtweite von 1,0 m angenommen. Der angestrebte Querschnitt gewährleistet dabei ausreichend Platz, damit zwei Radfahrer nebeneinander fahren und dabei noch problemlos überholt werden können. [Groot, 2016]

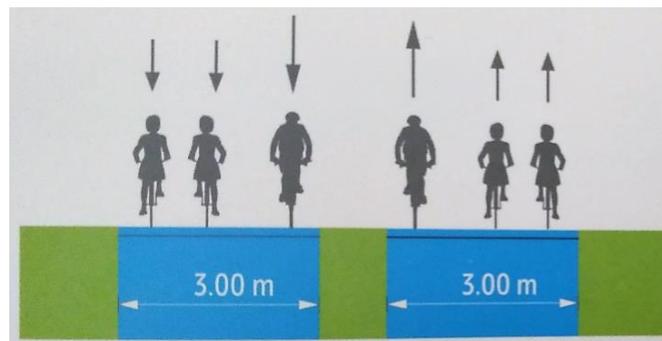


Abbildung 26: Querschnitt mit zwei Einrichtungsradschnellwegen
[Groot, 2016]

Zweirichtungsradschnellweg

Als zweite Variante bietet sich die Möglichkeit eines Zweirichtungsradschnellwegs. Die Breite der Fahrbahn sollte dabei 4,0 m nicht unterschreiten. Bei Bepflanzungen und hohen Bordsteinkanten gilt hier ebenso ein Zuschlag von 0,5 m. Zusätzlich ist bei hohem Verkehrsaufkommen von mehr als 3000 Radfahrern pro Tag oder bei wesentlichen Unterschieden in der Fahrgeschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer der Radschnellweg um 0,5 bis 1,0 m zu verbreitern. Im Gegenzug darf bei weniger als 1000 Radfahrern am Tag und nicht signifikanten Geschwindigkeitsunterschieden die Breite um 0,5 bis 1,0 m verringert werden. Bei beiden Varianten besteht außerdem die Möglichkeit den Radschnellweg mit einem Gehweg zu kombinieren. [Groot, 2016]

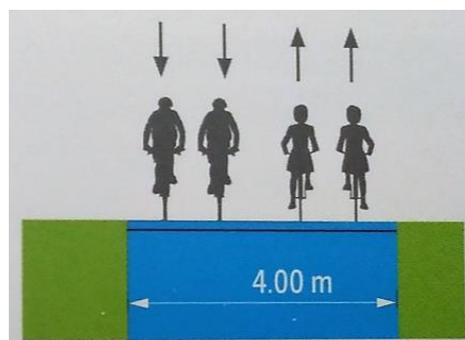


Abbildung 27: Querschnitt Zweirichtungsradschnellweg
[Groot, 2016]

Fahrradstraße

Es ist üblich Hauptradrouten und Verteilerstraßen des mIV nicht zusammentreffen zu lassen, denn Radfahren auf vielbefahrenen Straßen ist weder sicher noch attraktiv und kann Verzögerungen in der Reisezeit/Fahrtzeit verursachen. Sollte das jedoch der Fall sein, ist es notwendig die Hauptradstrecke über eine Wohnstraße durch ein Wohngebiet zu führen. In solchen Fällen kommt in den Niederlanden die Fahrradstraße zum Einsatz. Eine Fahrradstraße ist eine Wohnstraße in der motorisierter Verkehr erlaubt ist und zum Teil der Hauptradroute oder der Radschnellverbindung zählt. Allerdings darf das Verkehrsaufkommen des mIV nicht zu hoch sein. Der Einsatz einer Fahrradstraße wird ab einer höheren Verkehrsstärke von Radfahrern als Kraftfahrzeugen empfohlen. Dabei sollte der mIV nicht mehr als 200 Kfz pro Stunde erreichen. Bei höheren Verkehrsstärken wird ein geräumigeres Profil für den Querschnitt empfohlen und ab einer Stärke von 500 Kfz/h sollte die Streckenführung von mIV und Radfahrern getrennt werden. [Groot, 2016]

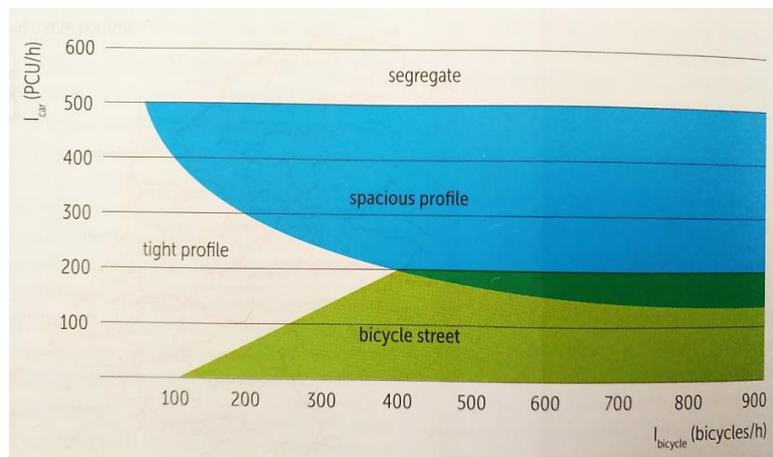


Abbildung 28: Vorgeschlagene Lösungen in Abhängigkeit der Verkehrsstärke von mIV und Radfahrern [Groot, 2016]

Baulich sollte die Fahrradstraße eine Breite (a) von 4,50 m aufweisen, damit in beide Richtungen problemlos zwei Radfahrer nebeneinander fahren können. Der mIV kann sowohl über eine Einbahn als auch in beide Richtungen geführt werden. Es gilt hier ebenfalls eine Beschränkung von 30 km/h. An Knotenpunkten sollte die Fahrradstraße gegenüber einmündenden Straßen priorisiert werden. Parken ist auf der Fahrbahn verboten und nur auf dafür vorgesehenen Stellplätzen erlaubt. Die Behinderung von parkenden Autos ist dabei zu minimieren. Die Fahrbahnoberfläche sollte aus Asphalt sein. Weiters wird in dem Handbuch empfohlen, Verkehrsinseln an Stellen wo Entscheidungen getroffen werden, zu errichten. Die Fahrradstraße bringt einige Vorteile mit sich. Sie benötigt weniger Platz als getrennte Radwege. Zudem führt eine Route durch eine Wohnstraße zu einer höheren Verkehrssicherheit, als neben einer viel befahrenen Straße. Auch Stellplätze können dabei erhalten bleiben. [Groot, 2016]

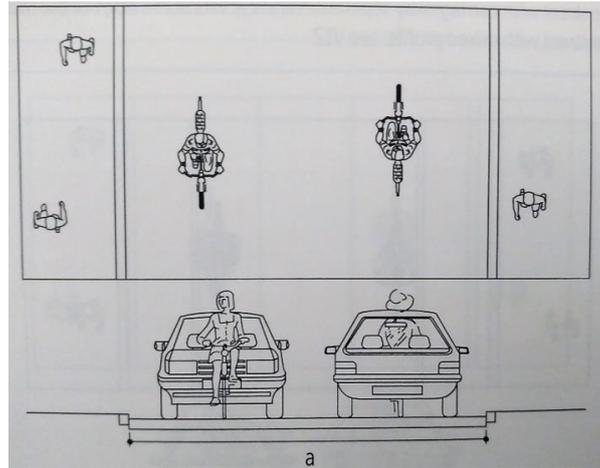


Abbildung 29: Querschnitt einer Fahrradstraße
[Groot, 2016]

Entwurfselemente für die Knotenpunktgestaltung

Musterlösungen für Überfahrten

Um bei Überfahrten auf querende Radfahrer aufmerksam gemacht zu werden empfiehlt das niederländische Handbuch sogenannte Haifischzähne-Bodenmarkierungen. Die Situation der Priorisierung wird durch die Markierungen auch verdeutlicht. Der Einsatz kann innerhalb und außerhalb von bebauten Gebieten erfolgen. Die Dimensionen sollten dabei eine Breite a und Abstand c von jeweils 0,50 m betragen. Die Höhe b sollte 0,60-0,70 m sein.

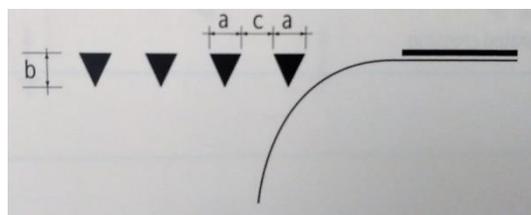


Abbildung 30: Haifischzähne-Bodenmarkierung
[Groot, 2016]

Zusätzlich zu der Haifischzahn-Markierung wird wie schon in Deutschland eine rot markierte Überfahrt empfohlen. Diese rote Bodenmarkierung sollte den Vorrang der querenden Radfahrer noch einmal verdeutlichen. Bei sich überschneidenden Verkehr kann zusätzlich eine Geschwindigkeitsschwelle angeordnet werden. Zur Verdeutlichung der Fahrtrichtung des querenden Radverkehrs kann die Überfahrt mit einem Pfeil markiert werden. Die Länge des Pfeiles sollte 2,50 m lang sein. Die seitlichen Bodenmarkierungen allein würden eine zu geringe Aufmerksamkeit bewirken. [Groot, 2016]

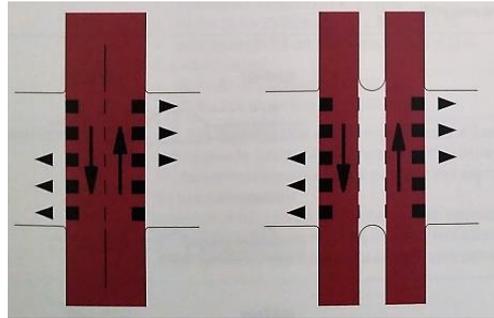


Abbildung 31: Markierung für eine Radüberfahrt
[Groot, 2016]

Musterlösungen für Abbiegemöglichkeiten

An Knotenpunkten mit einer VLSA empfiehlt das Handbuch mehrere Varianten für das Linksabbiegen. Bei einem geradeaus weiterführenden Radweg besteht die Möglichkeit sich links davon aufzustellen um danach abbiegen zu können. Sollte für eine Aufstellfläche zu wenig Platz zwischen Fahrbahn und Radweg sein besteht die Möglichkeit die Aufstellfläche auf der rechten Seite, also zwischen Radweg und Fußgängerüberquerung, anzuordnen. Das entspricht auch der Empfehlung des indirekten Linksabbiegens aus Deutschland. Bei ausreichendem Platz bietet sich die Möglichkeit eines Fahrbahnteilers, um den Knotenpunkt übersichtlicher zu gestalten. Die Breite der Aufstellfläche ist von der Verkehrsstärke abhängig, sollte aber 1,20 m nicht unterschreiten. Wichtig ist auch hier die klare Erkennbarkeit des Signals für den indirekt linksabbiegenden Radfahrer [Groot, 2016].

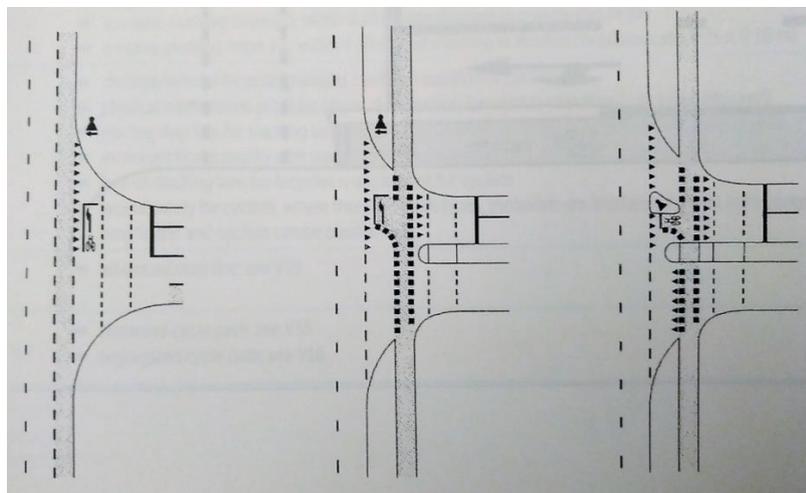


Abbildung 32: Linksabbiegemöglichkeiten für den Radverkehr
[Groot, 2016]

Für eine sichere Überfahrt und sicheres Linksabbiegen für Radfahrer legt das niederländische Handbuch ebenfalls eine aufgeweitete und vorgezogene Haltelinie nahe. Empfohlen wird diese Variante in innerstädtischen Bereichen bei einer hohen Anzahl an linksabbiegenden Radfahrern und bei vielen geradeaus fahrenden Radfahrern und rechtsabbiegenden Kraftfahrzeugen. Die vorgezogene Haltelinie darf nur bei maximal zwei Fahrstreifen pro Richtung eingesetzt werden. Die Aufstellfläche (l_1) für die Radfahrer muss dabei zwischen 4,0 und 5,0 m lang sein. Die Stärke der Haltelinie (a) muss 0,30 m und der Abstand zum Fahrradpiktogramm (a_1) 0,50 m sein. Das

Piktogramm selbst (a_2) muss dabei 2,75 m hoch sein und darunter einen Abstand von $3 \times 0,15$ m auf die Haltelinie einhalten. Die Bodenmarkierungen a_4 und a_5 müssen dabei mit einer Strichlänge von 0,10 bzw. 0,30 m versehen sein. Die Aufstelllänge für den mIV l_3 muss dabei zwischen 5,0 und 10,0 m erreichen. Der Radfahrstreifen muss bis zur Haltelinie eine Mindestlänge l_2 von 25,0 m einhalten und eine Breite f von ca. 1,50 m aufweisen. Jedoch sollte der Radstreifen nicht breiter als 1,75m sein, um nicht vom mIV als Abbiegestreifen benutzt zu werden [Groot, 2016].

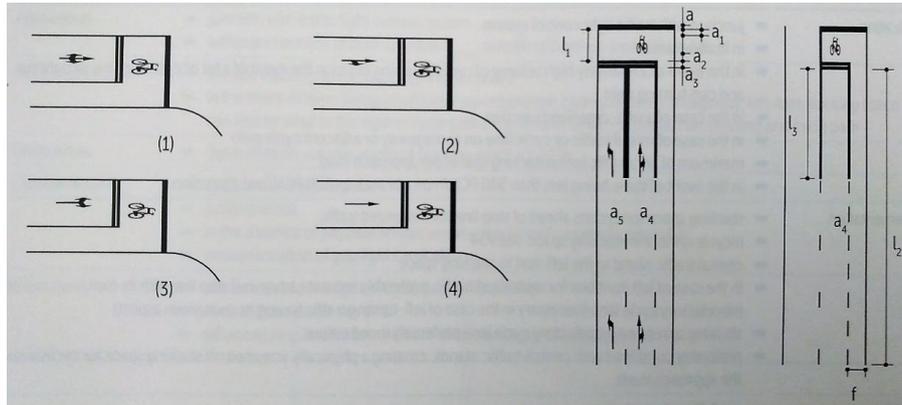


Abbildung 33: Vorgezogene Haltelinie
[Groot, 2016]

Um den Verkehrsfluss zu verbessern, bietet die Empfehlung des freien Rechtsabiegens für Radfahrer während einer Rotphase eine komplett neue Lösung. Dabei führt die Fahrradstrecke an der VLSA vorbei und gewährleistet somit geringere Fahrtzeiten. Die rechtsabbiegenden Radfahrer gelangen dabei auf den rechts weiterführenden Radweg oder Radstreifen und haben ausreichenden Abstand nach hinten. Die Breite der Radstrecke sollte in dieser Umleitung mindestens 1,50 m betragen. Diese Variante kann sowohl inner- als auch außerorts zum Einsatz kommen. Nachteilig wirken sich allerdings der größere Platzbedarf sowie das Konfliktpotenzial mit den Fußgängern aus [Groot, 2016].

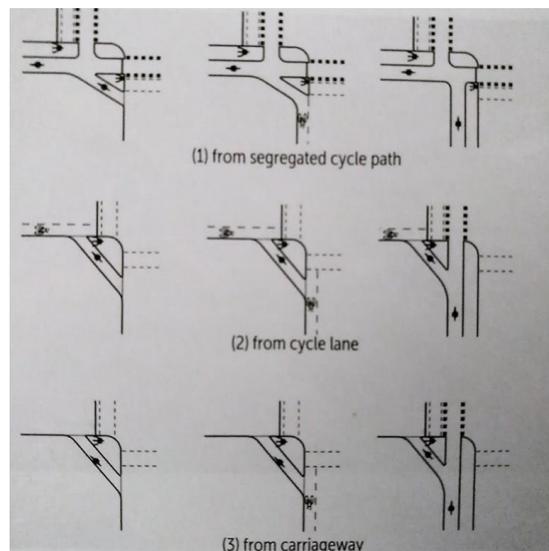


Abbildung 34: Freies Rechtsabbiegen für Radfahrer während Rot
[Groot, 2016]

2.2.3 Schweiz

Allgemein

In der Schweiz wird das Fahrrad als Velo bezeichnet. Eine Velobahn wird als qualitativ hochwertige Verbindung im Veloverkehrsnetz definiert, die wichtige Ziele mit hohem Potenzial über größere Entfernungen miteinander verbindet. Eine Velobahn sollte dabei eine möglichst kontinuierliche Fahrt mit wenigen Stopps und geringen Wartezeiten gewährleisten [Velokonferenz Schweiz, 2015]. Als Hauptzielgruppe gelten Pendler, die zum Umstieg auf das Velo bewegt werden sollten. In der Schweiz gibt es zwar ein gutes Angebot an Velorouten, allerdings existieren noch keine Veloschnellrouten. Einige davon befinden sich in Planung, wie jene in Winterthur. Der Zeitpunkt für die Umsetzung ist jedoch noch offen [Arbeitsgruppe für Siedlungsplanung und Architektur AG, 2014]. Für Velostraßen, identisch zu Fahrradstraßen, gibt es seit 2017 Pilotversuche in fünf Schweizer Städten [Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI), 2018].

Planungsgrundsätze

Das Schweizer Grundlegendokument *Velobahnen* beruht auf Grundlagen und Planungsgrundsätzen für Radschnellverbindungen aus den Erfahrungen von Deutschland, den Niederlanden und Dänemark und soll dabei in den schweizerischen Kontext eingeordnet werden. Dieses Dokument gibt Hinweise für die Ausgestaltung von Velobahnen in der Schweiz. Demnach müssen Velobahnen folgende Anforderungen erfüllen [Velokonferenz Schweiz, 2015]:

Ununterbrochene Fahrt

- Vortrittsberechtigung an Kreuzungen
- Niveaufreie Kreuzungen (Verzicht auf Über- und Unterführungen)
- Kurze Wartezeiten vor Lichtsignalanlagen

Komfort und Sicherheit

- Führung auf motorfahrzeugarmer Straße
- Ausreichende Breiten um problemloses Überholen und Nebeneinanderfahren zu garantieren
- Direkte und flüssig befahrbare Linienführung
- Hohe Belagsqualität
- Keine Absätze
- Ausreichende Beleuchtung
- Übersichtliche Linienführung, unterstützt durch Markierungen

Hohe Gestaltungs- und Ausstattungsqualität

- Einheitliche Gestaltung auf der gesamten Länge
- Erkennbarkeit der Velobahn für alle Verkehrsteilnehmer
- Informierende Wirkung mit Wegweiser als Orientierungshilfe
- Luftpumpe, Werkzeug
- Witterungsschutz, Sitzgelegenheiten, Abfalleimer

2018 wurde zusätzlich das Merkblatt *Hinweise für die Planung von Veloschnellrouten (Velobahnen)* von der Schweizerischen Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI) herausgegeben. Laut dem Merkblatt sollten Velobahnen auf eine Geschwindigkeit von mindestens 30 km/h ausgelegt werden, da ein wesentlicher Faktor für die Verkehrsmittelwahl die Zeit bzw. Schnelligkeit ist. In Knotenbereichen sollten 20 km/h erreicht werden. Veloschnellrouten sollten, vergleichbar mit einer hochrangigen Straße, die höchste Netzebene bilden. Das Haupteinsatzgebiet liegt dabei im Agglomerationsgürtel, den Vororten sowie in den städtischen Quartieren. In der Innenstadt herrscht zwar das größte Velopotenzial, jedoch sind die Platzverhältnisse dort der limitierende Faktor. Umgekehrt gilt für den ländlichen Bereich genügend Platz, aber geringes Potenzial. Aus diesen Faktoren gilt es die bestmögliche Lösung zu finden [SVI, 2018].

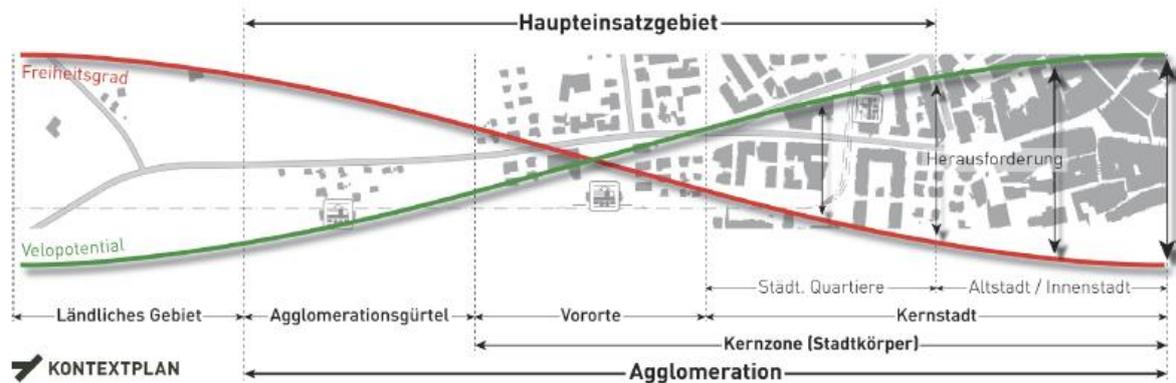


Abbildung 35: Haupteinsatzgebiet von Veloschnellrouten [SVI, 2018]

2017 wurde vom SVI zudem ein Forschungsprojekt über weitere Hinweise für die Planung beantragt. Dieses Projekt beinhaltet zusätzlich Empfehlungen für Kurvenradien, Oberflächenqualität, Steigungen, Markierungen, Direktheit, Beleuchtung und anliegende Stellplätze. Während in anderen Ländern für Kurvenradien ein Mindestmaß in Abhängigkeit der Projektierungsgeschwindigkeit angegeben wird gilt in der Schweiz die *VSS-Norm SN 640 060*. Aus folgendem Diagramm geht bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h ein Mindestradius von 30 m hervor. Mit zusätzlichen Sicherheitsmaßnahmen wie Kurvenverbreiterung oder Sicherheitslinien wäre eine Reduktion auf 18 m möglich. [Baker et al., 2017]

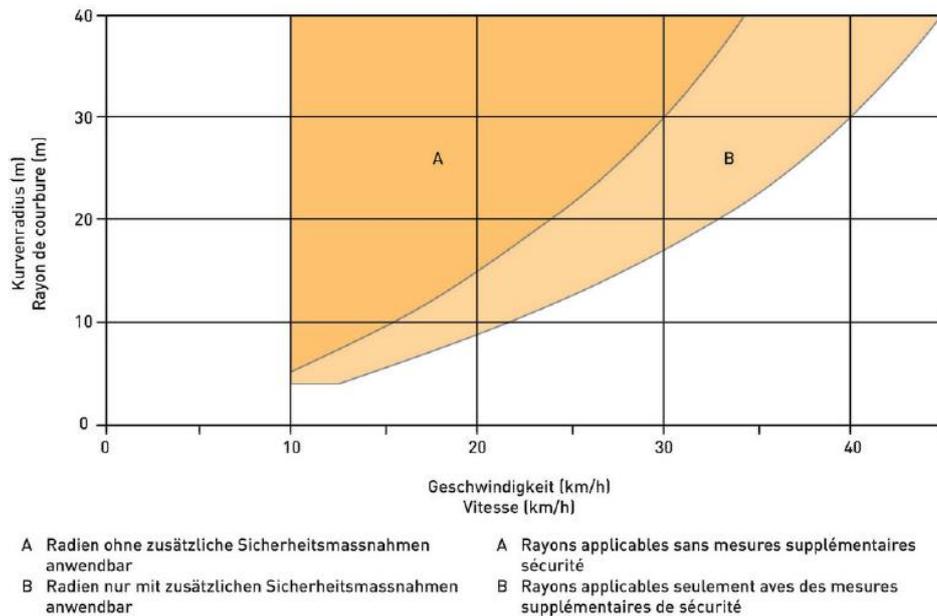


Abbildung 36: Kurvenradien in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit [Baker et al., 2017]

Als Belag sollte bei einer Velobahn glatter Asphalt eingesetzt werden. Auf einem Kopfsteinpflaster würde doppelt so viel Energie benötigt werden. Die Fahrbahn kann zudem zur Erkennbarkeit farblich gestaltet werden. An Gefahrenstellen sollte die Fahrbahn rot eingefärbt sein, insbesondere an Querungen wo der Vorrang der Radfahrer missachtet werden könnte. In der Schweiz sind Markierungen auf der Fahrbahn grundsätzlich gelb. Nur für Rand- und Sicherheitslinien wird eine weiße Markierung verwendet. Markierungen sollen für Klarheit sorgen und an potentiellen Gefahrenstellen wie Unterführungen, Knoten und Kurven eingesetzt werden. Über lange Streckenabschnitte sollte eine Längsneigung von 3 % nicht überschritten werden. In kürzeren Abschnitten bis 100 m darf die Steigung 5 % betragen. Für die Beleuchtung sollten ähnliche intelligente Beleuchtungskonzepte wie in den Niederlanden verwendet werden. Stellplätze entlang der Veloschnellroute sind sehr zurückhaltend anzuwenden. Längsparken stellt sich dafür als beste Möglichkeit heraus. Bei Längsstellplätzen sollte ein Sicherheitsabstand von 0,50 m zur Velobahn vorhanden sein. Für Veloschnellrouten gilt der Grundsatz, sie so direkt wie möglich zu führen und Umwege zu vermeiden. Diese Direktheit kann man mit folgender Formel quantitativ beurteilen [Baker et al., 2017]:

$$D = \left(\frac{E}{L} + \frac{(H : 40) * 1000}{L} \right) * 100$$

D = Direktheit in %

[Baker et al., 2017]

E = effektive Länge der Velostrecke in m

L = Luftlinie in m

H = effektive Höhenmeter minus natürliche Höhendifferenz

Als Grundlage der Berechnung dient die Abweichung der Luftlinie und der natürlichen Höhendifferenz. 40 Höhenmeter wirken sich dabei wie ein Kilometer zusätzliche Fahrt aus. Als

Ergebnis resultiert der Grad der Direktheit bzw. der Umwegfaktor. Als Vorgabe für Velobahnen gilt eine Direktheit von maximal 120% bei kürzest möglichen Verbindungen und 110% bei parallelen Hauptverkehrsstraßen. Dabei gilt es zu beachten, dass es einen Unterschied zwischen der tatsächlichen und der wahrgenommenen Direktheit gibt. Bei der Akzeptanz des Umweges sind vor allem die Kriterien Fahrfluss, Projektierungsgeschwindigkeit und Attraktivität der Strecke von Bedeutung [Baker et al., 2017].

Führungsformen

Das vom Bundesamt für Straßen (ASTRA) entwickelte Grundlegendokument *Velobahnen* verweist auf mehrere mögliche Führungsformen. Diese Möglichkeiten werden unterschieden in Führungsarten 1. und 2. Qualität [Velokonferenz Schweiz, 2015].

Führungsart 1. Qualität

Zu dieser Kategorie zählen Radwege die für Velobahnen besonders gut geeignet sind und mit den aktuell geltenden Regeln umgesetzt werden können. Hier besteht ebenfalls die Möglichkeit die Veloschnellroute als Ein- und Zweirichtungsweg zu führen [Velokonferenz Schweiz, 2015]. Bei Zweirichtungswegen sollte die Breite situationsabhängig zwischen 3,20 und 4,00 m betragen, während Einrichtungswegen 2,00 bis 3,00 m breit sein sollen. Im urbanen Raum ist der Einrichtungsweg zu bevorzugen [SVI, 2018].

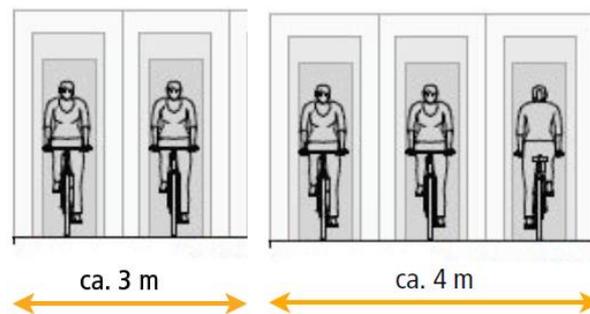


Abbildung 37: Breiten von Ein- & Zweirichtungswegen
[Velokonferenz Schweiz, 2015]

Motorfahrzeugarme Straßen bilden die zweite Lösung als Führungsform der 1. Qualität. Besonders bei geringen Platzverhältnissen stellt es sich als ideale Lösung heraus. Es reicht eine Gesamtbreite von 5 m aus. Jedoch ist diese Variante nach aktuell geltenden Regelungen in der Schweiz schwer umsetzbar, denn es müssen dabei die Voraussetzungen für eine Maximalgeschwindigkeit von 30 km/h und eine Vortrittsberechtigung für den Veloverkehr gegeben sein. Diese Randbedingungen entsprechen einer Fahrradstraße. Diese Führungsform ist zurzeit in der Schweiz noch nicht zulässig [SVI, 2018]. Da Fahrradstraßen als Führungsform für Radschnellverbindungen in Ländern wie Deutschland und den Niederlanden bereits zum Einsatz kommen, führt ASTRA gemeinsam mit Städten und Gemeinden Pilotprojekte durch. Ziel dabei ist es entsprechende Regelungen dafür zu entwickeln um international gleichzuziehen [Velokonferenz Schweiz, 2015].

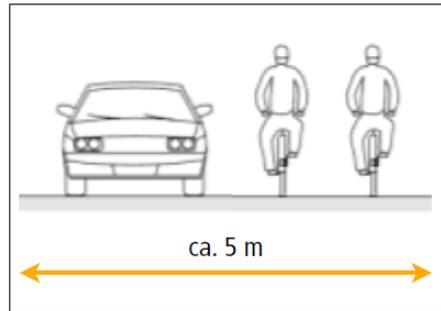


Abbildung 38: Platzbedarf bei Führung auf motorfahrzeugarmer Straße [Velokonferenz Schweiz, 2015]

Führungsart 2. Qualität

Ist eine physische Trennung zwischen der Kfz-Fahrbahn und dem Radverkehr nicht realisierbar, gibt es die Möglichkeit eines breiten Radstreifens mit einer durchgezogenen Linie, die nicht überfahren werden darf. Dieser Radstreifen lässt sich mit einem Radfahrstreifen vergleichen. Um ein sicheres Überholen zu ermöglichen, muss die Mindestbreite 2,20 m betragen [SVI, 2018].



Abbildung 39: Breiter Radstreifen auf der Velohauptroute Wankdorf in Bern [SVI, 2018]

Als Alternative dazu gibt es den gemeinsamen Rad- und Fußweg. Diese Führungsform sollte jedoch innerhalb eines Siedlungsgebiets nur bei Engpässen wie Brücken verwendet werden. Das Konfliktpotenzial mit den Fußgängern bewirkt Einschränkungen in der Reisegeschwindigkeit und der Verkehrssicherheit. Ein zügiges Vorwärtskommen kann damit nicht gewährleistet werden. Auch außerhalb von Siedlungsgebieten ist es empfehlenswert den Fußweg getrennt zu führen. Wenn möglich sollte eine Führungsart der 1. Qualität gewählt werden. [Velokonferenz Schweiz, 2015]

Entwurfselemente für die Knotenpunktsgestaltung

Knoten ohne VLSA

Knoten und Querungen sind wesentliche Bestandteile die zur Beurteilung der Qualität von Velobahnen beitragen. Wartezeiten und Bremsvorgänge werden dabei als sehr negativ empfunden und verlängern die Fahrzeit. Deshalb sollten Radfahrer auf einer Veloschnellroute grundsätzlich Vorrang erhalten. Ist das nicht möglich bietet sich als Alternative eine niveaufreie Führung mit einer

Über- bzw. Unterführung oder eine VLSA an. Ein Kreisverkehr stellt für Radfahrer, nach vorliegenden Unfallzahlen und Auswertungen in der Schweiz, eine relativ unsichere Knotenform dar und sollte vermieden werden. Um die Wartezeit einer bestimmten Qualität unterordnen zu können gibt es Verkehrsqualitätsstufen. Laut der Forschungsarbeit des VSS im Jahr 2013 können dafür die gleichen Werte wie für den mIV herangezogen werden [Schweizerischer Verband der Straßen- und Verkehrsfachleute (VSS), 2013]. Diese sind aus der *VSS-Norm 640 022* entnommen. Demnach fällt eine mittlere Wartezeit von weniger als 10 Sekunden in die Qualitätsstufe A und bedeutet einen sehr guten Verkehrsfluss. Eine mittlere Wartezeit von mehr als 45 Sekunden wird als kritisch empfunden und weist nur mehr eine mangelhafte Qualität vor. Anzustreben ist eine Wartezeit ausserorts von unter 15 und innerorts von unter 30 Sekunden [Baker et al., 2017].

Tabelle 3: Verkehrsqualitätsstufen und mittlere Wartezeiten an Knoten ohne Lichtsignalanlage gem. VSS-Norm SN 640 022 [Baker et al., 2017]

Qualitätsstufe	Mittlere Wartezeit w (s)	Beurteilung des Verkehrszustandes	
A	< 10	sehr gut	Ausgezeichnete Verkehrsqualität. Höchstens geringe Zeitverluste. Die Mehrzahl der Fahrzeuge muss in der Regel nicht warten.
B	10-15	sehr gut	Gute Verkehrsbedingungen. Geringe Beeinflussung der untergeordneten Ströme durch die vortrittsberechtigten Ströme. Die Wartezeiten sind tolerierbar.
C	15-25	gut	Befriedigende Qualität. Deutliche Beeinflussung der untergeordneten Ströme durch die vortrittsberechtigten Ströme. Spürbarer Anstieg der Wartezeit. Bildung von Stau, der aber bezüglich zeitlicher Dauer und räumlicher Ausdehnung keine nennenswerte Beeinträchtigung darstellt.
D	25-45	ausreichend	Ausreichende Verkehrsqualität. Auslastung nahe bei der zulässigen Belastung. Behinderungen in Form von Haltevorgängen. Stabilität der Verkehrssituation hinsichtlich Stau und Wartezeiten.
E	>45	kritisch	Mangelhafte Qualität des Verkehrszustandes. Übergang vom stabilen in den instabilen Verkehrszustand. Geringe Zunahmen der Verkehrsbelastungen führen zu stark ansteigenden Wartezeiten und Staulängen. Kein Stauabbau. Stark streuende Wartezeiten. Der Verkehr kann knapp bewältigt werden. Die Sicherheit nimmt deutlich ab.
F	-	-	Völlig ungenügender Zustand (Überlastung). Anzahl der zufließenden Fahrzeuge grösser als die Leistungsfähigkeit. Lange, wachsende Kolonnen und hohe Wartezeiten. Weitere Reduktion der Sicherheit.

Knoten mit VLSA

Nicht immer ist es möglich Knoten ohne einer VLSA zu regeln. Eine VLSA führt in der Regel immer zu Wartezeiten für den Radfahrer, was einen Verlust in der Qualität bedeutet. Zudem führen zu lange Wartezeiten zu verbotenem Fahrverhalten wie z.B. der Missachtung von roten Ampeln. Um dem entgegenzuwirken gilt es, Wartezeiten und Grünzeiten zu optimieren. Eine Maßnahme dafür wäre Dauergrün für den Veloverkehr. Alle anderen Verkehrsteilnehmer die mit der Velobahn in Konflikt stehen, müssen sich bei der VLSA anmelden um eine Freigabe zu erhalten. Dadurch müsste der Radverkehr nur bei feindlichem Verkehrsstrom angehalten werden und die Wartezeiten würden sich auf ein Minimum reduzieren. Allerdings funktioniert diese Lösung nur bei geringem Verkehrsaufkommen mit den in Konflikt stehenden Verkehrsteilnehmern. Als Alternative dazu gibt es die Möglichkeit mehrere Veloverkehrsphasen im selben Umlauf zu schalten. Das führt zu einer erhöhten Anzahl an Grünphasen für den Radverkehr. Eine deutlich aufwendigere aber effektive Maßnahme wäre auf Knoten zufahrende Radfahrer mit einer Induktionsschleife im Straßenbelag zu

detektieren, damit die VLSA rechtzeitig die Veloverkehrsphase einleiten kann. Sobald der Velofahrer dann den Knoten erreicht ist die VLSA auf Grün umgestellt. Folgen auf der Veloschnellroute mehrere VLSA in kürzeren Abständen aufeinander, empfiehlt sich die Grüne Welle für den Radverkehr. Dabei wird die Schaltung der zusammengehörenden VLSA so untereinander koordiniert, dass Radfahrer Grün erhalten sobald sie den Knotenpunkt erreichen. Voraussetzung dafür ist die Einhaltung der programmierten Fahrgeschwindigkeit.

Liegt ein erhöhter Verkehrsstrom beim Rechtsabbiegen vor, besteht die Möglichkeit freies Rechtsabbiegen für den Veloverkehr bei Rot zu erlauben. Voraussetzung dafür ist ein nicht zu stark frequentierter Radweg auf dem wegführenden Knotenast. Zum einen gibt es dafür die Möglichkeit baulich mit einer Furt die Radfahrer an der VLSA vorbeizuführen. Andererseits bedarf es einer speziellen Signalisierung, die dem rechtsabbiegenden Radfahrer verdeutlicht, trotz rotem Signal, weiterfahren zu dürfen. In beiden Fällen muss auf den Fußverkehr bei einem Fußgängerstreifen geachtet werden, der unverändert Vorrang hat. Für das freie Rechtsabbiegen bei Rot fehlt in der Schweiz noch die rechtliche Grundlage. Dazu läuft in Basel aktuell ein Pilotversuch [Baker et al., 2017].

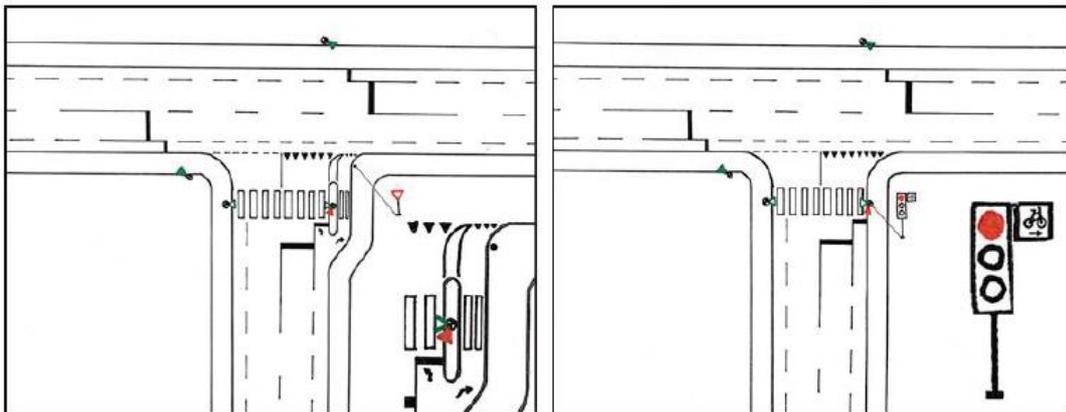


Abbildung 40: Umsetzungsbeispiele für freies Rechtsabbiegen bei Rot (mit/ohne Velofurt)
[Baker et al., 2017]

Zur Erhöhung der Sicherheit an Knotenpunkten mit einer VLSA werden im Schweizer Forschungsbericht ebenfalls der aufgeweitete, vorgezogene Radaufstellstreifen, sowie das indirekte Linksabbiegen als Möglichkeiten aufgezählt. Zusätzlich dazu wird für den Radverkehr ein Vorlaufgrün empfohlen, damit Radfahrer den Gefahrenbereich verlassen können, bevor der mIV losfährt. Signalgeber für den mIV sind in der Regel auf einer Höhe von 2,50 m angebracht. Abhängig von dessen Entfernung ist diese Ausrichtung für Radfahrer jedoch ungünstig. Deshalb sollten Signalgeber für den Radverkehr separat von jenen des mIV auf Augenhöhe angebracht werden. Um den Komfort bei Wartezeiten zu erhöhen wird zudem ein Trittbrett mit Haltegriff bei der Aufstellfläche empfohlen. Zusätzlich kann dadurch der Anfahrvorgang etwas beschleunigt werden [Baker et al., 2017].



Abbildung 41: Trittbrett mit Handlauf bei VLSA
[Baker et al., 2017]

Eine Countdown-Anzeige beim Signalgeber trägt ebenfalls zu einem höheren Komfort an Knotenpunkten bei. Diese Anzeige zeigt den Radfahrern an wie lange die jeweilige Phase noch dauert. Dadurch wissen Radfahrer wie lange sie bei Grün noch Zeit haben den Knotenpunkt zu überqueren und bei Rot wie lange noch gewartet werden muss. Bei einer verkehrsabhängigen Steuerung soll keine Countdown-Anzeige eingesetzt werden, da keine verlässliche Abschätzung über Wartezeiten gemacht werden kann. Abbildung 42 zeigt ein Beispiel einer Countdown-Anzeige für den mIV aus Berlin, die auch für den Radverkehr verwendet werden kann [Baker et al., 2017].



Abbildung 42: Countdown-Anzeige für Signalgeber in Berlin
[Baker et al., 2017]

2.2.4 Dänemark

Allgemein

Dänemark besitzt ähnlich wie die Niederlande ebenfalls ein bereits gut vernetztes Radwegeangebot. Kopenhagen stellt sich dabei als Vorzeigestadt in Dänemark heraus. 2010 betrug der Radverkehrsanteil 36%. Dadurch kommt es in Kopenhagen auf Radverkehrsanlagen regelmäßig zu Stauscheinungen. Radschnellverbindungen sollten dieses Problem lösen und für weiter steigenden Radverkehrsanteil sorgen. Seit 2015 sind in Dänemark 28 Radschnellwege, sogenannte Supercykelstiers, geplant und bereits im Bau. Sie vernetzen 22 Gemeinden miteinander und erstrecken sich über eine Länge von insgesamt 470 km [Spapè et al., 2015].

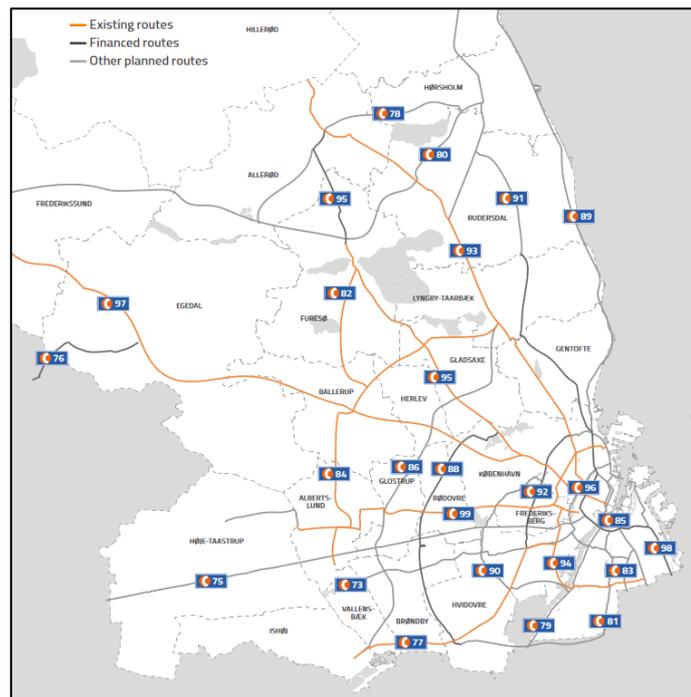


Abbildung 43: Konzept der Supercykelstiers in Dänemark (orange = Bestand, dunkelgrau = finanzierte Routen, hellgrau = geplante Routen) [SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER, o. J.]

2012 wurde mit einer Länge von 17,5 km der erste Radschnellweg zwischen der Innenstadt Kopenhagens und dem Vorort Albertslund eröffnet. Eine Besonderheit dabei ist die Ausstattung entlang dieser Route. Alle 1,6 km befindet sich eine Rad-Service-Station mit Luftpumpen. An den Knotenpunkten mit einer VLSA sind Trittbretter und Haltegriffe angebracht. Der 2013 eröffnete Radschnellweg, die Farum Route, weist eine Länge von 21,7 km auf. Die Wirkungen dieser Strecke wurden im Rahmen einer Untersuchung evaluiert und führten zu folgendem Ergebnis [Spapè et al., 2015]:

- 21% der Radfahrer nutzen das Fahrrad erst seit der Eröffnung der Strecke
- 25% der neuen Fahrradpendler benützten früher den Pkw
- Die Zahl der Radfahrer ist in diesem Bereich im Vergleich zu vorher um 52% gestiegen
- Für 90% der Fahrradpendler entspricht der Radschnellweg ihren Erwartungen

Planungsgrundsätze

In Dänemark gibt es als Anhaltspunkt für Radschnellwege das Handbuch *Supercykelstier*. Dabei gelten unterschiedliche Grundanforderungen für Radschnellverbindungen. Zum einen die Verfügbarkeit: Radschnellverbindungen sollten Gebiete mit einem hohen Anteil von Wohnungen und Arbeitsplätzen miteinander verbinden. Die Strecke sollte dabei direkt geführt und markiert werden um aus der Entfernung gut erkennbar zu sein. Bei der Trassierung ist auf wenige Kurven und eine geringe Geländehöhen­differenz zu achten, um eine Geschwindigkeit von 35 km/h zu garantieren. Die Wartezeiten an Knotenpunkten sollten insbesondere in bebauten Gebieten so minimal wie möglich gehalten werden. Um für ausreichend Sicherheit zu garantieren, sollte der Radschnellweg beleuchtet sein und regelmäßig gewartet und Winterdienst geleistet werden. Für den Komfort sollte eine gleichmäßige und hochwertige Belags­oberfläche zum Einsatz kommen, wie z.B. Asphalt. Zusätzlich sollten Servicestationen mit Pumpen und an Knotenpunkte Haltegriffe mit Trittbrettern angebracht werden [Iversen et al., 2016].

Führungsformen

In Dänemark gibt es keine Richtlinie, die die Breite des Radschnellweges festlegt. Vielmehr richtet sich diese Auslegung nach der auftretenden Verkehrsstärke. Als Führungsform werden selbstständig geführte Radwege, straßenbegleitend geführte Radwege und für kurze Abschnitte eine gemeinsame Straßennutzung empfohlen. Der Fußverkehr sollte grundsätzlich von Radschnellverbindungen getrennt werden [Iversen et al., 2016].

Selbstständig geführte Radwege

Soweit möglich sollte der selbstständig geführte Zweirichtungsradweg als Führungsform gewählt werden. Je nach Verkehrsstärke ist eine Breite zwischen 3,0 und 4,0 m erforderlich. Aus Platzgründen ist jedoch diese Form nicht immer möglich [Iversen et al., 2016].

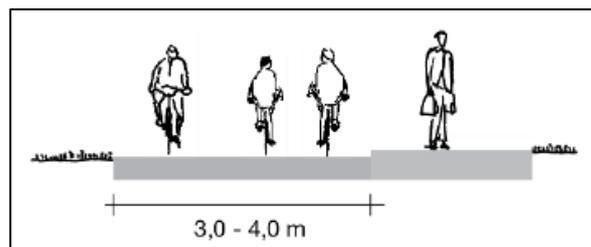


Abbildung 44: Selbstständig geführter Zweirichtungsradweg
[Iversen et al., 2016]

Straßenbegleitend geführte Radwege

Ist es aus platztechnischen Gründen nicht möglich einen selbstständig geführten Radweg einzusetzen, gibt es die Möglichkeit begleitend zur Straßenfahrbahn den Radweg zu führen. Radschnellverbindungen entlang von Straßen bieten meist die direkteste Route und erfüllen damit die Qualitätsziele der Verfügbarkeit und Direktheit. Als Führungsart bietet sich einerseits der Zweirichtungsradweg an. Dieser muss wie schon beim selbstständig geführten Zweirichtungsradweg eine von der Verkehrsstärke abhängige Breite von 3,0 bis 4,0 m aufweisen. Zur Fahrbahn muss ein Abstand von mindestens 1,5 m vorliegen. Bei stark befahrenen Straßen wird ein Trennstreifen von

3,0 m empfohlen. Führt der Radschnellweg an Stellplätzen vorbei muss die Fahrbahnbreite um 0,10 m erhöht werden, um ausreichend Abstand zu den parkenden Autos zu garantieren [Iversen et al., 2016].

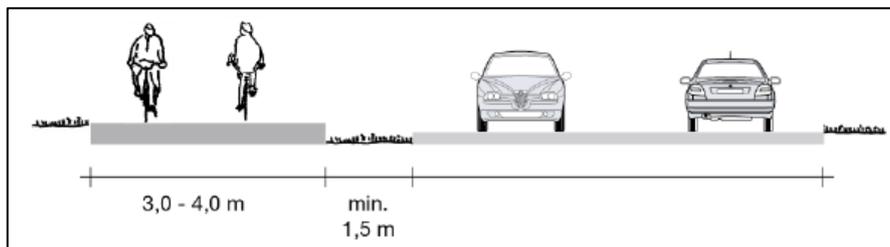


Abbildung 45: Straßenbegleitender Zweirichtungsradweg [Iversen et al., 2016]

Straßenbegleitende Radwege können auch als Einrichtungsradwege ausgeführt werden. Die Mindestbreite sollte dabei 2,5 m je Richtung betragen. Bei einer Verkehrsstärke von mehr als 1500 Radfahrern pro Spitzenstunde wird eine Breite von 3,0 m empfohlen, damit ein sicheres Überholen möglich ist. Sollten Platz für drei Radfahrer nebeneinander sein empfiehlt sich eine Breite von 3,5 m [Iversen et al., 2016].

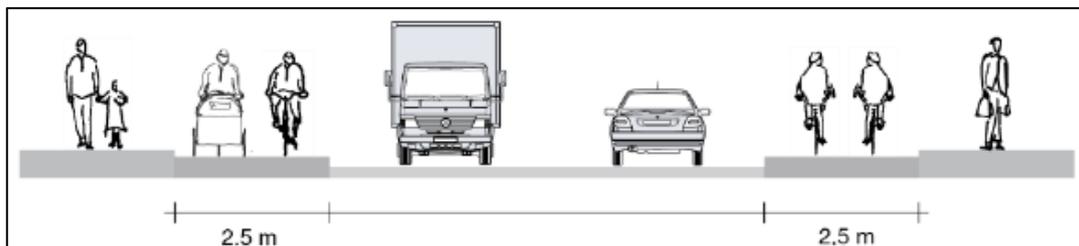


Abbildung 46: Straßenbegleitender Einrichtungsradweg [Iversen et al., 2016]

Gemeinsame Straßennutzung

Eine Radschnellverbindung sollte nur in Ausnahmefällen, wenn keine andere Lösung möglich ist, für kurze Abschnitte auf einer gemeinsam benützten Straße geführt werden. Hierbei besteht hohes Risiko mit anderen Verkehrsteilnehmern in Konflikt zu geraten. Voraussetzung für diese Führungsform ist ein geringer mIV sowie eine Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 bis 40 km/h. Die Gesamtbreite muss mindestens 5,0 m betragen. Für den Radverkehr sollten mindestens 2,0 m zur Verfügung stehen.

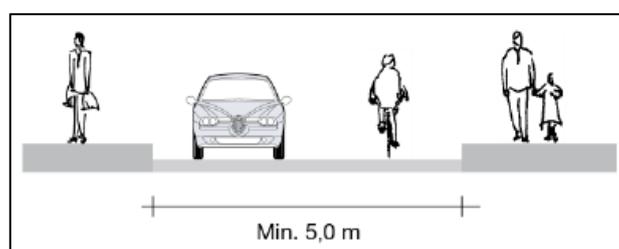


Abbildung 47: Radschnellverbindung auf gemeinsam benützter Straße [Iversen et al., 2016]

Entwurfselemente für die Knotenpunktsgestaltung

Für Knotenpunkte werden im dänischen Handbuch niveaufreie Kreuzungen empfohlen. Dies garantiert weniger Wartezeiten und einen guten Verkehrsfluss. Niveaufreie Bauten wie Über- und Unterführungen erfordern jedoch hohe Baukosten und größeren Raumbedarf. Bei einer neuen Stadtentwicklung besteht die Chance den Platzbedarf im Planungsprozess zu berücksichtigen. Ist eine Niveaufreiheit nicht möglich gilt eine signalgesteuerte Kreuzung, bei der Radfahrer priorisiert werden, als zweitbeste Lösung. Wie schon in der Schweiz empfohlen, bestehen auch hier die Möglichkeiten einer Detektion der Radfahrer und einer grünen Welle bei aufeinanderfolgenden VLSA-geregelten Knotenpunkten. Die Priorisierung kann auch durch bauliche Maßnahmen erreicht werden. Bei einer hohen Anzahl an rechtsabbiegenden Radfahrern besteht hier ebenfalls die Möglichkeit den Radverkehr mit einer Furt an der VLSA vorbeizuleiten, um freies Rechtsabbiegen bei Rot zu erlauben. Dennoch gilt es den Vorrang des querenden Verkehrsstromes zu beachten. Bei vielen linksabbiegenden Radfahrern empfiehlt es sich, eigene Aufstellflächen dafür vorzusehen um Konflikte mit dem nachfolgenden Verkehr zu vermeiden. Die Auswahl der Lösungen sollte darauf abzielen, einheitliche Lösungstypen in allen Knotenpunkten auszuwählen [Iversen et al., 2016].



Abbildung 48: Freies Rechtsabbiegen bei Rot
[Iversen et al., 2016]

2.2.5 Großbritannien

Allgemein

Der Radverkehrsanteil in Großbritannien war lange Zeit sehr gering. Das Fahrrad wurde hauptsächlich für sportliche Aktivitäten genutzt, im Alltagsverkehr fand es bis zum Beginn dieses Jahrtausends kaum Anwendung [Spapè et al., 2015]. Mittlerweile existieren in London sechs Radschnellverbindungen bzw. Cycle Superhighways wie sie in Großbritannien genannt werden. Zwei weitere sollten 2018 fertiggestellt werden, die London mit einer Ost-West- und Nord-Süd-Route mit dem Umland vernetzen. Zudem befinden sich drei weitere Radschnellwege in Planung [Transport for London, o. J.]. Als Folge dieser Radschnellverbindungen verzeichnete London 2013 täglich 38.000 Radpendler, während der Kfz-Anteil um bis zu 30% sank. Als Ziel sollte bis 2025 der Radverkehrsanteil im Vergleich zum Jahr 2000 um 400% ansteigen [Spapè et al., 2015].

Das Londoner Radverkehrsnetz besteht aus zwei Arten von Radwegen: Zum einen gibt es die bereits erwähnten Cycle Superhighways, die etwa 25 % des gesamten Netzes ausmachen. Diese dienen als Hauptverkehrsachsen im Netz und sind weitestgehend vom restlichen Verkehr baulich getrennt. Auf weniger befahrenen Straßen ist eine Trennung nicht notwendig. Die restlichen 75% bilden sogenannte Quietways, die durch ruhige Seitenstraßen und Grünanlagen führen [Transport for London, 2013].

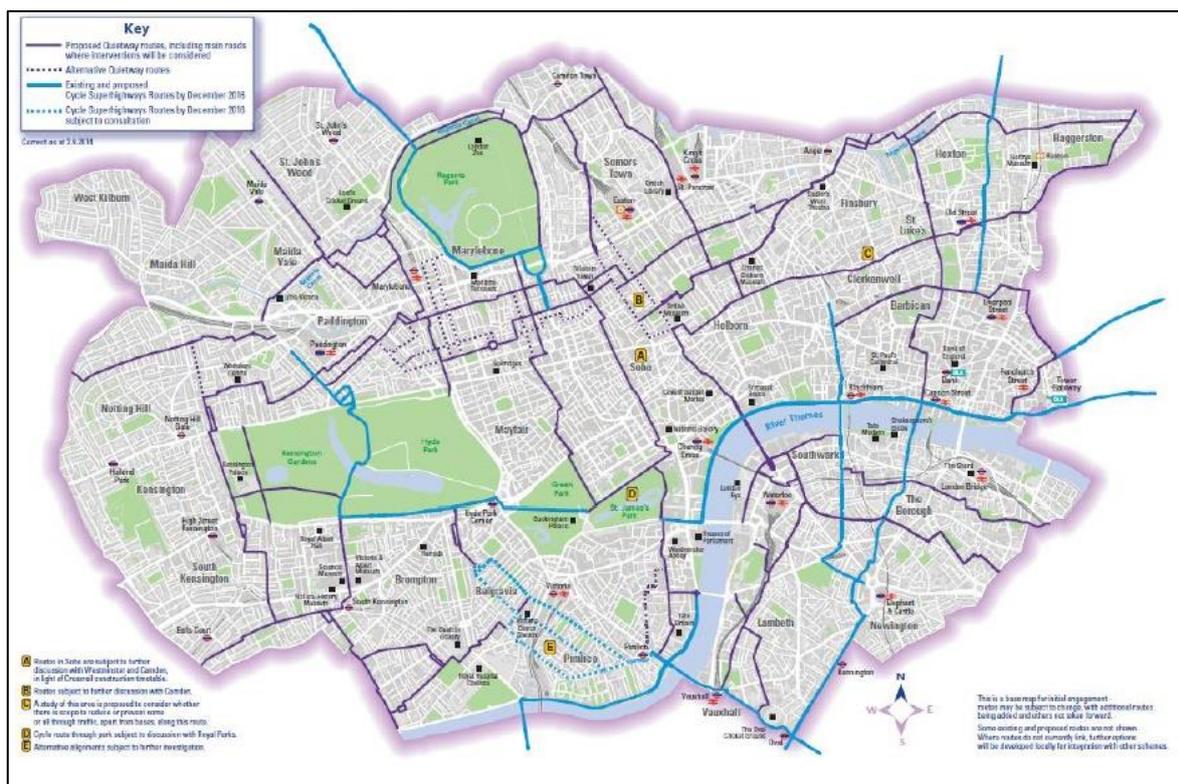


Abbildung 49: Londoner Radverkehrsnetz (blau = „Cycle Superhighways“, violett = „Quietways“) [Ingram, 2016]

In Großbritannien gibt es neben London in weiteren Städten wie Birmingham, Bristol, Leeds, Manchester und Newcastle Vorhaben um den Radverkehrsanteil zu erhöhen. Die dort bereits bestehenden und geplanten Radverkehrsanlagen entsprechen zwar den Standards des Cycle Superhighways, werden allerdings nicht als solche definiert [Spapè et al., 2015].

Planungsgrundsätze

Das Handbuch *London Cycling Design Standards* enthält Empfehlungen zur Dimensionierung und Ausführung von Cycle Superhighways. Demnach müssen Cycle Superhighways sechs Grundprinzipien, ähnlich den anderen internationalen Empfehlungen, erfüllen. Folgende Parameter werden als diese Grundprinzipien definiert: Sicherheit, Direktheit, Komfort, Zusammenhang, Attraktivität und Anpassungsfähigkeit. Kurven müssen so ausgelegt werden, dass eine Entwurfsgeschwindigkeit von 30 km/h gewährleistet ist. Für eine hohe Belagsqualität sollte Asphalt oder Beton verwendet werden. Radschnellwege sind dabei blau markiert. In Kurven mit hohen Geschwindigkeiten sind lokale Verbreiterungen vorzusehen. Um für eine höhere Attraktivität zu sorgen, werden auch ausreichend Fahrradstellplätze empfohlen. Wichtige Orte dafür sind Wohngebiete, Einkaufszentren, Arbeitsplätze, Bildungseinrichtungen, sowie an Umsteigemöglichkeiten zum öffentlichen Verkehr [Transport for London, 2014].

Führungsformen

Als Führungsformen werden im Londoner Handbuch ebenfalls der Ein- und Zweirichtungsradweg, die Fahrradstraße oder geteilte Busstreifen empfohlen. Die Qualitätsstandards entsprechen dabei nicht zur Gänze jenen der Radschnellwege in den Niederlanden oder Dänemark. Die Breiten sind abhängig von der Verkehrsstärke und können bei geringem Verkehrsaufkommen für den Einrichtungsverkehr bereits 1,50 m betragen. Ab einer Radverkehrsmenge von 800 Radfahrenden in der Spitzenstunde in eine Richtung wird eine Breite von 2,50 m empfohlen. Der Zweirichtungsradweg kann bereits mit einer Breite von 2,00 m realisiert werden, ab 1000 Radfahrenden in der Spitzenstunde in beide Richtungen sind jedoch 4,00 m vorgesehen. Abbildung 50 zeigt die unterschiedlichen erforderlichen Breiten in Abhängigkeit von der Verkehrsstärke [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 50: Breiten der Radverbindungen in Abhängigkeit von Verkehrsstärke und Einteilung der Verkehrsstärke
[Transport for London, 2014]

Die Breite des Trennstreifens hängt von der Geschwindigkeit und Verkehrsstärke des mIV, der von den Radfahrern subjektiv empfundenen Sicherheit sowie vom verfügbaren Platz ab. Dabei soll der Trennstreifen mindestens 0,50 m breit sein. Bei Geschwindigkeiten des mIV von mehr als 60 km/h wird mindestens 1,0 m empfohlen.

Entwurfselemente für die Knotenpunktsgestaltung

An Überfahrten wird in Großbritannien ebenfalls eine färbige Bodenmarkierung empfohlen, um auf mögliche querende Radfahrer aufmerksam zu machen. Bei vorrangeregulierten Knotenpunkten kann die Radfreundlichkeit durch Reduzierung der Geschwindigkeit erhöht werden. Diese Maßnahme sollte sich jedoch nicht negativ auf die Kapazität der Radschnellverbindung auswirken. Signalgesteuerte Knotenpunkte sollten für den Radverkehr priorisiert werden. Verzögerungen von mehr als 120 Sekunden für den Radfahrer sind zu vermeiden. An signalisierten T-Kreuzungen ist es möglich, Radfahrern eine Umgehung der Signalsteuerung zu gestatten. Wie schon in den anderen Ländern werden auch in Großbritannien aufgeweitete, vorgezogene Haltelinien empfohlen, damit sich Radfahrer in eine sichere und vorteilhafte Position bringen können. Die Länge hier ist allerdings mit 5,0 bis 7,5 m deutlich länger vorgesehen [Transport for London, 2014].



*Abbildung 51: Blau markierter Cycle Superhighway mit vorgezogener Haltelinie
[Transport for London, 2014]*

2.2.6 Gegenüberstellung

Zur Übersicht werden in Tabelle 4 ergänzend zu der Masterarbeit von *Ziegerhofer* aus dem Jahr 2017 die wichtigsten Parameter der vorhin gezeigten Länder aufgelistet und gegenübergestellt. Bei diesen Werten handelt es sich wie bereits erwähnt nicht um verpflichtende Richtlinien sondern um Empfehlungen.

Tabelle 4: Radwegparameter aus Empfehlungen europäischer Länder

Land	Breite		Entwurfsgeschwindigkeit	Mindestradius	Oberfläche	Markierungen
	Einrichtungsrweg	Zweirichtungsrweg				
Deutschland	3,0 m	4,0 m	30 km/h	20 m	Asphalt oder Beton	Piktogramm, Begrenzungslinie
Niederlande	3,0 m	4,0 m	30 km/h	20 m	Asphalt oder Beton	rot eingefärbter Belag
Schweiz	2,0 bis 3,0 m	3,2 bis 4,0 m	30 km/h	30 m	Asphalt	gelbe Bodenmarkierungen
Dänemark	2,5 bis 3,0 m	3,0 bis 4,0 m	35 km/h	25 m	Asphalt	blau eingefärbter Belag bei Überfahrten
Großbritannien	2,2 m	3,0 m	30 km/h	14 m*	Asphalt oder Beton	blau eingefärbter Belag

* gilt für herkömmliche Radwege

Dabei wird ersichtlich, dass die empfohlenen Breiten sehr ähnlich sind. In Deutschland und den Niederlanden werden mit 3,0 m für den Ein- und 4,0 m für den Zweirichtungsrweg die größten Breiten angeführt. In den anderen Ländern variiert die Breite je nach Verkehrsstärke. In Großbritannien schwankt die Breite beim Einrichtungsrweg zwischen 1,5 und 2,5 m und beim Zweirichtungsrweg zwischen 2,0 und 4,0 m. Für Tabelle 4 wurden Werte bei mittlerer Verkehrsstärke ausgewählt. Die Entwurfsgeschwindigkeit innerorts liegt mit der Ausnahme von Dänemark mit 35 km/h flächendeckend bei 30 km/h. Außerorts können, aufgrund vom vermehrten Aufkommen von E-Bikes, Radschnellwege wie in den Niederlanden auf bis zu 40 km/h dimensioniert werden. Grundsätzlich sollten die Wege nicht für zu hohe Geschwindigkeiten ausgelegt werden, um zu große Geschwindigkeitsdifferenzen und somit Konflikte zwischen den Radfahrern zu vermeiden. Die Mindestradien für Kurven bewegen sich in einem Bereich zwischen 20 und 30 m. Für den Mindestradius in Großbritannien gibt es für Cycle Superhighways keine Empfehlung. Im Londoner Handbuch wird lediglich 14 m für herkömmliche Radwege angegeben. In der Schweiz ist es mit Sicherheitsmaßnahmen möglich den Radius von 30 auf 18 m zu reduzieren. Für eine gute Oberflächenqualität werden vorwiegend Asphalt und Beton empfohlen. Bei den Bodenmarkierungen kommt es von Land zu Land zu großen Unterschieden. Während in den Niederlanden der gesamte Radschnellweg rot markiert ist, wird die Fahrbahn in Großbritannien zum Großteil in Blau gehalten. In den anderen Ländern wird nur an Gefahrenstellen, wie an Knotenpunkten, die Oberfläche eingefärbt. In der Schweiz gibt es zudem gelbe Linienmarkierungen. Auch wenn sich die Bodenmarkierungen länderübergreifend unterscheiden gilt der Grundsatz, dass Radschnellverbindungen deutlich erkennbar sein müssen und an Gefahrenstellen für eine ausreichende Sicherheit garantieren.

2.3 Situation in Österreich

In Österreich werden Radschnellverbindungen als Rad-Langstrecken definiert. Aktuell existieren noch keine davon in Österreich. In Wien soll 2018 die erste von drei geplanten Routen fertiggestellt werden [Stadt Wien, o. J.b]. Einheitliche Richtlinien für Rad-Langstrecken sind aktuell in der RVS für Radverkehr und der StVO nicht vorhanden. Die Zuständigkeiten dafür liegen zurzeit bei den jeweiligen Ländern und Städten, was unterschiedliche Definitionen und Qualitätskriterien zur Folge hat.

Die Fahrradstraße hingegen wurde 2013 in die StVO als §67 verankert. Diese besagt, dass die Behörde zur Sicherheit und Flüssigkeit des Fahrradverkehrs Straßen oder Straßenabschnitte dauernd oder zeitweilig zu Fahrradstraßen erklären kann. Außer dem Fahrradverkehr ist jeder Fahrzeugverkehr verboten, nur das Zu- und Abfahren sowie das Queren ist erlaubt. Die Behörde kann jedoch den sonstigen Kfz-Verkehr mit einer Ausnahmeregelung erlauben. Dabei gilt eine zulässige Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h. Radfahrer dürfen dabei weder gefährdet noch behindert werden. Für die Kundmachung muss am Anfang und am Ende einer Fahrradstraße das betreffende Hinweiszeichen angebracht sein (siehe Abbildung 2) [StVO, 2013].

Seit der StVO-Novelle 2013 wurden bis Juli 2015 bereits 23 Fahrradstraßen in neun Gemeinden errichtet [Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015].

Tabelle 5: Fahrradstraßen in Österreich (Stand Juli 2015)
[Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – BMVIT, 2015]

Gemeinde	Bundesland	EinwohnerInnen	Anzahl Fahrradstraßen	Straßennamen
Bregenz	Vorarlberg	28.000	1	Klostergasse
Hard	Vorarlberg	12.000	1	Wallstraße/Sportplatzgasse
Innsbruck	Tirol	128.000	1	Gabelsbergerstraße
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 Hafensstraße, Hoffjagdstraße
Wolfurt	Vorarlberg	8.000	7	Fattstraße, Schmerzenbildstraße, Riedweg, Neudorfstraße, Kirchstraße, Hofsteigstraße, Bregenzstraße

2018 existieren in Wien inzwischen drei Fahrradstraßen. München, als einwohnermäßig vergleichbare Stadt, kann währenddessen 60 Fahrradstraßen vorweisen [Radlobby Wien, 2018].

In Bad Radkersburg wurde im Mai 2018 die erste Fahrradstraße in der Steiermark mit einer Länge von knapp 700 Metern eröffnet [Kopcsandi, 2018].

Im Vergleich dazu befinden sich in Vorarlberg 2018 bereits in zehn Gemeinden Fahrradstraßen [Vorarlberger Nachrichten, 2018].

2.3.1 Wien

Allgemein

Als Konzept für Rad-Langstrecken sieht die Stadt Wien vor, das Stadtzentrum mit dem Wiener Umland zu verbinden und somit für den Pendlerverkehr ein attraktives Angebot zu schaffen. Wesentliche Stadtentwicklungsgebiete und potenzielle Siedlungserweiterungsgebiete sollten dabei erschlossen werden. Neben einer engen Verflechtung mit dem restlichen Wiener Radwegenetz wird auch auf die Anbindung an das niederösterreichische Radwegenetz geachtet. Die Rad-Langstrecken bilden einen Teil des Wiener Hauptradverkehrsnetzes und sollten zügigeres und komfortableres Radfahren, als im übrigen Netz ermöglichen. Eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 15 km/h sollte zu jeder Tageszeit und bei jedem Wetter erreicht werden können. Das Zielnetz wurde gemeinsam mit Niederösterreich erarbeitet und in 13 Korridore eingeteilt [Stadt Wien, o. J.b]:

- 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

Die drei Routen Nord I, Süd und West II (in Abbildung 52 dunkelrot dargestellt) wurden bereits im Detail geplant. 2018 soll die Route Süd vom Karlsplatz über den Hauptbahnhof bis zum Anschluss Leopoldsdorf als erste davon fertiggestellt sein. Ziel ist bis 2025 die Umsetzung weiterer Routen, insbesondere die bereits geplanten Routen Nord I und West II [Stadt Wien, o. J.b].

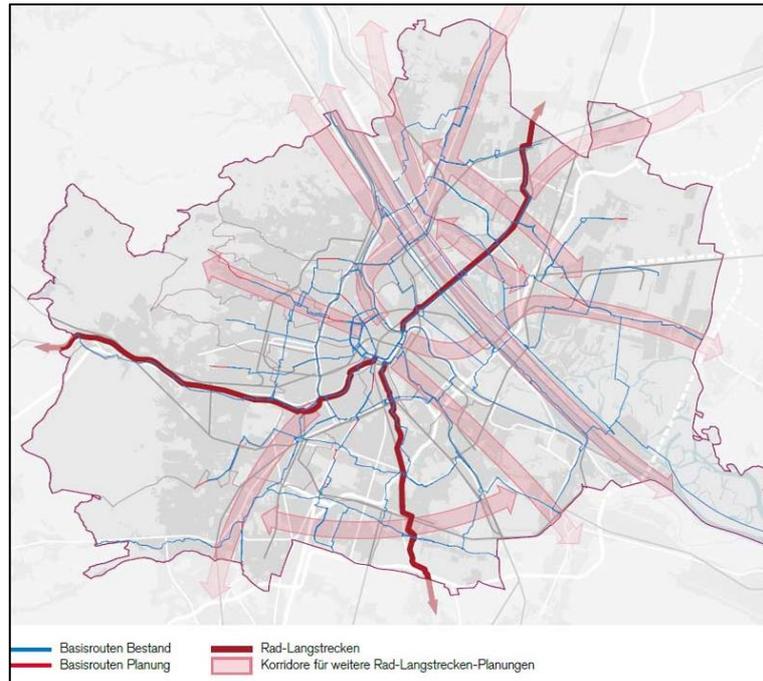


Abbildung 52: Zielnetz der Stadt Wien
[Stadt Wien, o. J.b]

Planungsgrundsätze

Als Grundlage für die Planung und Umsetzung hat die Abteilung *Stadtentwicklung und Stadtplanung* einen Kriterienkatalog erstellt. Als besonders wichtige Kriterien gelten dabei [Stadt Wien, o. J.c]:

- Vermeidung von engen Kurven und unübersichtlichen und engen Stellen
- Minimierung von Wartezeiten an VLSA geregelten Kreuzungen
- Sofern möglich, Vorrang für die Rad-Langstrecke
- Ausreichende Breite der Radfahranlage um Überholen zu ermöglichen

Weitere festgelegte Qualitätskriterien zeigt Tabelle 6.

Tabelle 6: Qualitätskriterien für die Gesamtstrecke [Stadt Wien, o. J.c]

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 vereinzelten 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 Kfz-Anteil und hohen Fahrgeschwindigkeiten (zum Beispiel Himberger Straße)

Für konkrete Örtlichkeiten wurden ebenfalls Qualitätskriterien definiert. Ziel dabei ist es ungünstige Kurven, Gestaltung der VLSA-Steuerung, Engstellen und Fußgängerübergänge auf Rad-Langstrecken zu verbessern. Tabelle 7 stellt dabei dar, ab wann welche Kriterien als ungünstig gelten [Stadt Wien, o. J.c].

Tabelle 7: Qualitätskriterien für konkrete Örtlichkeiten [Stadt Wien, o. J.c]

Kriterium	Ungünstig, wenn ...
Kurvenradius ²	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 ²	Verminderung der Anzahl der Fahrstreifen im Vergleich zum Standardquerschnitt (1 Fahrstreifen = 1 Meter) auf einer Länge von weniger als 50 Meter; Einschränkung des Lichtraums 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
Sichtverhältnisse ²	Anhaltesichtweite von 15 Metern (bei 20 km/h gemäß RVS) wird nicht eingehalten.
Erreichbarkeit/Anbindung an Hauptradwegenetz	Fehlen von Anbindungen von Stadtteilzentren oder Ähnliches, Lücken zwischen Hauptradwegenetz und Rad-Langstrecke, Fehlen von Radabstellanlagen an wichtigen Zielen et cetera

Führungsformen

Als Führungsformen werden, wie schon bei den internationalen Beispielen, der Ein- und Zweirichtungsradweg, die Fahrradstraße sowie der Busfahrstreifen angeführt. Zusätzlich werden der Radfahr- und Mehrzweckstreifen, Radfahren gegen die Einbahn und der Geh- und Radweg in Betracht gezogen. Mehrzweckstreifen sind jedoch auf Rad-Langstrecken nicht anzustreben. Die darin bewertete ausgezeichnete Qualität entspricht in etwa den internationalen Standards.

Tabelle 8: Qualitätskriterien für die Beschaffenheit der Radverkehrsanlage [Stadt Wien, o. J.c]

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

- 1) Ohne angrenzenden ruhenden Verkehr
- 2) Bei beengten Platzverhältnissen
- 3) Entspricht der RVS für Haupttrouten
- 4) Mehrzweckstreifen sind auf Rad-Langstrecken nicht anzustreben, insbesondere bei angrenzendem ruhenden Verkehr und/oder Verkehrsstärken von mehr als 15 Lkw und Bussen pro Stunde und Richtung
- 5) In einer Fahrradstraße ist Radfahren gegen die Einbahn ohne Markierung anzustreben, um das Nebeneinanderfahren zu ermöglichen.

2.3.2 Vorarlberg

Allgemein

Vorarlberg ist das Vorzeigebundesland in Sachen Fahrradstraße. 2013 wurde in Hard die erste verordnete Fahrradstraße in Österreich eröffnet. Mittlerweile gibt es in zehn der 96 Gemeinden Fahrradstraßen, weitere sollen folgen. In Altach und Wolfurt existieren mit 5,1 bzw. 4,4 km die aktuell längsten Fahrradstraßen, während sich in Mellau mit 170 m die kürzeste befindet. Abbildung 53 gibt einen Überblick über alle Fahrradstraßen in Vorarlberg [Vorarlberger Nachrichten, 2018].

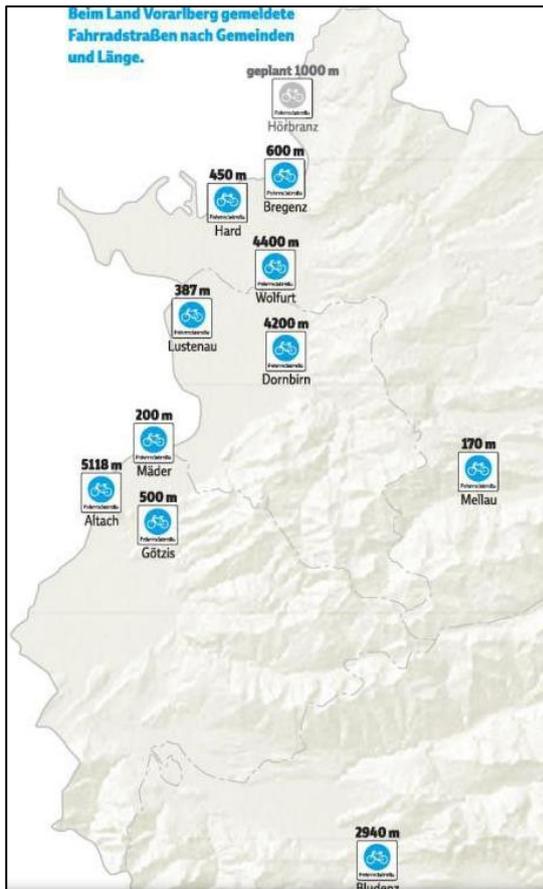


Abbildung 53: Fahrradstraßen in Vorarlberg [Vorarlberger Nachrichten, 2018]



Abbildung 54: Fahrradstraße in Wolfurt

Durch den vergleichbar geringen Aufwand, Lücken im Radnetz zu schließen, gewinnt die Fahrradstraße immer mehr an Bedeutung [Vorarlberger Nachrichten, 2018]. Vor allem in dicht bebauten Siedlungsgebieten mit geringen Platzverhältnissen bietet sie die Möglichkeit als attraktive und kostengünstige Radschnellverbindung eingesetzt zu werden [Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2017].

2018 wurde von der Marktgemeinde Hard ein Erfahrungsbericht erstellt. Darin wurde die Meinung der Bevölkerung evaluiert. Aufgrund der Unterbrechung der Hauptstraße, konnte dabei noch Skepsis unter der Bevölkerung Hards festgestellt werden. Lediglich unter den Anrainern überwog der Zuspruch zum neuen Projekt. Jahre später ist die Fahrradstraße durchgängig angenommen. Die Geschwindigkeit konnte durch die Fahrradstraße und Pflanzinseln reduziert werden. Als einziges Manko stellten sich Unklarheiten über die erlaubte Geschwindigkeit heraus. Deshalb ist es wichtig,

durch Öffentlichkeitsarbeit ausreichend über Regeln in Fahrradstraßen zu informieren [Marktgemeinde Hard, 2017].



Abbildung 55: Erste verordnete Fahrradstraße Österreichs in Hard [Marktgemeinde Hard, 2017]

Planungsgrundsätze

Das Energieinstitut Vorarlberg hat neben den geltenden Bestimmungen der StVO weitere Einsatzkriterien und Anforderungen für Fahrradstraßen definiert [Energieinstitut Vorarlberg, o. J.]:

- Fahrradstraßen sollten auf Straßen, die für den Alltags- und Freizeitverkehr von hoher Bedeutung sind, verordnet werden. Besonders bei Straßenabschnitten, die auf Landes- und örtlichen Hauptradrouten im Mischverkehr geführt werden, bietet sich eine Einführung der Fahrradstraße an, da hier ein schnelles und gutes Vorankommen für Radfahrer von besonderem Interesse ist.
- Damit sich alle Verkehrsteilnehmer auf die Existenz der Fahrradstraße einstellen können, sollte sich die Länge über mehrere Straßenabschnitte erstrecken. Bei einer Länge von weniger als 200 Metern sollte eher die Verordnung einer Begegnungszone gewählt werden.
- Um allen Verkehrsteilnehmern Anfang und Ende von Fahrradstraßen zu verdeutlichen, sollten besonders große, gut sichtbare Piktogramme auf der Fahrbahn markiert sein (siehe Abbildung 55). Bei längeren Fahrradstraßen sollten diese Piktogramme vermehrt markiert werden.
- Die Verkehrsstärke von Kraftfahrzeugen sollte auf der Fahrradstraße nicht zu hoch sein. Straßen mit einer Belastung von mehr als 5000 Kfz/Tag sind für die Umsetzung einer Fahrradstraße eher ungeeignet.
- Lkw-Verkehr darf nur in sehr geringem Maße auftreten.
- Um für einen guten Verkehrsfluss für Radfahrer zu sorgen, sollte die Fahrradstraße gegenüber querenden Nebenstraßen bevorrangt sein.

2.3.3 Graz

Allgemein

Im Gegensatz zu Wien und Vorarlberg gibt es in Graz weder umgesetzte, noch in Planung befindliche Radschnellwege und Fahrradstraßen. Wie bereits in der Einleitung beschrieben gibt es in Graz 13 Hauptradrouten, die das Hauptradverkehrsnetz bilden und sternförmig vom Stadtzentrum in das Grazer Umland verlaufen. Diese Routen sind besonders gekennzeichnet und entlang der Strecke beschildert. Vereinzelt gibt es sehr gut ausgebaute Streckenabschnitte, die die Kriterien eines Radschnellweges erfüllen würden, jedoch nicht als solche definiert werden. Tabelle 9 gibt einen Überblick über alle Hauptradrouten.

Tabelle 9: Übersicht der Hauptradrouten in Graz (Quelle: [Glösl, o. J.]

Hauptradroute	Beginn	Ende	Länge
HR1	Hauptbrücke	Gratwein	13,3 km
HR2	Hauptbrücke	Gratkorn	12,0 km
HR3	Ortweingasse	Stattegg	4,8 km
HR4	Rotmoosweg	Weinitzen	5,5 km
HR5	Stadtpark	Mariatrost	5,7 km
HR6	Oper	Ragnitz	4,7 km
HR7	Jakominiplatz	Raaba	7,4 km
HR8	Hauptbrücke	Gössendorf	10,6 km
HR9	Hauptbahnhof	Thalerhof	9,2 km
HR10	Puntigam	Pirka	5,7 km
HR11	Bertha von Suttner-Brücke	Straßgang	6,8 km
HR12	Keplerbrücke	Eggenberg	3,3 km
HR13	Gösting	Thalersee	4,9 km

Zur Veranschaulichung sind in Abbildung 56 die 13 Hauptradrouten grafisch dargestellt.

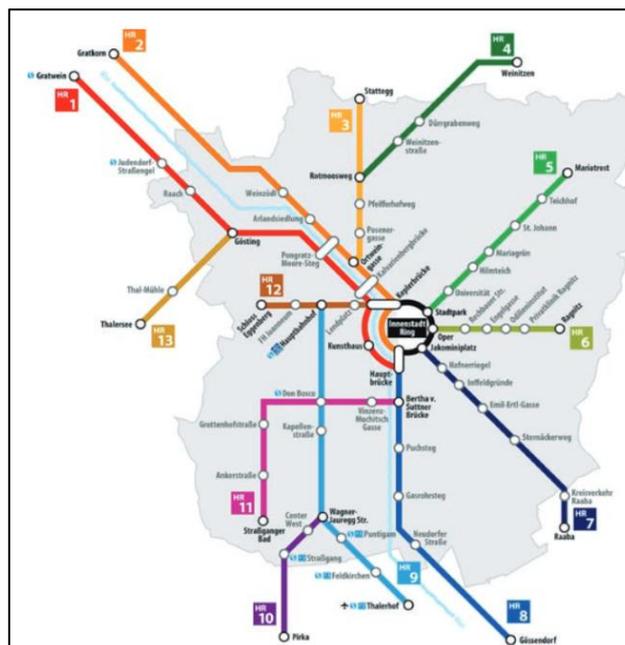


Abbildung 56: Hauptradrouten in Graz
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]

Zusätzlich befinden sich im übergeordneten Grazer Radnetz noch sieben Landesradwege. Diese werden mit einem „R“ gekennzeichnet und lauten [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

Das restliche Radverkehrsnetz wird durch Radfahrstreifen und Tempo 30 km/h Zonen vervollständigt. In der Innenstadt gibt es zudem Fußgängerzonen, die mit dem Rad in Schrittgeschwindigkeit befahren werden dürfen. Voraussetzung dafür ist eine Zusatztafel die das ausdrücklich erlaubt [Glösl, o. J.].

Grazer Mobilitätskonzept 2020

In Graz ist das Fahrrad für den Alltag, wegen der kompakten Stadtstruktur und auch aufgrund der hohen Anzahl an Studierenden ein sehr beliebtes Verkehrsmittel. 2013 betrug beim Modal Split der Radverkehrsanteil 14,5 %. Im Vergleich wurden knapp 19% der Wege zu Fuß und 37,5 % als mIV-Lenker zurückgelegt. Seit 1982 ist ein deutlicher Anstieg des Fahrradverkehrs zu erkennen, jedoch stagniert der Radfahreranteil seit 1998. Der mIV-Anteil hält sich seit 1988 relativ konstant [ZIS+P, 2014].

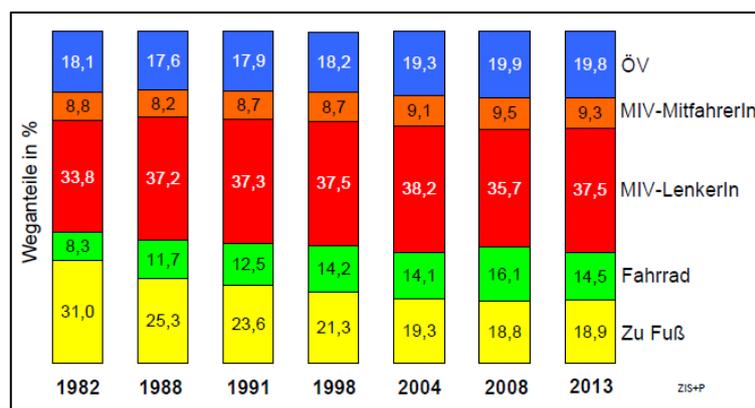


Abbildung 57: Modal Split in Graz
[ZIS+P, 2014]

Österreichweit liegt Graz mit einem Radverkehrsanteil von knapp 15 % im Mittelfeld unter den Hauptstädten. Während 2012 bzw. 2013 in Linz und Wien nur zu 7 bzw. 6 % auf das Fahrrad zurückgegriffen wurde, liegen Salzburg, Bregenz und Innsbruck im Spitzenfeld mit 20 bis 22 % [Land Salzburg, 2015].

Im Zuge des Gemeinderatsbeschlusses vom September 2010 wurde die *Verkehrspolitische Leitlinie 2020* erstellt. Diese definiert die Grundsätze der Verkehrspolitik für die kommenden Jahre und stellt

den politischen Rahmen für die Mobilitätsstrategie der Stadt Graz dar. Als zweiten Teil beinhaltet die Mobilitätsstrategie das *Grazer Mobilitätskonzept 2020*. Dieses Konzept setzt auf Nachhaltigkeit und beinhaltet Ziele, die Verkehrsplanungsrichtlinie, sowie Maßnahmen. Die Ziele werden dabei in übergeordnete Ziele, Ziele für die Nahmobilität und qualitative Ziele unterteilt. Um Umweltstandards einzuhalten wird eine Verschiebung des Verhältnisses zwischen mIV und Umweltverbund von 45:55 auf 37:63 bis 2021 als prioritär eingestuft. Realisiert werden soll das unter anderem durch eine Stabilisierung des FußgängerInnen-Anteils, sowie durch eine Erhöhung des ÖV- und Radverkehr-Anteils. Für die Nahmobilität soll eine Verbesserung der fußläufigen Erreichbarkeit von Nahversorgungseinrichtungen, ÖV-Haltestellen und Kinderbetreuungseinrichtungen erzielt werden. Als fußläufige Erreichbarkeit gelten Entfernungen von bis zu 300 m. Bei den qualitativen Zielen wird die Zufriedenheit der Grazer Bevölkerung bei den einzelnen Verkehrsarten und der Luftqualität evaluiert [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, o. J.].

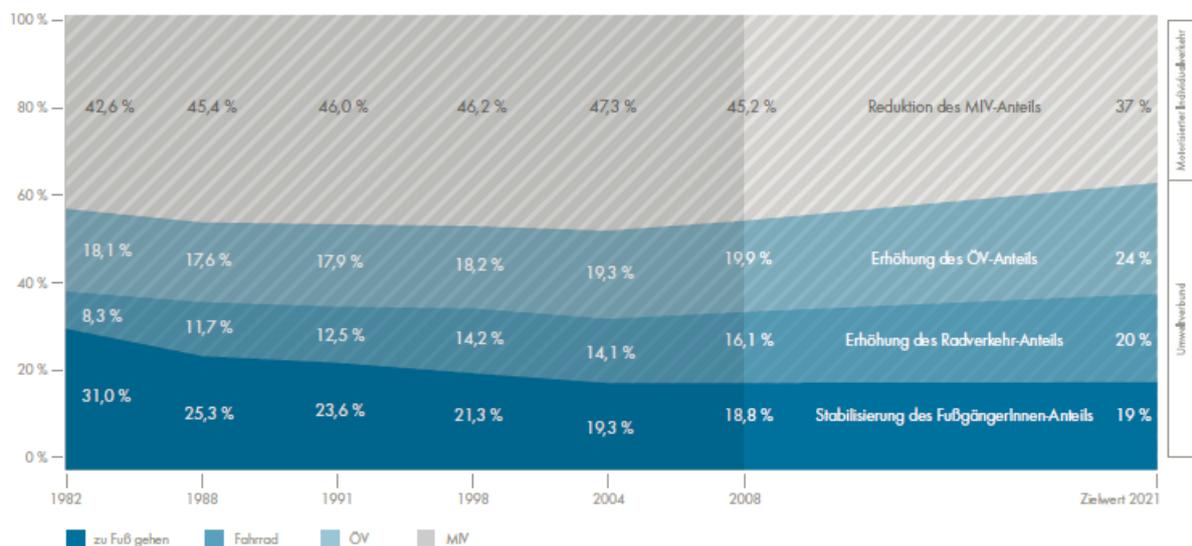


Abbildung 58: Übergeordnete Ziele im Grazer Mobilitätskonzept [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, o. J.]

Planungsgrundsätze

Angesichts des Grazer Mobilitätskonzepts hat die Stadt Graz eine Verkehrsplanungsrichtlinie, angelehnt an die *RVS für Radverkehr*, erstellt. Dies ist eine verbindliche Handlungsanleitung der Stadt Graz und definiert Standards für die Planung und Umsetzung von Verkehrsmaßnahmen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, o. J.].

Kurvenradien sind gemäß *RVS für Radverkehr* so zu wählen, dass einheitliche Fahrgeschwindigkeiten über längere Streckenbereiche gewährleistet sind. Radien von mehr als 8 Meter sind im Regelfall vorzusehen. Der Verkehrsraum ist im Kurvenbereich zu verbreitern [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014].

Tabelle 10: Mindestradien und Verbreiterung in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]

Fahrgeschwindigkeit [km/h]	Kurvenradius R _k [m]	Verbreiterung [m]
10	2,5	0,5
15	4,5	0,5
20	8,0	0,5
25	14,0	0,4
30	22,0	0,3
	> 30,0	–

Ein attraktives Angebot von Radabstellanlagen an den Ausgangs- und Zielorten des Radverkehrs motiviert ebenfalls zur Nutzung des Fahrrads. Das gilt vor allem, wenn die Radabstellplätze näher und besser positioniert sind als jene für PKWs. Bei der Planung von Radabstellplätze sollten folgende Kriterien berücksichtigt werden [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]:

- Erreichbarkeit: direkt bei Ausgangs- und Zielort, barrierefrei, fahrend erreichbar
- Größe: ausreichende Anzahl an Stellplätzen, genügend Platz beim Ein- und Ausparken
- Komfort: stabile Fahrradständer, Witterungsschutz, gute Beleuchtung
- Sicherheit: Schutz vor Diebstahl und Vandalismus

Für die Mindestanzahl der Fahrradabstellplätze gilt das Steiermärkische Baugesetz gemäß Tabelle 11.

Tabelle 11: Mindestanzahl der Fahrradabstellplätze nach dem Steiermärkischen Baugesetz [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]

Nutzung	1 Fahrradabstellplatz je
bei Wohnhäusern	angefangene 50 m ² Wohnnutzfläche,
bei Wohnheimen a) für SchülerInnen und Lehrlinge b) für Studierende	vier Heimplätze zwei Heimplätze
bei Büro- und Verwaltungsgebäuden	20 DienstnehmerInnen
bei Ladengeschäften, Geschäftshäusern, Einkaufszentren u. dgl.	50 m ² Verkaufsfläche
bei Versammlungsstätten, Theatern, Kinos und Konzerthäusern	50 Sitzplätze
bei a) Sportanlagen und Freizeiteinrichtungen b) Badeanstalten	50 BesucherInnen 25 BesucherInnen
bei Betrieben des Gastgewerbes	50 BesucherInnenplätze
bei Schulen (ab der 5. Schulstufe), Universitäten und sonstigen Bildungseinrichtungen	5 SchülerInnen oder Studierende
bei Gewerbe-, Industrie- und Handelsbetrieben, Lagerplätzen und Lagerhäusern	20 DienstnehmerInnen jedenfalls jedoch nicht weniger als fünf Fahradabstellplätze. Bei baulichen Anlagen gemäß Z. 2 bis 9 ist ab einer Bezugszahl von 1000 nur je weitere 200 ein zusätzlicher Fahrradabstellplatz erforderlich.

Für die Fahrradaufstellung gilt für die Länge ein Maß von 2,00 m. Zwischen den Fahrrädern sollte ein Abstand von 0,80 bis 1,20 m berücksichtigt werden [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014].

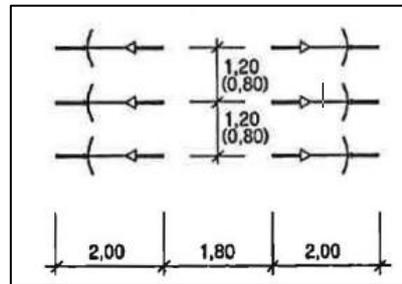


Abbildung 59: Maße (in Meter) für die Fahrradaufstellung [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]

Bei PKW-Längsparkstreifen ist eine erforderliche Breite von 2,0 m zu beachten. Treten beengte Verhältnisse auf, kann der Parkstreifen auf 1,80 m reduziert werden. Ist ein rückwärts einparken möglich, genügt eine Länge von 5,50 m pro Stellplatz. Weitere Dimensionen sind aus Tabelle 12 zu entnehmen.

Tabelle 12: Dimensionierung von Stellplätzen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]

	Aufstellwinkel	Breite des Parkstreifens ⁽¹⁾ in m	Mindestbreite für angrenzende Fahrflächen in m	Stellplatzbreite	Straßenfrontlänge eines Stellplatzes in m
Längsparken Pkw Lkw	-	2,0 (1,8) ⁽²⁾ 2,5 - 3,0	2,75 4,50	- -	6,75 (5,50) ⁽³⁾ je nach Lkw-Länge
Schrägparken	45°	4,70 samt Fahrzeugüberhang 4,30 ohne Fahrzeugüberhang ⁽⁴⁾	2,75	2,5	3,54
für Pkw	60°	5,10 samt Fahrzeugüberhang 4,60 ohne Fahrzeugüberhang ⁽⁴⁾	3,50 4,10	2,5 2,3	2,89 2,66
Senkrechtparken mit Vorwärtseinparken für Pkw	90°	4,30 ohne Überhang ⁽⁴⁾	5,50	2,5 (2,3) ⁽²⁾	2,5 (2,3) ⁽²⁾
Senkrechtparken mit Rückwärtseinparken für Pkw	90°	5,0 samt Überhang	4,50	2,5 (2,3) ⁽²⁾	2,5 (2,3) ⁽²⁾

(1) Senkrecht zur Fahrbahnachse gemessen

(2) bei beengten Verhältnissen

(3) beim rückwärts einparken

(4) Der Überhang muss bei der angrenzenden Fläche mit einer Mindestbreite von 0,5 m berücksichtigt werden.

Führungsformen

Laut der Verkehrsplanungsrichtlinie hängt der Einsatz der Führungsform für den Radverkehr von den Kfz-Geschwindigkeiten, der Kfz-Verkehrsstärke und der verfügbaren Breite ab. Sofern möglich sollten Geh- und Radwege getrennt geführt werden. Gemischte Geh- und Radwege sollten nur bei geringen Platzverhältnissen zum Einsatz kommen. Bei Geschwindigkeiten bis 30 km/h wird in Anlieger- und Sammelstraßen der Radverkehr im Mischprinzip mit dem Kfz-Verkehr empfohlen. Auf übergeordneten Straßen mit Geschwindigkeiten über 50 km/h muss der Radverkehr getrennt werden [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].

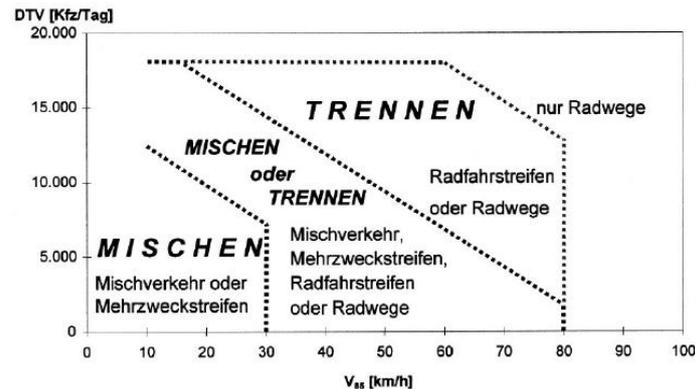


Abbildung 60: Hinweise für die Mischung bzw. Trennung von Rad- und Kfz-Verkehr [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]

Führungsformen

In der Verkehrsplanungsrichtlinie werden für das Grazer Stadtgebiet folgende Führungsformen empfohlen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]:

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

Da Mehrzweckstreifen nicht als Radschnellweg infrage kommen und ein selbstständig geführter Radweg auf der untersuchten Achse Oper bis Schulzentrum St. Peter nicht möglich ist, werden diese zwei Varianten nicht näher behandelt.

Radfahrstreifen

Radfahrstreifen sollten 1,50 m breit sein und sind nur für den Einrichtungsverkehr zulässig. Bei höheren Kfz-Geschwindigkeiten als 50 km/h ist ein breiterer Streifen notwendig. Bei Haupttradrouten ist eine Breite von 2,00 m vorgesehen um das Überholen zu ermöglichen. Bei angrenzenden Längsparkstreifen ist ebenfalls ein breiterer Radfahrstreifen einzurichten, um Konflikte mit aufschlagenden Autotüren zu vermeiden [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].

**Tabelle 13: Richtwerte für die Breite von Radfahrstreifen
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]**

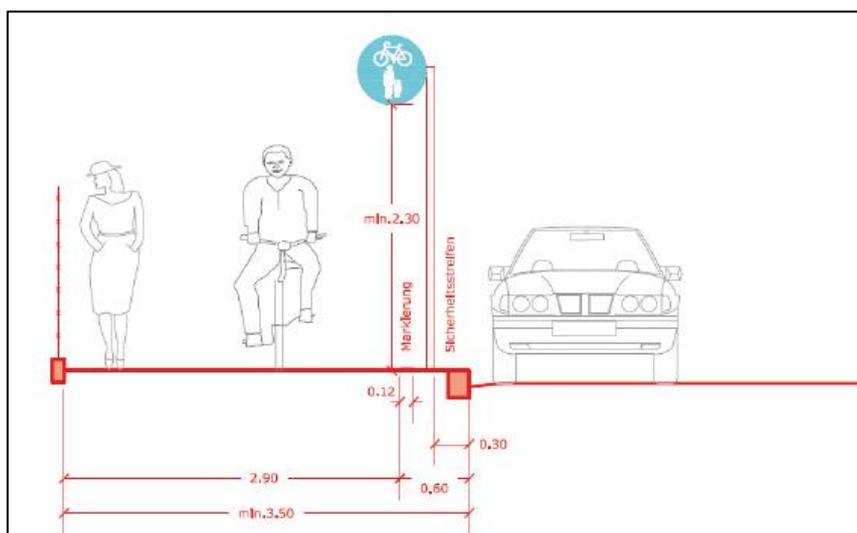
Radfahrstreifen	V ≤ 50 km/h		V > 50 km/h	
	Regelbreite [m]	Mindestbreite [m]	Regelbreite [m]	Mindestbreite [m]
neben Bordstein	1,50	1,25	1,75	1,50
neben Längsparkstreifen	1,75	1,50	2,25	2,00
auf Hauptradrouten	2,00	2,00	2,00	2,00

Gemischter Geh- und Radweg

Bei geringer Flächenverfügbarkeit erweist sich der gemischte Geh- und Radweg als Lösung. Grenzt er direkt an Hauseinfahrten und Haustore an, ist er jedoch nicht zu empfehlen. Die Standardbreite des gemischten Geh- und Radweges beträgt 2,90 m, in Ausnahmefällen darf eine Breite von 2,50 vorliegen. Grenzt er an eine Fahrbahn, ist als Schutz vor dem ruhenden und parkenden Kfz-Verkehr ein zusätzlicher 0,60 m breiter Sicherheitsstreifen vorzusehen. Bei seitlichen Hindernissen wie z.B. Hausmauern ist ein zusätzlicher Sicherheitsstreifen von 0,25 m notwendig. Abbildung 61 zeigt das dazugehörige Regelprofil [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].

**Tabelle 14: Richtwerte für die Breite von gemischten Geh- und Radwegen
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]**

Gemischter Geh- und Radweg	Regelbreite [m]	Mindestbreite [m] (in Ausnahmefällen)
Standardbreite	2,90	2,50
neben Fahrbahn	3,50	3,10
neben seith. Hindernis	3,15	2,75
Zwischen Fahrbahn und seith. Hindernis	3,75	3,35



**Abbildung 61: Regelprofil gemischter Geh- und Radweg
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]**

Getrennter Geh- und Radweg

Für einen getrennten Geh- und Radweg ohne Fahrbahngrenzung beträgt die Mindestbreite 3,90 m. Davon sind 1,60 m für den Geh- und 2,00 m für den Radwegbereich bestimmt. Die restlichen 0,30 m sind für eine geordnete Trennung nötig, die bevorzugt als taktile Ausführung vorzusehen ist. Bei angrenzender Fahrbahn ist hier ebenfalls ein Sicherheitsstreifen mit einer Breite von 0,60 m anzuordnen. Grenzen seitlich Hindernisse an, ist ein weiterer 0,25 m breiter Sicherheitsstreifen zu berücksichtigen [Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011].

Tabelle 15: Richtwerte für die Breite von getrennten Geh- und Radwegen
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]

Getrennter Geh- und Radweg	Regelbreite [m]	Mindestbreite [m] (in Ausnahmefällen)
Standardbreite	3,90	3,50
neben Fahrbahn	4,50	4,10
neben seith. Hindernis	4,15	3,75
Zwischen Fahrbahn und seith. Hindernis	4,75	4,35

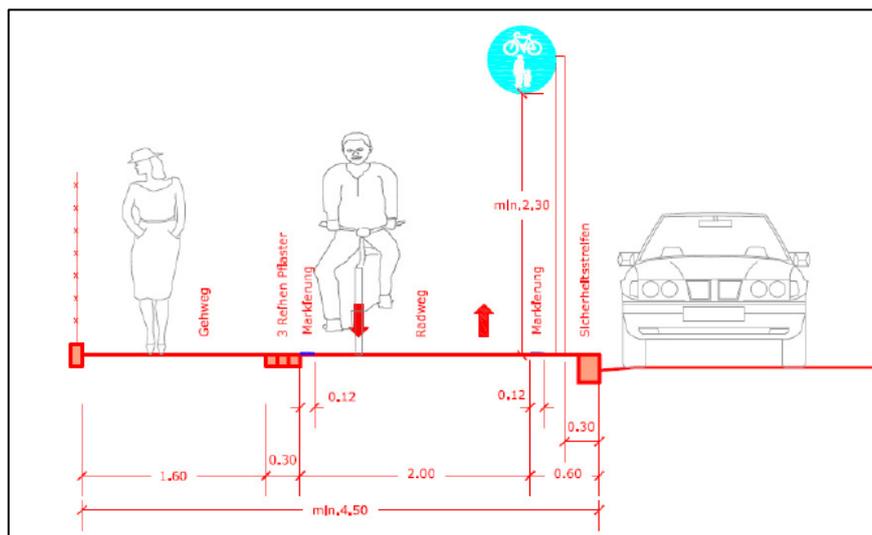


Abbildung 62: Regelprofil getrennter Geh- und Radweg
[Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung, 2011]

Vergleicht man beide Ausführungen wird ersichtlich, dass der getrennte Geh- und Radweg einen Platzbedarf von zusätzlich 1,00 m benötigt.

Entwurfselemente für die Knotenpunktsgestaltung

Für Sicherheit und Komfort an Knotenpunkten sollte laut RVS eine geradlinige Führung unmittelbar vor Knotenpunkten erfolgen. Zusätzlich müssen die Deckschichten in Konfliktbereichen eingefärbt werden. Bei Ein- und Ausfahrten, die Radwege queren, soll das Fahrbahnniveau angehoben werden. Die Anrampung für die Zufahrt sollte dabei im Bereich des Schutzstreifens liegen. Die Querung soll dabei möglichst rechtwinklig erfolgen. Die Deckschicht kann hier ebenfalls eingefärbt werden. Bei Zweirichtungsradwegen muss ein Hinweis auf Radfahrer aus beiden Richtungen gegeben sein [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014].

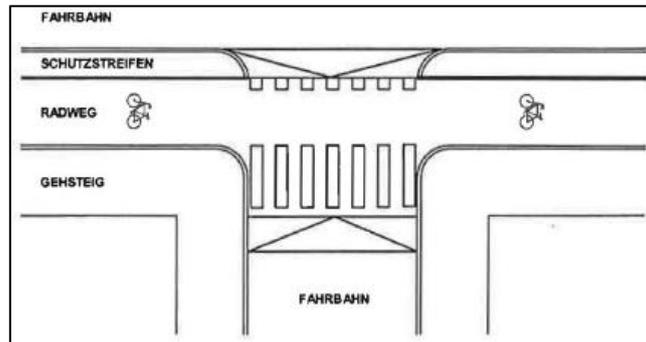


Abbildung 63: *Angehobene Radwegquerung*
[Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]

Das indirekte Linksabbiegen wird in der RVS ebenfalls erwähnt. Demnach kann Linksabbiegen auf zwei Arten erfolgen. Bei einer direkten Führung ordnen sich Radfahrer in der Mitte der Fahrbahn ein. Bei indirekter Führung, überqueren Radfahrer zunächst den Knotenpunkt und platzieren sich dann auf einer Aufstellfläche. Sobald sie von der VLSA grün erhalten, queren sie die Straße mit dem Querverkehr [Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014].

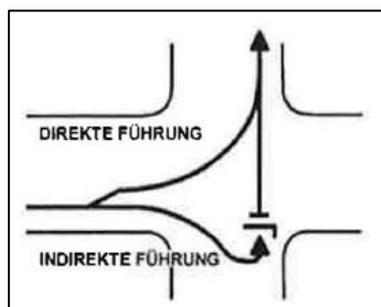


Abbildung 64: *Linksabbiegevarianten*
[Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, 2014]

2.4 Zusammenfassung

Mit Hilfe der Literaturrecherche ist es nun möglich, das internationale Wissen über Radschnellverbindungen unter Berücksichtigung österreichischer Richtlinien, auf das untersuchte Gebiet von der Oper bis zum Schulzentrum St. Peter anzuwenden. Es gilt zu überprüfen, ob die internationalen Ausführungsformen und Dimensionen für diese Strecke umsetzbar sind, oder man sich den österreichischen Vorgaben annähert. Während bei Zweirichtungsradwegen international zum Großteil 4,00 m vorgegeben sind, werden in Wien Breiten von 2,00 bis 3,00 m als ausreichend erachtet. In Graz wird bei getrennten Geh- und Radwegen ebenfalls für den Zweirichtungsverkehr eine Mindestbreite von nur 2,00 m vorausgesetzt. Als Führungsformen für diese Route in der Grazer Innenstadt können der Ein- und Zweirichtungsradweg, der gemischte Geh- und Radweg, sowie die Fahrradstraße in Betracht gezogen werden. Als Mindestradius für Kurven werden 22 Meter gemäß RVS angenommen, also zwei Meter über dem erforderlichen Radius von Deutschland und den Niederlanden. Für eine hochwertige Oberflächenqualität wurden einstimmig Asphalt und Beton empfohlen. Um das Fahrrad als Verkehrsmittel weiter zu fördern muss auch Fahrradabstellanlagen genügend Beachtung geschenkt werden.

Für die Knotenpunktsgestaltung werden die farblich markierten Überfahrten, das indirekte Linksabbiegen und der aufgeweitete, vorgezogene Radaufstellstreifen von Bedeutung sein. Die Umsetzbarkeit der Auframpung bei Ein- und Ausfahrten gilt es abhängig von der Anzahl und der Lage zu überprüfen. Niveaufreie Kreuzungen, wie in Dänemark empfohlen, kommen aus Kosten- und Platzgründen nicht infrage. Das freie Abbiegen während einer Rotphase ist in Österreich nicht in der RVS und StVO verankert. Aufgrund mehrerer vorhandener VLSA Knotenpunkten ist, wie international empfohlen, eine Priorisierung für den Radverkehr anzustreben.

3 Bestandsanalyse

Um sich zu orientieren gibt Abbildung 65 einen Überblick über das zu untersuchende Gebiet. In blau dargestellt sind die zuerst erwähnten Hauptradrouten. In diesem Bereich verlaufen die Hauptradrouten 6, 7 und 8. Entlang der Mur führt der in Rot abgebildete Landesradweg R2. Die beiden Ausgangspunkte, Oper und Schulzentrum St. Peter, die es zu verbinden gilt, sind rot markiert. Dabei wird ersichtlich, dass für diese Route, wie in der Einleitung beschrieben, keine eigene Infrastruktur für den Radverkehr vorliegt.

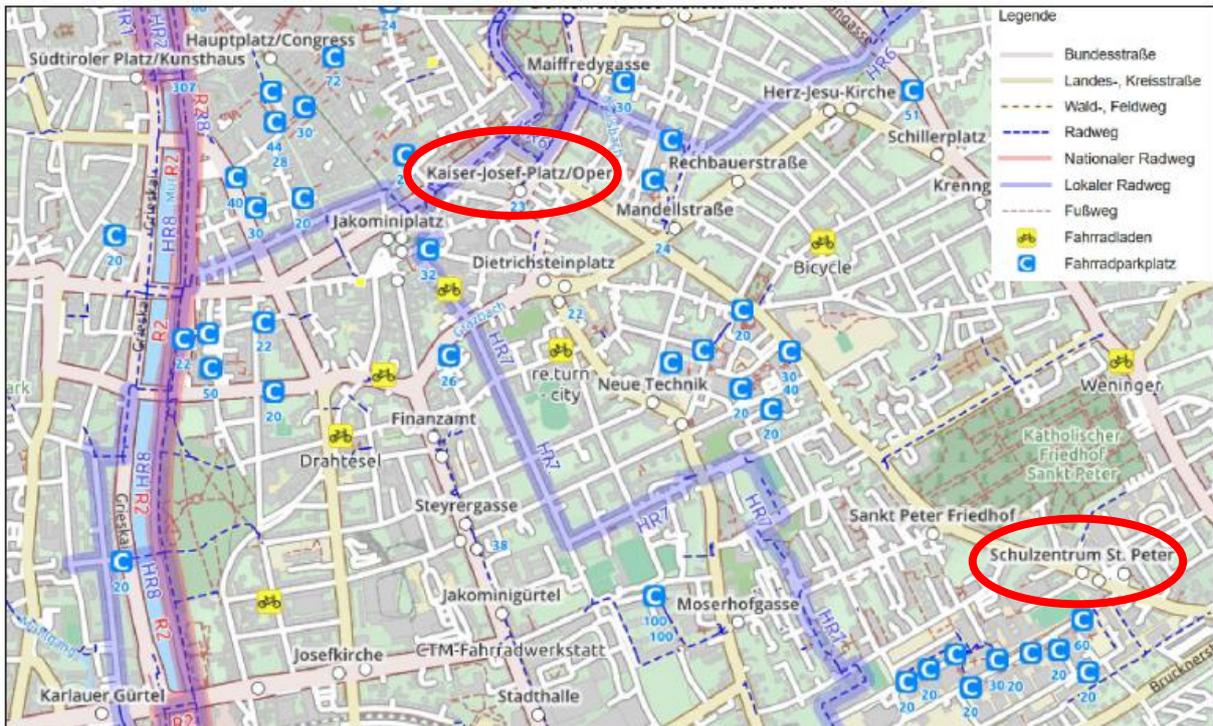


Abbildung 65: Übersichtskarte des untersuchten Gebietes
(Quelle: [OpenStreetMap, 2018])

Mangels durchgängiger Parallelstraßen stellt sich die direkte Linienführung über die Mandellstraße und Petersgasse als einzige zufriedenstellende Lösung dar. Diese Strecke ist in etwa 1,8 km lang und befindet sich zur Gänze im Bezirk St. Leonhard. Der Bezirk St. Peter beginnt erst nach dem Schulzentrum St. Peter. Entlang der gesamten Strecke befinden sich nach eigener Zählung am 4. August 2018 in etwa 270 Pkw-Stellplätze sowie 60 Fahrradabstellplätze. Laut Stadt Graz befinden sich in der Mandellstraße 95 und in der Petersgasse 156 Pkw-Stellplätze. Im Rahmen einer Verkehrszählung in der Masterarbeit von *Ziegerhofer* wurden 2017 auf dieser Route rund 400 Radfahrer in der Spitzenstunde am Querschnitt gezählt. Demgegenüber stehen Kfz-Verkehrsbelastungen von zirka 1000 Kfz/h am Querschnitt. Mittels einer Verkehrssimulation konnte bei Errichtung dieser Radschnellverbindung eine Verlagerung vom Kfz- zum Radverkehr mit einem zusätzlichen Potenzial von 150 Radfahrern pro Stunde ermittelt werden [Ziegerhofer, 2017].

Um die Bestandsstrecke detaillierter zu charakterisieren wird sie, wie in Abbildung 66, in vier Abschnitte unterteilt. Der erste davon erstreckt sich von der Oper bei der Kreuzung Glacisstraße bis zur Sparbersbachgasse. Der zweite Abschnitt folgt darauf bis zur Kreuzung Steyrergasse, von wo das

dritte Teilstück bis zur Moserhofgasse anschließt. Der vierte und letzte Abschnitt verläuft bis zum Schulzentrum St. Peter in die Inffeldgasse. Diese vier Abschnitte werden in den kommenden Kapiteln in Richtung stadtauswärts betrachtet und hinsichtlich des Querschnitts, der Breite, des vorhandenen öffentlichen Verkehrs, der Anzahl der Stellplätze, anbindender Radwege und der Knotenpunkte im Bestand analysiert. Zusätzlich werden wichtige Einrichtungen in der unmittelbaren Umgebung erwähnt.

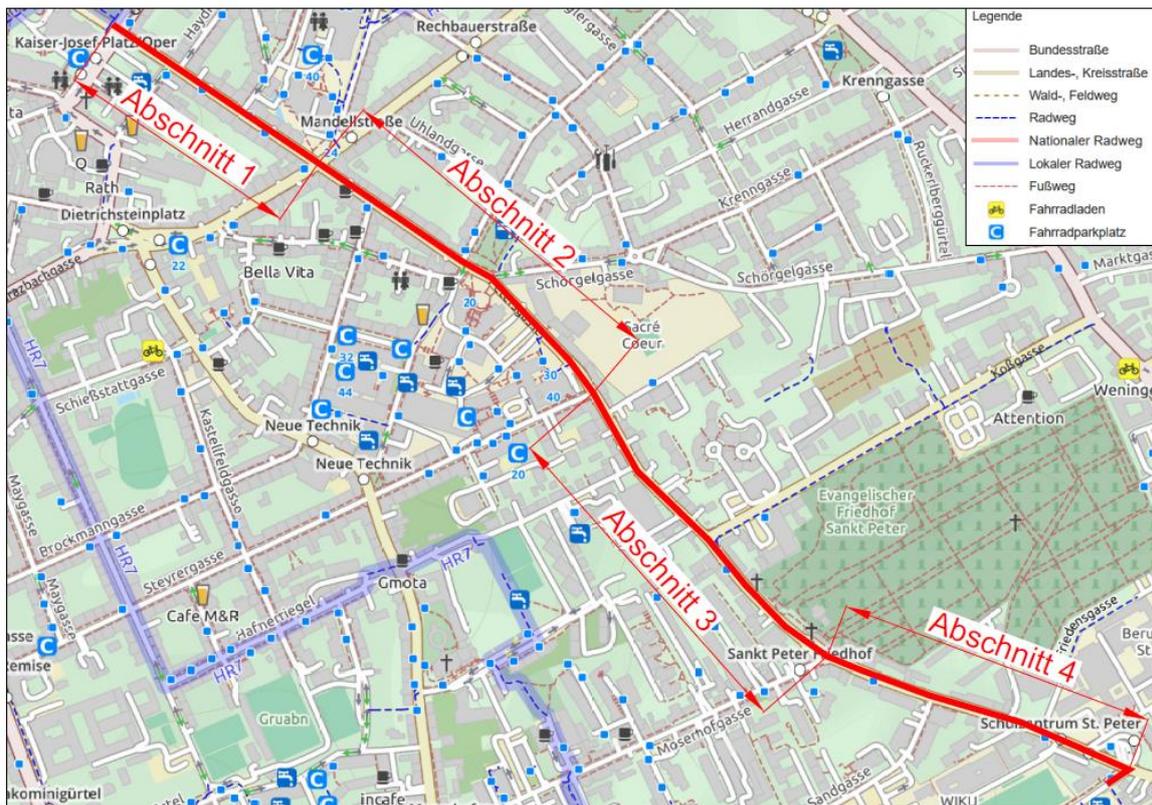


Abbildung 66: Unterteilung der Strecke in 4 Abschnitte
(Quelle: [OpenStreetMap, 2018])

3.1 Abschnitt 1 – Glacisstraße bis Sparbersbachgasse

3.1.1 Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen

Der erste Abschnitt erstreckt sich über eine Länge von in etwa 350 m. Entlang der Franz-Graf-Allee befinden sich die Oper sowie der Stadtpark, in dem die Hauptradroute HR6 verläuft. Empfehlenswert wäre diese bestehende Radroute zur Anbindung an die neu geplante Radverkehrsachse zu nutzen. Für die Operngäste sind Busstellplätze entlang des Stadtparks vorhanden. Östlich der Strecke befindet sich der Kaiser-Josef-Platz. Am Ende des Platzes folgen bis zur Sparbersbachgasse drei Einbahnen. Zwei davon, die Haydngasse und die nach dem Platz benannte Straße Kaiser-Josef-Platz, dürfen von der Mandellstraße aus befahren werden. Die Lessingstraße hingegen wird als Zufahrt in die Mandellstraße genützt. In der Straße Kaiser-Josef-Platz sowie der Lessingstraße sind Radfahrstreifen gegen die Einbahn vorhanden. Zudem existieren in diesem Abschnitt westlich der Strecke drei und östlich zwei Hauseinfahrten.

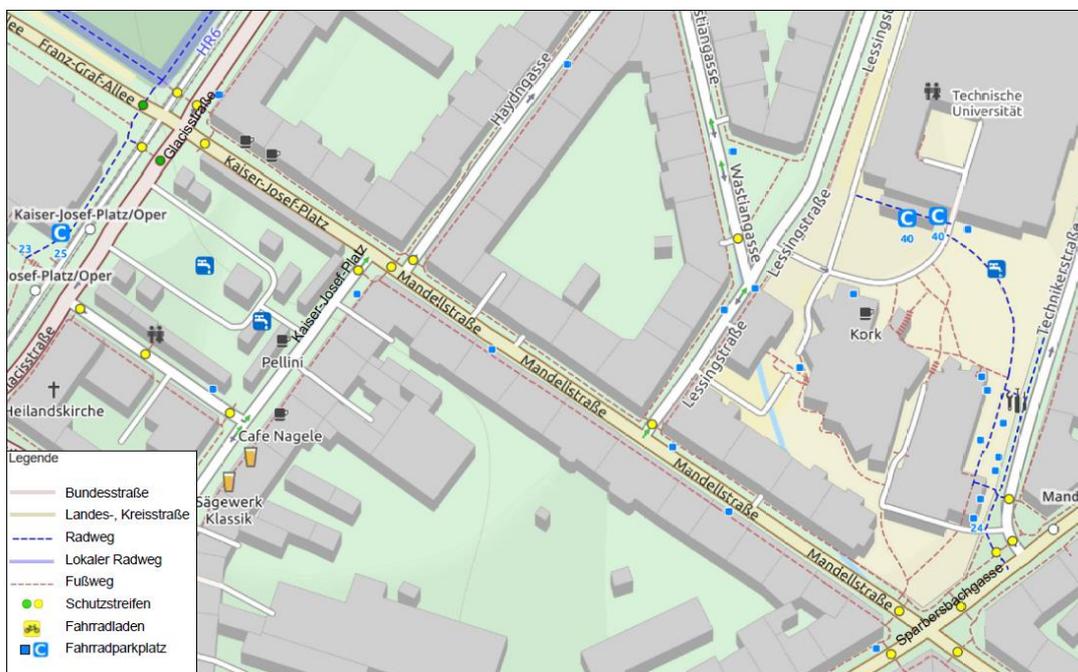


Abbildung 67: Übersicht Glacisstraße bis Sparbersbachgasse
[OpenStreetMap, 2018]

Bei der Kreuzung Sparbersbachgasse befinden sich der Campusbereich Alte Technik sowie die Universitätsbibliothek der Technischen Universität. Dieser Knotenpunkt ist ebenfalls VLSA-geregelt. Von der angrenzenden Technikerstraße kommend gibt es einen in die Sparbersbachgasse einmündenden Radweg.



Abbildung 68: Knotenpunkt Glacisstraße



Abbildung 69: Knotenpunkt Sparbersbachgasse

3.1.2 Öffentlicher Verkehr

Die VLSA-geregelte Kreuzung Glacisstraße wird vom öffentlichen Verkehr gequert. Im Detail handelt es sich dabei um die Straßenbahnlinien 1 und 7, sowie die Buslinien 30, 31 und 39. Den Knotenpunkt Sparbersbachgasse quert die Straßenbahnlinie 3 und ist ebenfalls VLSA-geregelt.

3.1.3 Querschnitt

Entlang der Mandellstraße beträgt die Breite des Gesamtquerschnitts nahezu kontinuierlich in etwa 13 Meter. Diese teilen sich auf in zwei Gehsteige zu je 2,00 Meter sowie in zwei Fahrstreifen in unterschiedliche Fahrrichtungen mit je einer Breite von ca. 2,80 m. Die restliche Breite wird entweder für beidseitige Kfz-Längsstellplätze mit einer Breite von ca. 1,70 m oder für Fahrradabstellplätze genutzt. Vor den Knotenpunkten wird die Breite für Abbiegefahrstreifen verwendet. Diese Breitenangaben deuten auf die geringe Platzverfügbarkeit in der Mandellstraße hin. Stellplätze sollten in der Regel eine Breite von 2,00 m vorweisen. Fahrstreifen sind mit einer Breite von 2,80 m ebenfalls knapp dimensioniert.

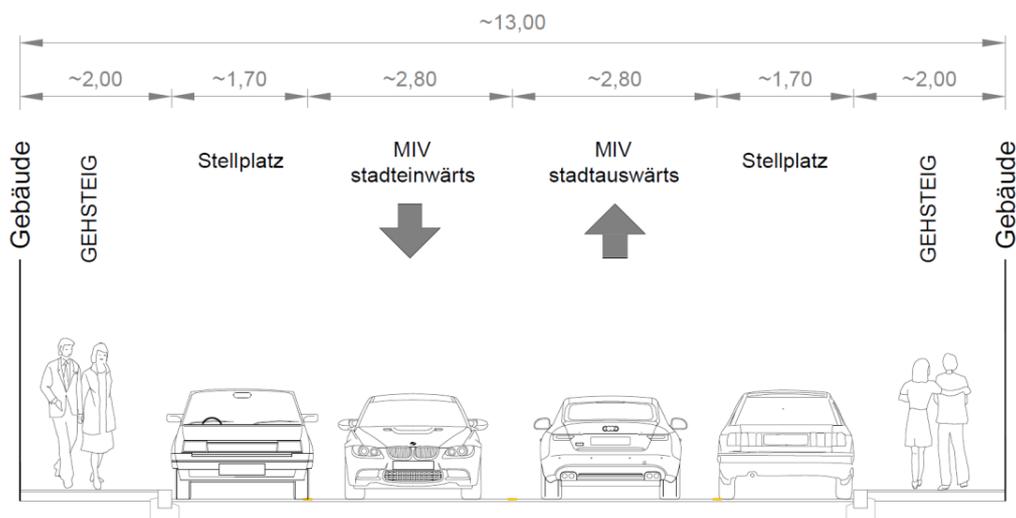


Abbildung 70: Bestands-Regelquerschnitt der Mandellstraße

Beim Kaiser-Josef-Platz ist nur eine Breite von ca. 12 Metern vorhanden, dadurch besteht nur westlich ein Gehsteig mit einer Breite von 2,0 Metern. Die östliche Seite wird zum Be- und Entladen der Marktstände am Kaiser-Josef-Platz genutzt. Die restliche Fahrbahn teilt sich hier in einen Fahrstreifen stadtauswärts sowie in zwei Fahrstreifen stadteinwärts vor der Kreuzung Glacisstraße auf.

3.1.4 Stellplätze

Im Bestand existieren nach dem Kaiser-Josef-Platz bis zur Sparbersbachgasse beidseitig zirka 40 Pkw-Stellplätze, wovon zwei für mobilitätseingeschränkte Personen vorgesehen sind. Für zwei weitere davon gilt werktags bis 18:00 und samstags bis 13:00 ein Halte- und Parkverbot. Die gesamte Mandellstraße liegt in der blauen Kurzparkzone, in der eine maximale Parkdauer von drei Stunden erlaubt ist. Für 30 Minuten beträgt die Parkgebühr 0,90 Euro.

Für Fahrräder sind zwei Stellplätze mit einer Länge von ca. neun und acht Metern vorhanden. Laut RVS können Fahrräder in Abständen von 0,80 bis 1,20 m aufgestellt werden. Mit einer Annahme von 0,90 Metern würde das bei einer Länge von 9 Metern zehn Fahrrädern entsprechen. Beim zweiten Stellplatz mit 8 Metern können demnach neun Räder abgestellt werden.



Abbildung 71: Kfz- und Fahrradstellplätze in der Mandellstraße

3.2 Abschnitt 2 – Sparbersbachgasse bis Steyergasse

3.2.1 Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen

Abschnitt zwei verläuft bis zur Steyergasse mit einer Länge von ca. 490 m.

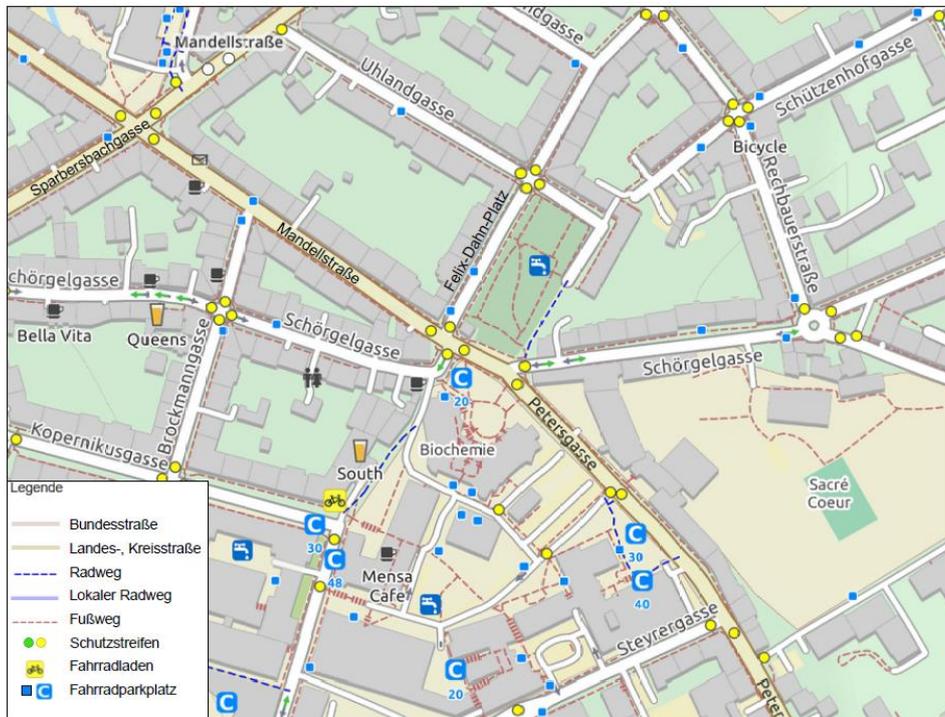


Abbildung 72: Übersicht Sparbersbachgasse bis Steyergasse
[OpenStreetMap, 2018]

Die erste Einmündung erfolgt östlich in die Brockmannngasse. Am Ende der Mandellstraße befinden sich der Felix-Dahn-Platz sowie die von beiden Seiten über eine Einbahn einmündende Schörgelgasse, in der gegen die Einbahn Radfahrstreifen geführt sind. Für die neue Radschnellverbindung sollte eine Anbindung an diese bestehende Radinfrastruktur berücksichtigt werden. Auffällig ist am Knotenpunkt Felix-Dahn-Platz die bereits existierende rote Bodenmarkierung zur Erhöhung der Aufmerksamkeit (Abbildung 73). Ab der Kreuzung Schörgelgasse beginnt die Petersgasse. Westlich davon liegt das Sacre Coeur. An dieser Stelle steigt die Petersgasse über ungefähr 90 Meter um knappe 3 % an. Um die Sicherheit der Kinder zu erhöhen wird der Schutzstreifen über eine VLSA gesichert, die über eine DKA gesteuert wird (Abbildung 74).



Abbildung 73: Knotenpunkt Felix-Dahn-Platz



Abbildung 74: VLSA gesicherter Schutzstreifen

Gegenüber dem Sacre Coeur verläuft im Osten der Campusbereich Neue Technik der Technischen Universität. Die Kreuzung Steyrergasse ist in diesem zweiten Abschnitt der einzige VLSA-geregelte Knotenpunkt. Hauseinfahrten findet man drei westlich und zwei östlich der Strecke vor. Zudem besitzt die Technische Universität Graz östlich der Route zwei Ein- bzw. Ausfahrten.



Abbildung 75: Knotenpunkt Steyrergasse

3.2.2 Öffentlicher Verkehr

Vor dem Sacre Coeur befinden sich zwei Bushaltestellen, die für den ÖV der Linien 430, 440 und 510 vorgesehen sind. Die Haltestelle östlich ist mit einem Wartehaus ausgestattet. Der Schutzstreifen davor wird über eine DKA gesichert.

3.2.3 Querschnitt

Bis zum Felix-Dahn-Platz verläuft der Querschnitt nahezu ident zu vorhin mit einer Breite von ca. 13 Metern und Längsparkstreifen auf beiden Seiten. Bei der Einmündung Brockmannngasse befinden sich westlich der Strecke Radabstellplätze sowie im Sommer ein Gastgarten der Pizzeria Volta. Ab der Petersgasse vergrößert sich der Querschnitt auf 14,00 bis 14,80 m. Hier sind ebenfalls beidseitige Längsstellplätze angeordnet, allerdings nun mit einer Breite von ca. 1,90 m. Die Fahrbahn weist dabei eine Breite von in etwa 6 Metern für beide Fahrrichtungen auf. Gehsteige sind beidseitig mit einer Breite von jeweils ca. 2 Metern benutzbar.

3.2.4 Stellplätze

In der restlichen Mandellstraße sind bis zum Felix-Dahn-Platz ungefähr weitere 51 Pkw-Parkplätze vorhanden, wovon für einen werktags bis 16:00 ein Parkverbot gilt. Für Radfahrer existiert ein Abstellbereich für ca. zwölf Fahrräder.

Vom Felix-Dahn-Platz bis zum Knotenpunkt Steyrergasse befinden sich in der Petersgasse 45 Stellplätze. Sechs davon liegen direkt vor dem Sacre Coeur, für die an Schultagen bis abends ein Halte- und Parkverbot gilt. Für zwei weitere liegt unmittelbar vor der Steyrergasse werktags bis 18:00 ein Parkverbot vor. In diesem Abschnitt gilt ebenfalls die blaue Kurzparkzone. Aufgrund der Fahrradabstellanlagen am Gelände der Technischen Universität existieren in diesem Abschnitt entlang der Straße keine Fahrradstellplätze.



Abbildung 76: Stellplätze und Steigung in der Petersgasse

3.3 Abschnitt 3 – Steyrergasse bis Moserhofgasse

3.3.1 Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen

Das dritte Teilstück besitzt eine Länge von ebenfalls ca. 490 Metern. Der erste Knotenpunkt liegt östlich der Route bei der Straße Hafnerriegel. Am südlichen Teil des Hafnerriegels verläuft wie in Abbildung 77 ersichtlich die HR7, die es ebenfalls bei den Planungen zu berücksichtigen gilt.

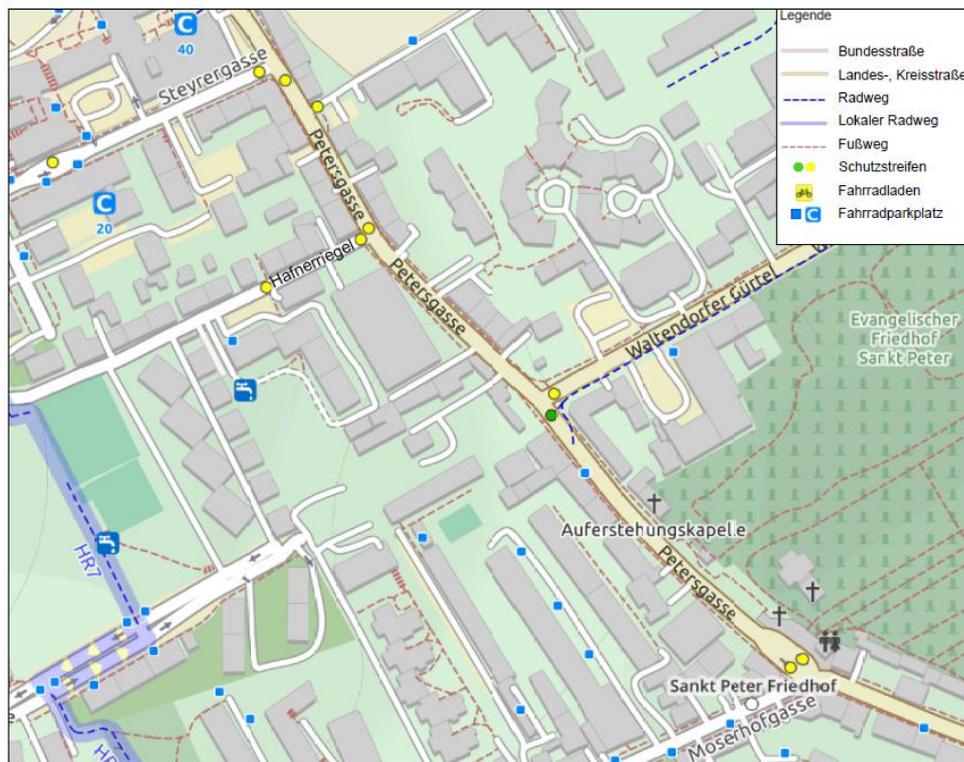


Abbildung 77: Übersicht Steyrergasse bis Moserhofgasse
[OpenStreetMap, 2018]

Den nächsten größeren und VLSA-gesteuerten Knotenpunkt bildet die westlich gelegene T-Kreuzung Waltendorfer Gürtel (Abbildung 78). Entlang des Waltendorfer Gürtels ist ein gemischter Geh- und Radweg vorhanden, den es für ein Zu- und Abfahren der neuen Radverkehrsachse miteinzubeziehen gilt. Im Anschluss daran befindet sich im Westen der Petersgasse der Friedhof St. Peter. Am Ende des dritten Abschnittes liegt der Knotenpunkt Moserhofgasse (Abbildung 79). Dieser mündet östlich ein und verfügt über keine VLSA-Steuerung. Von der Petersgasse kommend wird diese Kreuzung über eine Stoptafel geregelt.

In diesem Abschnitt befinden sich zwar wenige Knotenpunkte, jedoch gibt es einige Haus- und Grundstückszufahrten, was für eine Radschnellverbindung nicht von Vorteil ist. Von der Steyrergasse bis zum Hafnerriegel allein liegen westlich drei und östlich zwei Zufahrten vor. Bis zum Waltendorfer Gürtel befinden sich auf der Westseite weitere fünf und östlich zwei Zufahrten. Am Ende des Abschnittes existieren bis zur Moserhofgasse auf beiden Seiten noch jeweils weitere fünf Zufahrten.



Abbildung 78: Knotenpunkt Waltendorfer Gürtel



Abbildung 79: Knotenpunkt Moserhofgasse

3.3.2 Öffentlicher Verkehr

Ab dem Waltendorfer Gürtel verkehrt die Buslinie 64 und fährt in die Petersgasse in Richtung Schulzentrum St. Peter ein. Im Anschluss daran befindet sich im Westen der Petersgasse der Friedhof St. Peter, vor dem beidseitig die Bushaltestellen der Linie 64 sowie der Regionallinien 440 und 510 liegen. Ab der Moserhofgasse verkehrt zudem die Straßenbahnlinie 6 in die Petersgasse in Richtung Schulzentrum St. Peter.

3.3.3 Querschnitt

Die Bestandsbreite ist von der Steyrergasse bis zum Waltendorfer Gürtel mit nur etwa elf Metern sehr gering. Die Gehsteige sind am Knoten Waltendorfer Gürtel dabei mit der Mindestbreite von 1,50 m ausgestattet. Nur unmittelbar nach dem Hafnerriegel bietet eine Straßenbreite von ca. 14 Metern durch eine Ausbuchtung Platz für Längsstellplätze. Nach dem Waltendorfer Gürtel öffnet sich der Querschnitt auf eine Breite von ca. 16 Metern. Diese Breite bietet Platz für beidseitige Längsparkstreifen mit jeweils einer Breite von 1,90 m sowie einer beidseitigen Fahrstreifenbreite von jeweils knapp über 4 Meter. Der Gehsteig ist hier wieder mit 2,00 m vorgesehen.

3.3.4 Stellplätze

Von der Steyrergasse bis zum Waltendorfer Gürtel existieren zirka 25 Pkw-Stellplätze, die noch innerhalb der blauen Kurzparkzone liegen. Fahrradstellplätze sind in diesem Bereich keine vorhanden. Ab dem Waltendorfer Gürtel beginnt die grüne Parkzone, in der es erlaubt ist, zeitlich unbeschränkt zu parken. Für 30 Minuten gilt eine Parkgebühr von 0,60 Euro. Bis zur Moserhofgasse befinden sich insgesamt 55 Stellplätze, wovon zwei für Personen mit Beeinträchtigung bestimmt sind. Zudem gilt für drei Stellplätze vor dem Friedhof ein tägliches Parkverbot von 7:00 bis 19:00. Gegenüber dem Friedhof sind acht Stellplätze vorhanden, die nur für Taxis vorgesehen sind. In diesem Abschnitt bietet eine kleiner Fahrradstellbereich für sechs Fahrräder Platz.



Abbildung 80: Senkrecht- und Taxilängsstellplätze vor der Moserhofgasse

3.4 Abschnitt 4 – Moserhofgasse bis Inffeldgasse

3.4.1 Knotenpunkte und wichtige Einrichtungen

Der vierte und letzte Abschnitt weist eine Länge von ca. 470 Metern auf. Der erste vorrangeregelte Knotenpunkt Sandgasse befindet sich östlich der Strecke (Abbildung 81).



Abbildung 81: Übersicht Moserhofgasse bis Inffeldgasse
[OpenStreetMap, 2018]

Die restlichen Knoten bis zur Hans-Brandstetter-Gasse, die ebenfalls vorrangeregelte ist, bestehen aus einer Sackgasse wie der Friedensgasse oder aus größeren Zufahrten. In der Friedensgasse ist bereits ein Radweg vorhanden, der als Zu- und Abfahrt für die geplante Radschnellverbindung genutzt werden kann. Beim östlich einmündenden Knotenpunkt Inffeldgasse endet die untersuchte Route. Die Radverkehrsachse sollte dabei an den bestehenden gemischten Geh- und Radweg in der Inffeldgasse angeschlossen werden (Abbildung 82). In diesem Gebiet befinden sich, neben dem

Campusbereich Inffeld der Technischen Universität Graz, die Landesberufsschule, das Bundesrealgymnasium Petersgasse und die Kinderkrippe Petersgasse. Über die Inffeldgasse hinaus existiert zudem in der Eisteichgasse eine Radroute, die als Zu- und Abfahrt für die neue Radschnellverbindung genutzt werden kann.

Im gesamten Abschnitt befinden sich hier jeweils östlich und westlich vier Ausfahrten.



Abbildung 82: gemischter Geh- und Radweg in der Inffeldgasse

3.4.2 Öffentlicher Verkehr

Ab dem Knotenpunkt Moserhofgasse verkehrt die Straßenbahnlinie 6 auf derselben Fahrbahn wie der mIV. Vor der Hans-Brandstetter-Gasse wird der Schutzstreifen bei der Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* mit einer VLSA gesichert (Abbildung 83). Diese Haltestelle wird von der Straßenbahnlinie 6 und der Buslinie 64 bedient und ist auf beiden Straßenseiten mit Wartehäusern ausgestattet. Danach befindet sich westlich die Wendeschleife der Straßenbahnlinie 6 sowie die Haltestellen der Buslinien 63, 64, 68, 71, 72, 73U und 76U. Auf Höhe dieser Haltestellen ist erneut ein VLSA-gesicherter Schutzstreifen vorhanden, der über eine DKA geregelt wird.



Abbildung 83: VLSA gesicherter Schutzstreifen beim Schulzentrum St. Peter

3.4.3 Querschnitt

Der Querschnitt ist in diesem Abschnitt teilweise durch Ausbuchtungen bis zu 16 Meter breit. An diesen Stellen existieren beidseitig Längsstellplätze mit einer Breite von ca. 2 Metern. Dazwischen befinden sich auf der Ostseite neun Bäume (Abbildung 84). Der Achsabstand zwischen den beiden Straßenbahnrichtungen beträgt in etwa 2,80 m. Wie bereits erwähnt verkehren die Straßenbahn und der MIV auf derselben Fahrbahn. An den Engstellen weist der Querschnitt nur eine Breite von 13 Metern auf, in denen der Gehsteig anstatt 2,00 m nur 1,50 bis 1,80 m breit ist. Rund um den Haltestellenbereich *Schulzentrum St. Peter* ist der Gehsteig rund 5 Meter breit.

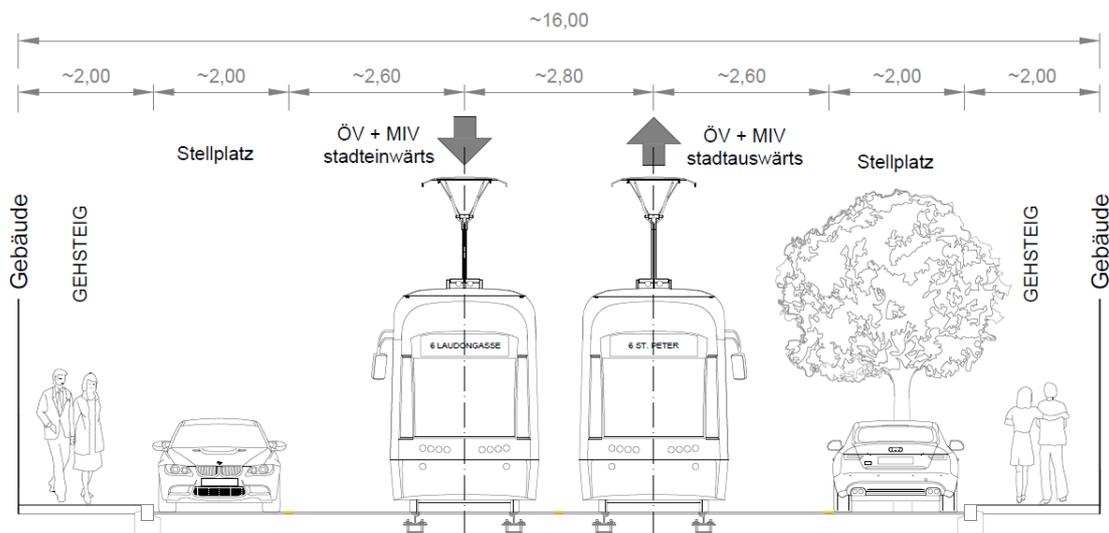


Abbildung 84: Bestands-Regelquerschnitt in der Petersgasse ab dem Knotenpunkt Moserhofgasse

3.4.4 Stellplätze

Von der Moserhofgasse bis zur Inffeldgasse existieren in etwa 58 Pkw-Stellplätze. Für zwei davon gilt werktags bis 19:00 ein Halte- und Parkverbot und für drei ein Parkverbot werktags bis 18:00 und samstags bis 12:00. Für Fahrräder sind zwei Radabstellflächen vorgesehen, wobei die kürzere Platz für vier Fahrräder bietet und die längere neben der Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* für 19 Fahrräder Platz hat.



Abbildung 85: Längsstellplätze in der Petersgasse

3.5 Zusammenfassung

Die 1,8 km lange Strecke verfügt über sieben wesentliche Knotenpunkte. Zum einen muss den Anbindungen an die bestehenden Radwege in der Franz-Graf-Allee sowie in der Inffeldgasse besondere Beachtung geschenkt werden. Zum anderen liegt das Hauptaugenmerk auf den VLSA-geregelten Kreuzungen in der Sparbersbachgasse, Steyrgasse und Waltendorfer Gürtel. Der Felix-Dahn-Platz mit den Radfahrstreifen in der Schörgelgasse und die Moserhofgasse mit der einmündenden Straßenbahnlinie gilt es ebenfalls zu beachten. Hinzu kommen drei VLSA-gesicherte Schutzstreifen, die über eine DKA geregelt werden. Als Querschnitt stehen 11 bis 16 Meter zur Verfügung. Mit Ausnahme des Kaiser-Josef-Platzes befinden sich beidseitig Gehsteige mit einer Breite von meist zwei Metern. Entlang der Route liegen vor dem Sacre Coeur, dem Friedhof St. Peter und dem Schulzentrum St. Peter drei beidseitige Haltestellen. Neun bereits vorhandene Radwege bzw. Radfahrstreifen queren die untersuchte Route, die für ein Zu- und Abfahren der Radverkehrsachse genützt werden sollen. Laut Stadt Graz existieren in der Mandellstraße 95 und in der Petersgasse 156 Pkw-Stellplätze. Sieben weitere befinden sich am Felix-Dahn-Platz. Eine selbstständig durchgeführte Zählung hat in der Mandellstraße zirka 91 und in der Petersgasse zirka 176 Stellplätze ergeben. Dabei wurden auch Taxi-Stellplätze sowie Parkplätze, für die tagsüber ein Halte- und Parkverbot gilt, berücksichtigt. Dividiert man die Anzahl der Stellplätze durch die dafür vorgesehenen Längen der Parkstreifen erhält man pro Stellplatz eine Länge von ca. 5,15 m. Vergleicht man diesen Wert mit der Richtlinie, in der 5,50 m vorgeschrieben sind, wird eine Differenz von 0,35 m ersichtlich. Fahrradstellbereiche bieten für in etwa 60 Räder Platz. Um die Radschnellverbindung noch attraktiver zu gestalten, muss diese Kapazität deutlich erhöht werden.

Tabelle 16: Stellplatzerhebung

Straße	Zone	Stadt Graz	eigene Erhebung			
		Anzahl Pkw-Stellplätze	davon			
			für Beeinträchtigte	nur abends	für Taxi	
Mandellstraße	blaue Zone	95	91	2	3	0
Felix-Dahn-Platz	blaue Zone	7	7	0	0	0
Petersgasse	blaue Zone	56	63	0	8	0
	grüne Zone	100	113	2	8	8
	Summe Petersg.	156	176			
	Gesamtsumme	258	274			

4 Variantenstudie

Im kommenden Kapitel werden - auf Basis der Literaturrecherche und der Bestandsaufnahme - unterschiedliche Varianten für die Radverkehrsachse von der Oper Graz bis zum Schulzentrum St. Peter untersucht und näher erläutert. Als Grundlage dafür wurde eine Vermessung von der Stadt Graz für das untersuchte Gebiet zur Verfügung gestellt und verwendet. Als erste Führungsform wird der Zweirichtungsradweg betrachtet. Im Anschluss daran zeigt Variante 2 einen beidseitig verlaufenden gemischten Geh- und Radweg. Variante 3 befasst sich mit zwei Einrichtungs-Radfahrestreifen als Führungsform. Die vierte und letzte Variante setzt sich mit der Fahrradstraße auseinander.

4.1 Variante 1 - Zweirichtungsradweg

Der Zweirichtungsradweg wird neben dem Einrichtungsradweg in den internationalen Standards als gängigste Führungsform für Radschnellverbindungen beschrieben. Für den Zweirichtungsradweg werden dabei Breiten zwischen 3,00 und 4,00 m empfohlen. Für das untersuchte Gebiet in der Mandellstraße und der Petersgasse ist für den Radverkehr eine Regelbreite von 3,85 m möglich, wovon allerdings 0,60 m nach den Vorgaben der Stadt Graz für den Sicherheitsstreifen entfallen. Somit bleiben 3,25 m als Fahrbahn für Radfahrer, dies entspricht den Empfehlungen der Schweiz, Dänemark und Großbritannien. Die ambitionierte Breite von 4,00 m, die aus der Literaturanalyse in Deutschland und den Niederlanden empfohlen wird, kann nicht erreicht werden. Verglichen mit den Wiener Qualitätskriterien gehören 3,25 m Breite der Kategorie „gute-“ bis „ausgezeichnete Qualität“ an. Der Radweg wird durch einen 0,30 m breiten taktilen Begrenzungsstreifen vom Gehweg getrennt, der eine Regelbreite gemäß der Stadt Graz von 1,60 m aufweist. Diese Ausführung entspricht einem getrennten Geh- und Radweg. Um ausreichend Platz für den Zweirichtungsradweg zu schaffen, erfolgt für den mIV bis zum Waltendorfer Gürtel stadtauswärts eine ca. 3,20 m breite Einbahn, die baulich mit einer Randleiste vom Radweg getrennt werden könnte. Dadurch entfallen ein Fahrstreifen, sowie die daneben befindlichen Stellplätze für den Kfz Verkehr. Östlich des mIV-Fahrstreifens befinden sich, wie von der Stadt Graz angeordnet, 2,00 m breite Stellplätze sowie der im Bestand vorhandene 2,00 m breite Gehsteig. Ausnahme bildet dabei die Stelle am Kaiser-Josef-Platz, an der östlich wie im Bestand kein Gehsteig angeordnet wird. An manchen Knotenpunkten kommt es aufgrund von eigenen Abbiegefahrestreifen teilweise zu Veränderungen im Querschnitt.

Bei einer von der Stadt Graz vorgeschriebenen Länge von 5,50 m je Längsstellplatz, verbleiben in Variante 1 ca. 137 Kfz-Stellplätze. Damit würde in etwa die Hälfte der Parkstände vom Bestand entfallen. Bei der ermittelten Länge aus dem Bestand von 5,15 m je Stellplatz würden sich zirka 146 Kfz-Parkstände ergeben. Für Radfahrer bietet Variante 1 für ca. 130 Fahrräder Platz zum Abstellen.

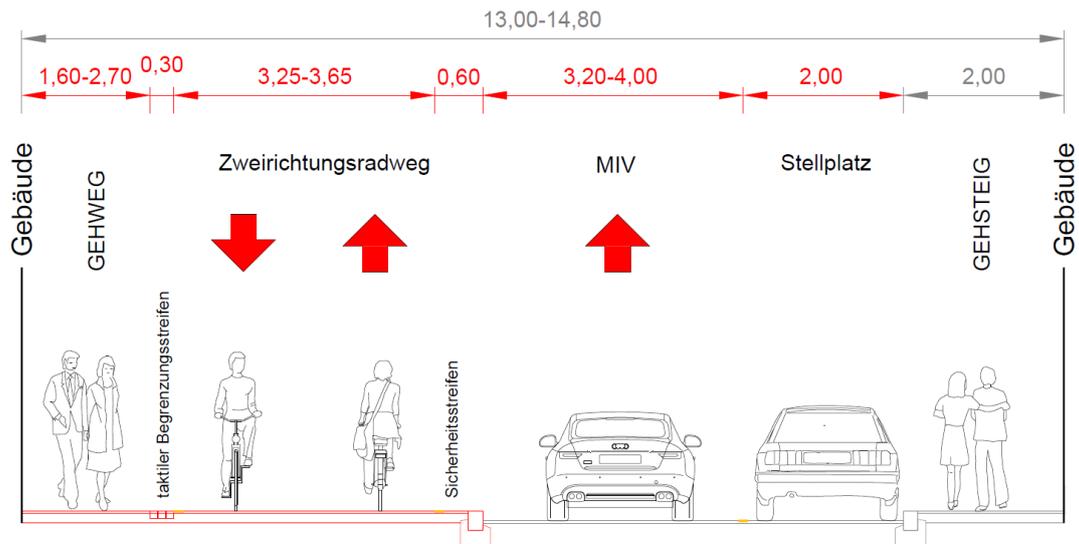


Abbildung 86: Regelquerschnitt der Variante 1 (Zweirichtungsradweg)
(rot = neu, grau = Bestand)

Am Knotenpunkt Glacisstraße kann der westlich gelegene Zweirichtungsradweg durch eine Überfahrt an die bereits bestehende Hauptradroute HR6 entlang des Stadtparks direkt angebunden werden. Der Bestandsradweg weist an dieser Stelle allerdings nur eine Breite von ca. 2,00 Metern auf. Durch den breiten Querschnitt in der Franz-Graf-Allee ist es möglich, einen eigenen zwei Meter breiten Radweg für eine Fahrtrichtung vorzusehen, um das zusätzliche Potenzial an Radfahrern aufnehmen zu können. Die Bus-Stellplätze für die Besucher der Oper verschieben sich dabei um die Breite des Radweges inklusive des ein Meter breiten Sicherheitsstreifens, der für ein sicheres Ein- und Aussteigen der Fahrgäste sorgt.

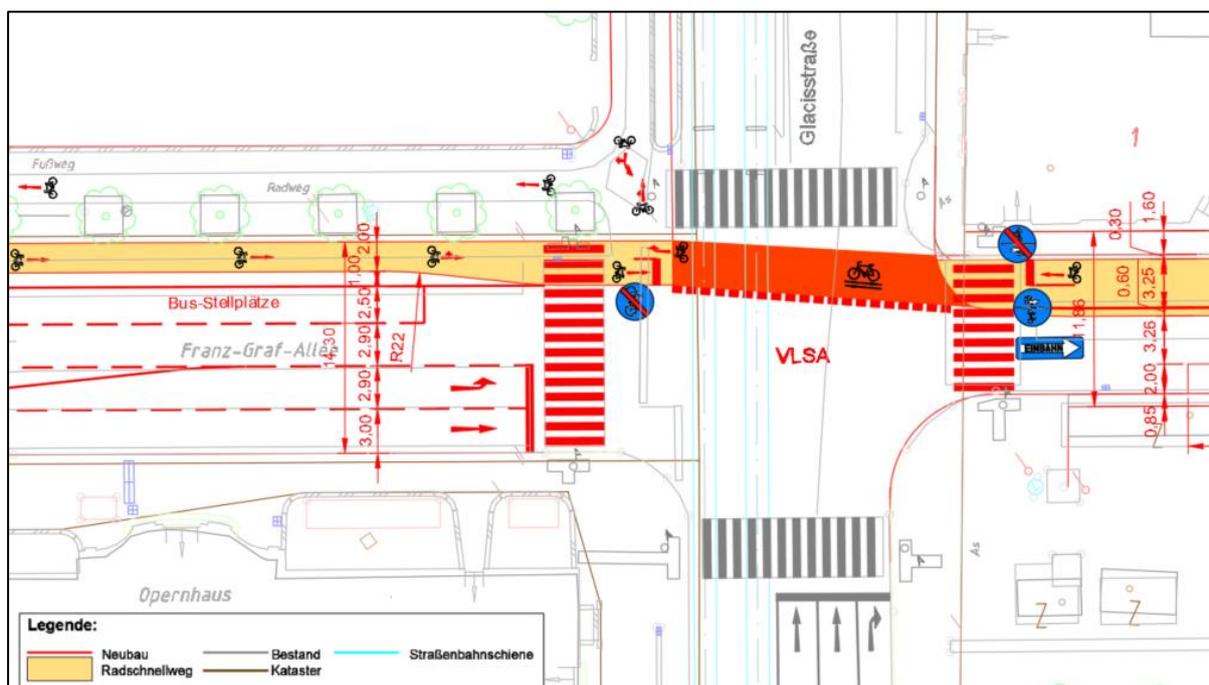


Abbildung 87: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 1

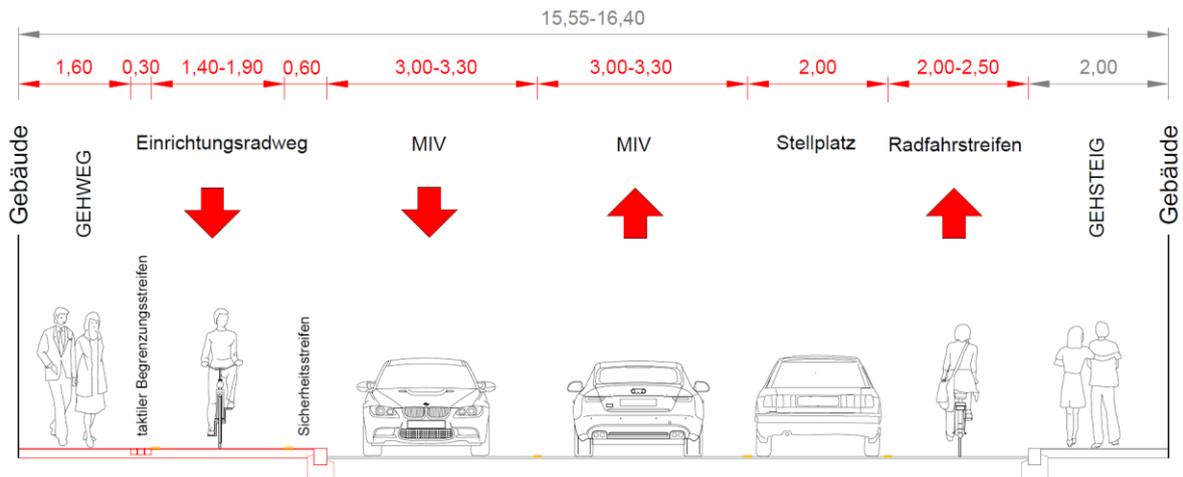


Abbildung 89: Regelquerprofil Waldendorfer Gürtel bis Moserhofgasse der Variante 1 (rot = neu, grau = Bestand)

Am Knotenpunkt Moserhofgasse kommt es durch die Aufteilung in zwei Einrichtungsradschwerg, wie zuvor erwähnt, zu einem sicheren und flüssigen Queren für den stadtauswärtsführenden Radschwerg. Diese bisher vorrangeregelt Kreuzung benötigt dafür jedoch eine VLSA, um diesen sicheren Verkehrsfluss zu garantieren. Der Radschwerg ist mit einem aufgeweiteten, vorgezogenen Radaufstellstreifen ausgestattet, um beim Warten an der VLSA für eine Entflechtung des Verkehrs zu sorgen. Bei Rot können die Radfahrer ungehindert die bereits stehenden Kraftfahrzeuge überholen und sich auf dem Aufstellstreifen positionieren. Der stadteinwärts fließende Radverkehr kann die Kreuzung ungehindert ohne Überfahrt passieren. Einzig auf mögliche Fußgänger muss Acht gegeben werden.

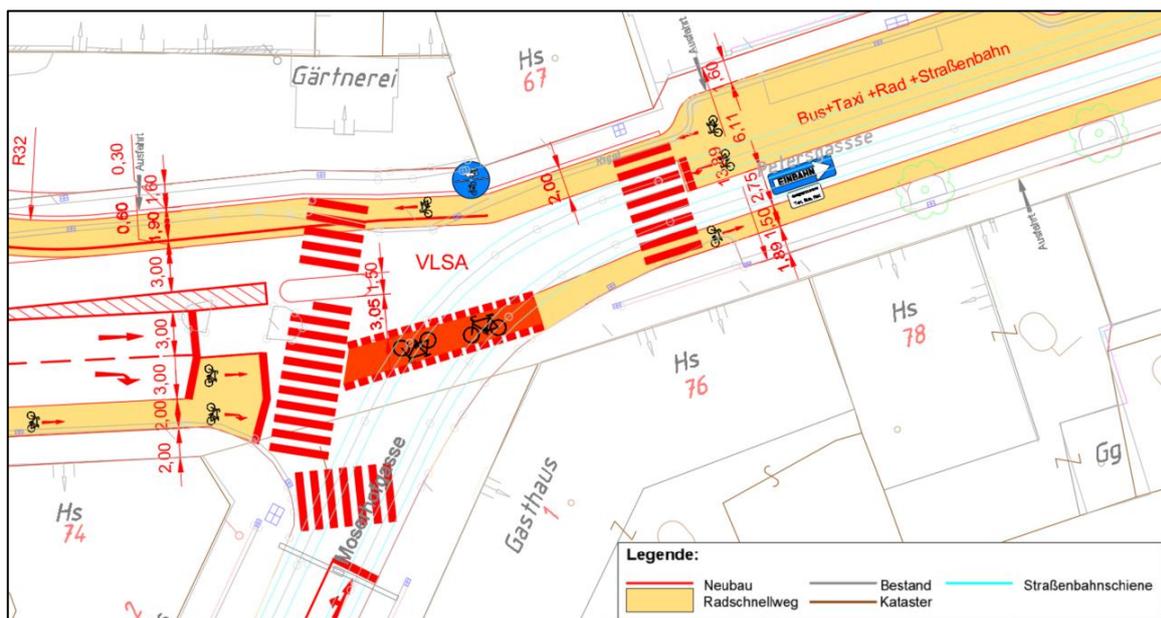


Abbildung 90: Überfahrt Moserhofgasse der Variante 1

Aufgrund der einmündenden Straßenbahn der Linie 6 und der gegebenen Querschnittsverhältnisse kommt es ab der Moserhofgasse erneut zu einer Veränderung der Führungsform, wie in Abbildung 91 ersichtlich. Der östliche Radfahrstreifen führt mit einer Breite zwischen 1,50 und 2,00 m an den bestehenden Stellplätzen und Gehsteigen vorbei. Für den mIV erfolgt stadtauswärts erneut eine Einbahnführung, auf der auch die Straßenbahn verkehrt. Der Fahrstreifen stadteinwärts ist nur für den öffentlichen Verkehr sowie für Radfahrer vorgesehen. Die Regelbreite beträgt ca. 3 Meter und erhöht sich in den Ausbuchtungen, in denen sich im Bestand Stellplätze befinden, auf bis zu 5,60 m. Diese Kfz-Stellplätze entfallen aufgrund der stadtauswärts führenden Einbahn, können jedoch für Fahrradabstellplätze genutzt werden. Ein eigener Radweg stadteinwärts ist in diesem Abschnitt wegen der vorhandenen Straßenbahnschienen nicht möglich. Eine Verlegung der Schienen kommt aus Kostengründen nicht in Betracht.

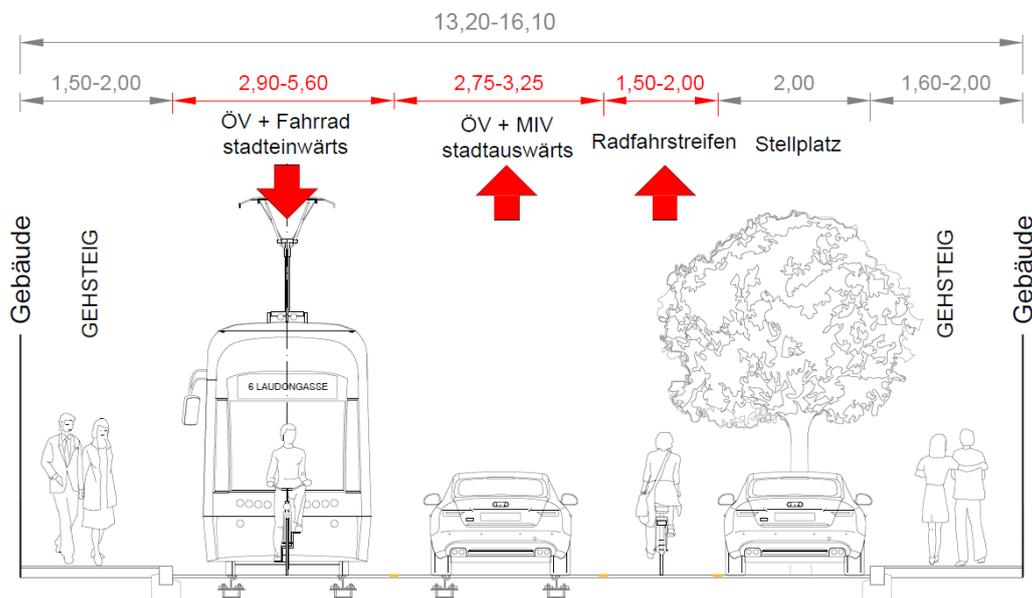


Abbildung 91: Regelquerschnitt ab der Moserhofgasse der Variante 1
(rot = neu, grau = Bestand)

Um die stadteinwärts befindliche Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* nicht verändern zu müssen und um die gegenüberliegende Zufahrt von beiden Richtungen zu ermöglichen, erfolgt davor eine VLSA-geregelte Überfahrt für den Radverkehr (siehe Abbildung 92). Der westliche, mit dem ÖV geteilte Radstreifen wechselt dabei die Straßenseite. Somit verläuft ab hier östlich ein Zweirichtungsradweg das restliche Stück bis zur Inffeldgasse. Ab der Überfahrt ist es für den mIV wieder gestattet in beide Richtungen zu verkehren.



Abbildung 92: Überfahrt vor der Haltestelle Schulzentrum St. Peter der Variante 1

Der Zweirichtungsradweg führt wie in Abbildung 93 ersichtlich hinter dem Wartehaus der gegenüberliegenden Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* vorbei und endet bei der Inffeldgasse. Von dort aus ist es möglich, über die Zufahrt der Technischen Universität Graz in der Inffeldgasse zum Bestandsradweg zu gelangen.

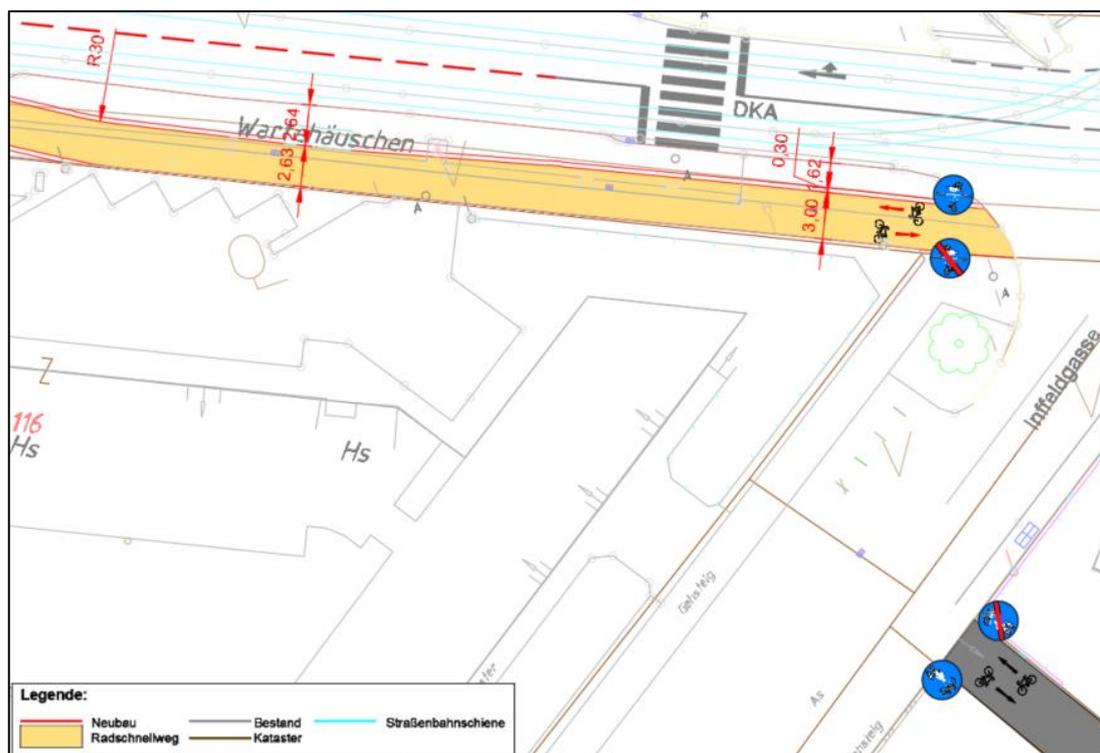


Abbildung 93: Anbindung Inffeldgasse der Variante 1

4.2 Variante 2 - gemischter Geh-& Radweg

Um für den mIV beide Fahrtrichtungen beibehalten zu können, erweist sich Variante 2 mit einem gemischten Geh- und Radweg als geeignete Lösung. Ein gemischter Geh- und Radweg wird hauptsächlich bei geringer Flächenverfügbarkeit eingesetzt und kann dabei als Zwei- und Einrichtungsradweg geführt werden. Im Schweizer Handbuch zählt diese Form jedoch aufgrund des Konfliktpotenzials mit den Fußgängern und den somit verbundenen Einschränkungen in der Reisegeschwindigkeit und Verkehrssicherheit nur zur Führungsart 2. Qualität. Um dieses Konfliktpotenzial etwas zu reduzieren wird in Variante 2 der gemischte Geh- und Radweg als Einrichtungsradweg für beide Fahrtrichtungen betrachtet. Die Regelbreite abzüglich des 0,60 m Sicherheitsstreifens beträgt dabei 3 m. An Engstellen verschmälert sich der gemischte Geh- und Radweg auf bis zu 2,40 m. Die beiden mIV-Fahrstreifen weisen eine Breite von 2,65 bis 3,50 m auf. Nachteilig wirkt sich bei dieser Variante der Entfall von nahezu allen Parkständen aus. Lediglich 60 Kfz-Stellplätze sowie 50 Stellplätze für Fahrräder würden zur Verfügung stehen.

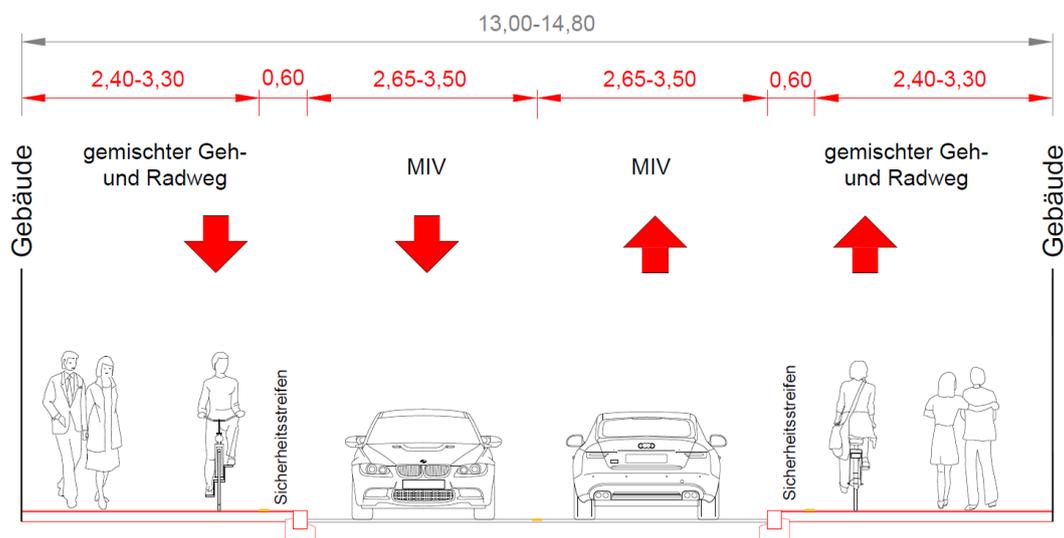


Abbildung 94: Regelquerprofil der Variante 2 (gemischter Geh- und Radweg)
(rot = neu, grau = Bestand)

Der stadteinwärts führende Radschnellweg bindet, wie der Zweirichtungsradweg von Variante 1 in die Hauptradroute HR6 ein (Abbildung 95). Um von der HR6 auf die Radverkehrsachse zu gelangen, muss zuerst die Franz-Graf-Allee und anschließend die Glacisstraße überquert werden. Aufgrund der zunächst geringen Breite von ca. 12,00 Metern verläuft die stadtauswärts verlaufende Seite entlang des Kaiser-Josef-Platzes als 1,50 m breiter Radfahrstreifen. Ab der Schlögelgasse befindet sich beidseitig ein gemischter Geh- und Radweg.

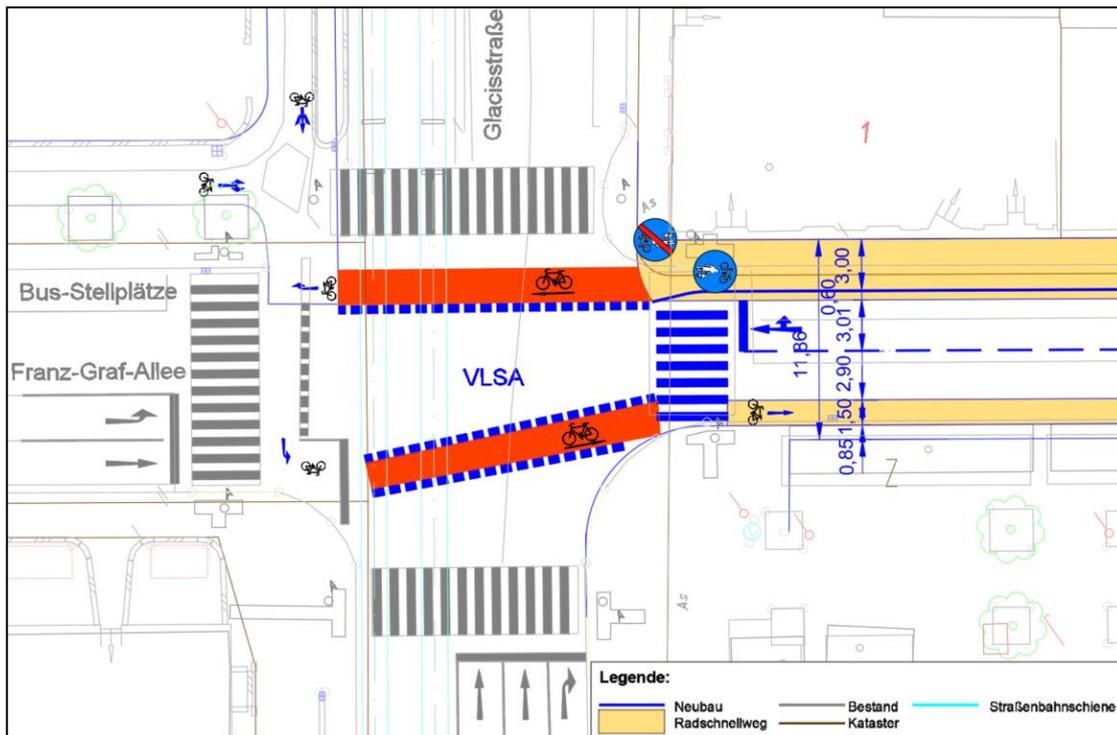


Abbildung 95: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 2

Im Gegensatz zu Variante 1 bleibt am Knotenpunkt Waltendorfer Gürtel die Führungsform der Radschnellverbindung unverändert. Durch den größeren Querschnitt von über 16 Metern sind hier die ersten Längstellplätze möglich.

Die Überfahrt am Knotenpunkt Moserhofgasse erfolgt ident zu Variante 1. Die bisher vorrangeregelt Kreuzung wird ebenfalls durch eine neue VLSA gesichert. Der stadtauswärts führende Radweg verläuft ab diesem Knotenpunkt als Radfahrstreifen, da die vorhandenen Bäume für einen breiteren Geh- und Radweg gefällt werden müssten. Für die Gegenrichtung bleibt unverändert ein gemischter Geh- und Radweg, der an den Engstellen allerdings eine Breite von nur knapp über 2 Metern aufweist. An den Ausbuchtungen verbreitert sich der Geh- und Radweg auf bis zu 4 Meter. Durch diese Führungsform ist zwar ein beidseitiger Verkehr für den mIV sichergestellt, jedoch nur mit einer Fahrstreifenbreite von ca. 2,70 m.

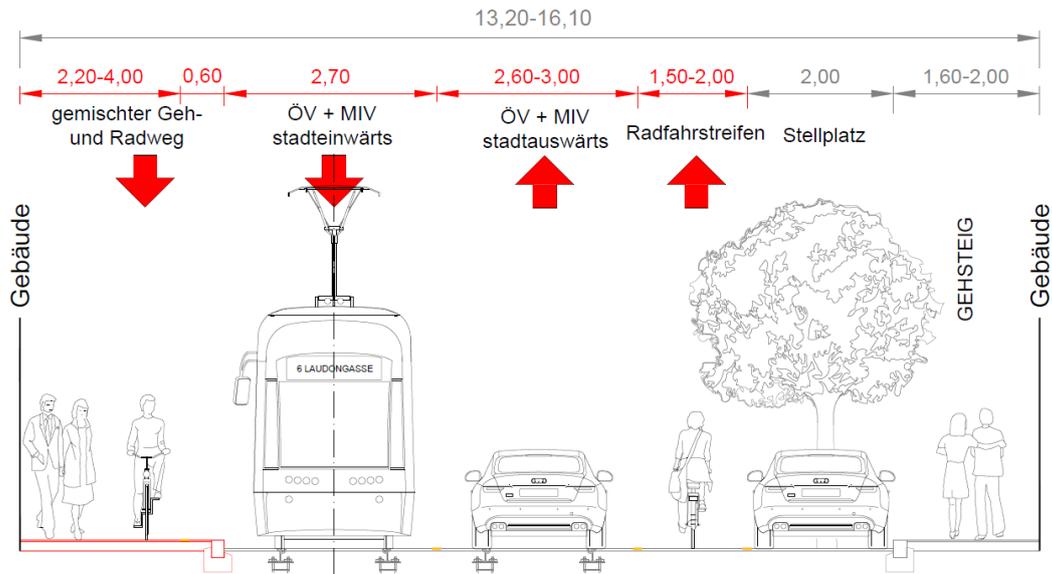


Abbildung 96: Regelquerprofil ab der Moserhofgasse der Variante 2 (rot = neu, grau = Bestand)

Vor der Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* erfolgt ebenfalls ein Wechsel auf einen Zweirichtungsradweg, um von beiden Richtungen zum Bestandsradweg in der Inffeldgasse zu gelangen. Der Radweg führt dabei an der Haltestelle hinter dem Wartehaus vorbei.

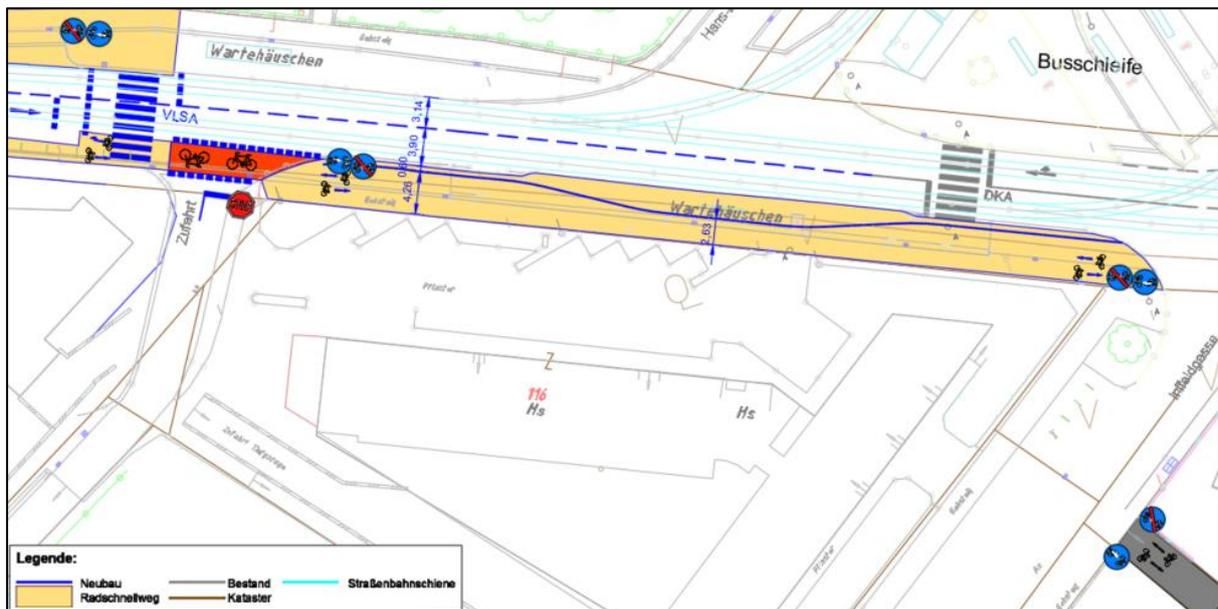


Abbildung 97: Anbindung der Inffeldgasse der Variante 2

4.3 Variante 3 – Einrichtungs-Radfahrstreifen

Der Einrichtungsradweg zählt in den internationalen Empfehlungen gemeinsam neben dem Zweirichtungsradweg zu den Hauptführungsformen von Radschnellverbindungen. Um einen sicheren Verkehrsfluss zu garantieren, sollten Breiten zwischen 2,00 und 3,00 m eingehalten werden. Der Einrichtungsradweg wird baulich von der Kfz-Fahrbahn abgegrenzt. Erfolgt die Trennung zur restlichen Fahrbahn lediglich durch eine Bodenmarkierung, spricht man von einem Einrichtungs-Radfahrstreifen. Da Radfahrstreifen ohnehin nur im Einrichtungsverkehr zulässig sind, genügt dieser als Definition. Im Schweizer Handbuch zählt ein Radfahrstreifen zur Führungsart 2. Qualität. Aufgrund des geringeren Platzbedarfs gegenüber einer baulichen Trennung wird die betrachtete Variante als Radfahrstreifen untersucht. Dabei sind Breiten zwischen 2,00 und 2,80 m realisierbar. In den Wiener Qualitätskriterien werden Einrichtungsradwege bzw. Radfahrstreifen ab einer Breite von zwei Metern als „ausgezeichnete Qualität“ deklariert. Zugunsten der beiden Radstreifen entfallen wie bereits in Variante 1 ein mIV-Fahrstreifen sowie die daneben liegenden Parkstände. Somit erfolgt hier ebenfalls stadtauswärts eine Einbahnführung über einen 2,95 bis 3,50 m breiten Fahrstreifen. Um Radfahrer nicht mit parkenden Kraftfahrzeugen zu behindern, werden die 2 Meter breiten Stellplätze zwischen mIV-Fahrstreifen und Radfahrstreifen angeordnet. Damit vor Knotenpunkten und Ausfahrten eine ausreichende Übersicht gegeben ist, enden die Längsparkstreifen vorzeitig. Radfahrer verkehren dadurch wieder direkt neben dem mIV-Fahrstreifen und können nicht von parkenden Autos verdeckt werden. Ähnlich zu Variante 1 reduzieren sich die Kfz-Parkstände mit 134 Stück auf ca. die Hälfte des Bestandes. Für Radfahrer bietet Variante 3 für ca. 130 Fahrräder Platz zum Abstellen.

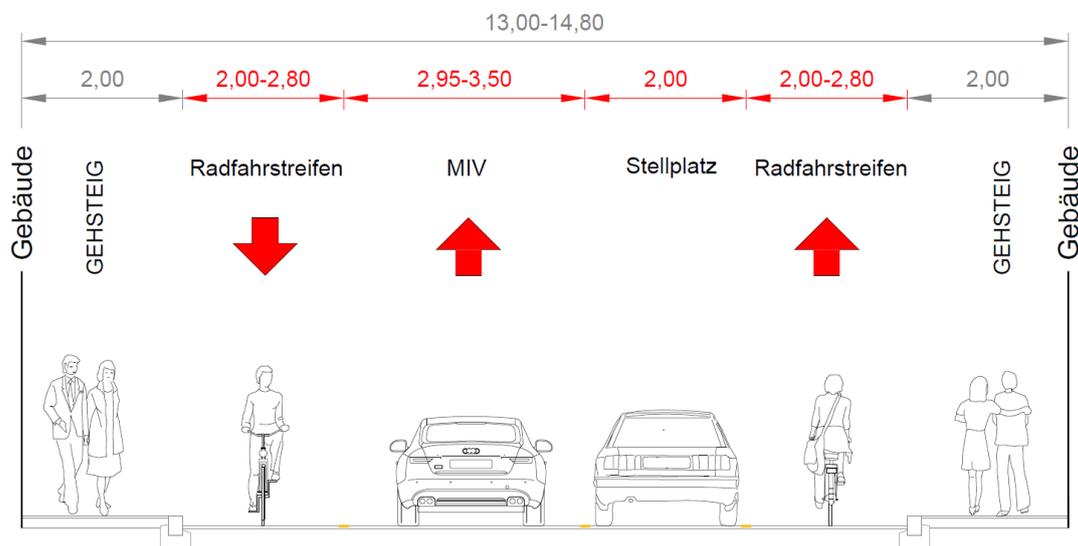


Abbildung 98: Regelquerprofil der Variante 3 (Einrichtungs-Radfahrstreifen)
(rot = neu, grau = Bestand)

Am Knoten Glacisstraße bindet der stadteinwärts führende Radfahrstreifen direkt in die bestehende Hauptradroute HR6 an. Durch den breiten Querschnitt in der Franz-Graf-Allee ist bereits dort ein Radfahrstreifen möglich. Ein aufgeweiteter, vorgezogener Radaufstellstreifen sorgt für eine Entflechtung des Verkehrs und ein sicheres Überqueren der Glacisstraße. Die Bus-Stellplätze vor der Oper bleiben wie im Bestand vorhanden.

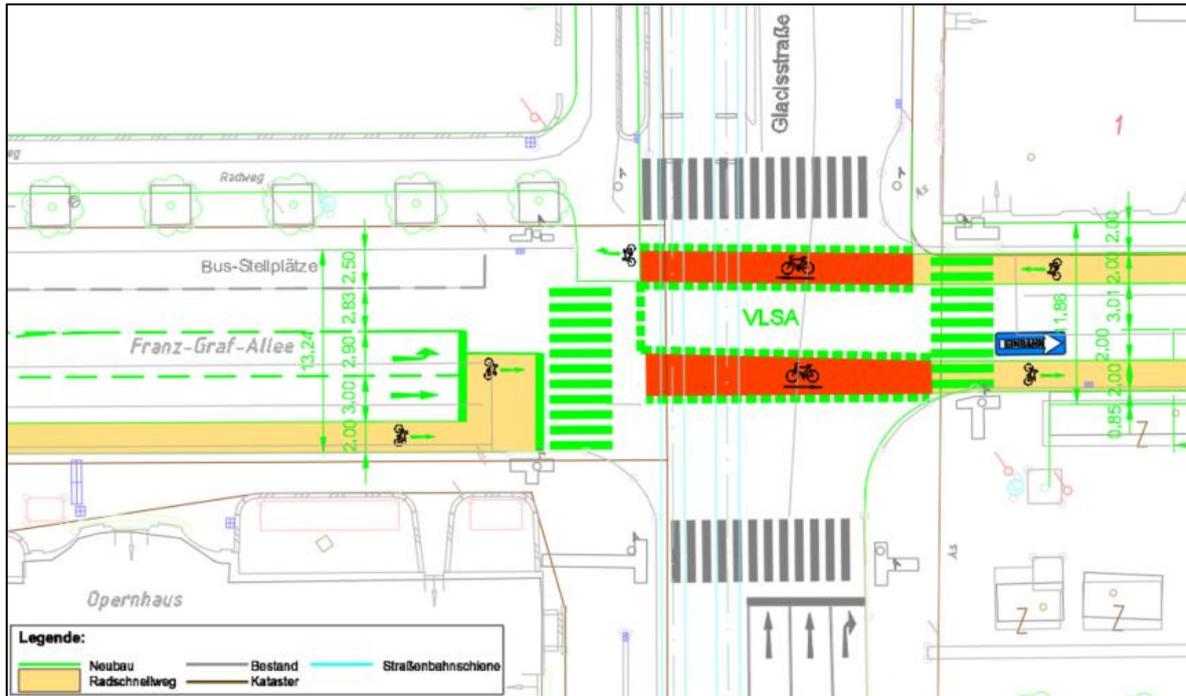


Abbildung 99: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 3

Ab dem Waltendorfer Gürtel ist es durch den breiteren Querschnitt möglich, den mIV wieder in beide Richtungen zu führen. Die Überfahrt am Knotenpunkt Moserhofgasse erfolgt ident zu Variante 1 über einen aufgeweiteten, vorgezogenen Radaufstellstreifen. Aufgrund der begrenzten Möglichkeiten durch die Straßenbahnschienen gleicht der Querschnitt ab der Moserhofgasse jenem von Variante 1. Stadtauswärts verläuft ein Radfahrstreifen neben den bestehenden Längsparkstreifen, stadteinwärts teilt sich der öffentliche Verkehr mit den Radfahrern den Fahrstreifen. Somit gilt stadtauswärts für den mIV wieder eine Einbahnführung. Vor der Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* verläuft die Radschnellverbindung zu einem Zweirichtungsradweg zusammen und endet in der Inffeldgasse.

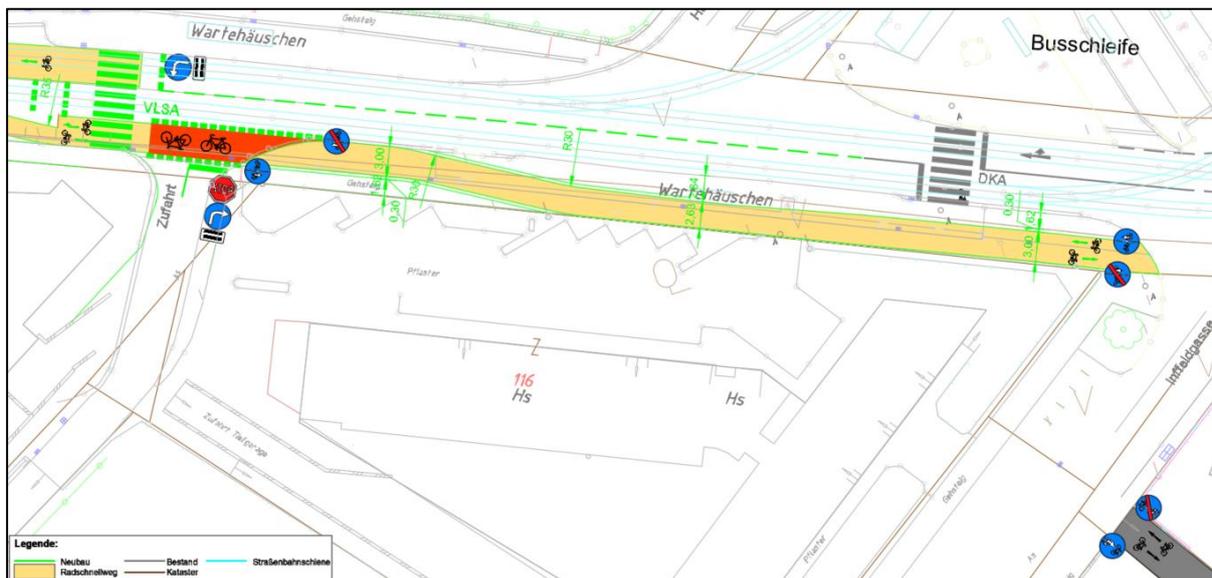


Abbildung 100: Anbindung der Inffeldgasse der Variante 3

4.4 Variante 4 - Fahrradstraße

In dicht bebauten Siedlungsgebieten mit geringen Platzverhältnissen können Radschnellverbindungen als Fahrradstraße geführt werden. In einer Fahrradstraße dürfen Radfahrer nebeneinander fahren, ohne den mIV dabei mutwillig zu behindern. Für den mIV ist mit einer Geschwindigkeitsbeschränkung von 30 km/h ein Zu- und Abfahren gestattet [Amt der Vorarlberger Landesregierung, 2017].

In Variante 4 wird die untersuchte Route von der Glacisstraße bis zum Waltendorfer Gürtel als Fahrradstraße geführt. Abzüglich des Sicherheitsabstandes zu den parkenden Kraftfahrzeugen sind dabei Breiten zwischen 4,25 und 6,80 m möglich. Das entspricht der in Deutschland empfohlenen Breite von mehr als 4 Metern. Die Fahrradstraße erweist sich durch geringe erforderliche Umbaumaßnahmen als kostengünstige Variante. Die beidseitig liegenden Gehsteige und Stellplätze können wie im Bestand genützt werden. Mit 245 Kfz-Stellplätzen können nahezu alle Parkstände aus dem Bestand erhalten werden. Mit Platz für ca. 180 Fahrräder erhöht sich für Radfahrer zudem die Kapazität der Stellplätze. Zusätzlich ist eine Begrünung entlang der Fahrradstraße möglich.

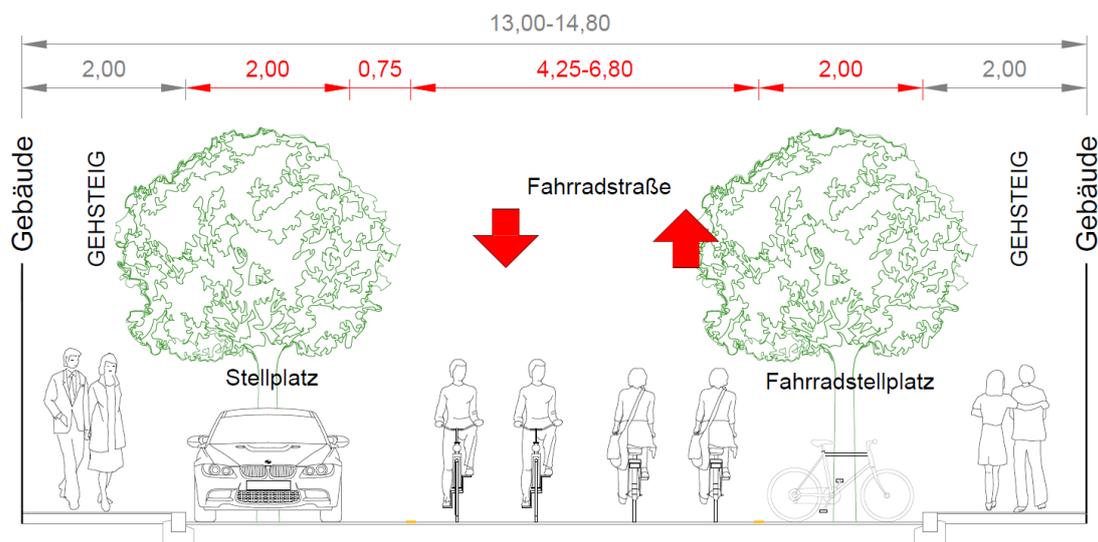


Abbildung 101: Regelquerprofil der Variante 4 (Fahrradstraße)
(rot = neu, grau = Bestand)

Während für Radfahrer ein Zweirichtungsverkehr möglich ist, gilt für den mIV eine Einbahnführung. Damit nur Anrainer einfahren und ein Durchgangsverkehr von der Glacisstraße bis zum Waltendorfer Gürtel vermieden wird, ändert sich abwechselnd die Richtung der Einbahn. Zunächst erfolgt die Einbahn für den mIV von der Sparbersbachgasse bis zur Glacisstraße stadteinwärts. Von der Sparbersbachgasse wird der mIV bis zur Steyrergasse stadtauswärts geführt. Vom Waltendorfer Gürtel wird bis zur Steyrergasse erneut eine Einbahn stadteinwärts angeordnet. Für Anrainer bewirkt die Fahrradstraße eine verkehrsberuhigende Maßnahme. Nachteilig wirkt sich jedoch die Verlagerung des Durchgangsverkehrs auf die vielbefahrenen Parallelstraßen in der Plüddemanngasse, Münzgrabenstraße und Conrad-von-Hötendorf-Straße aus.

Die Anbindung in die Franz-Graf-Allee erfolgt ident zu Variante 2. Stadteinwärts gelangt man über eine Überfahrt direkt zu der Hauptradroute 6. Damit man von der HR6 die Fahrradstraße erreicht, überquert man zuerst die Bestandsradüberfahrt der Franz-Graf-Allee und stellt sich auf, um in der

nächsten Grünphase die Glacisstraße zu passieren. Aufgrund der in der Fahrradstraße zunächst stadteinwärts geltenden Einbahn für den mIV, ist von der Franz-Graf-Allee kommend nur mehr ein Linksabbiegen in die Glacisstraße möglich. Von der Glacisstraße kommend ist nur mehr ein Geradeausfahren gestattet. Um den öffentlichen Verkehr nicht zu kreuzen, ist wie bereits im Bestand ein Linksabbiegen in die Franz-Graf-Allee nicht erlaubt. Der Beginn der Fahrradstraße wird mit dem Hinweiszeichen *Fahrradstraße* und einem großen Fahrradpiktogramm auf der Straßenoberfläche gekennzeichnet.

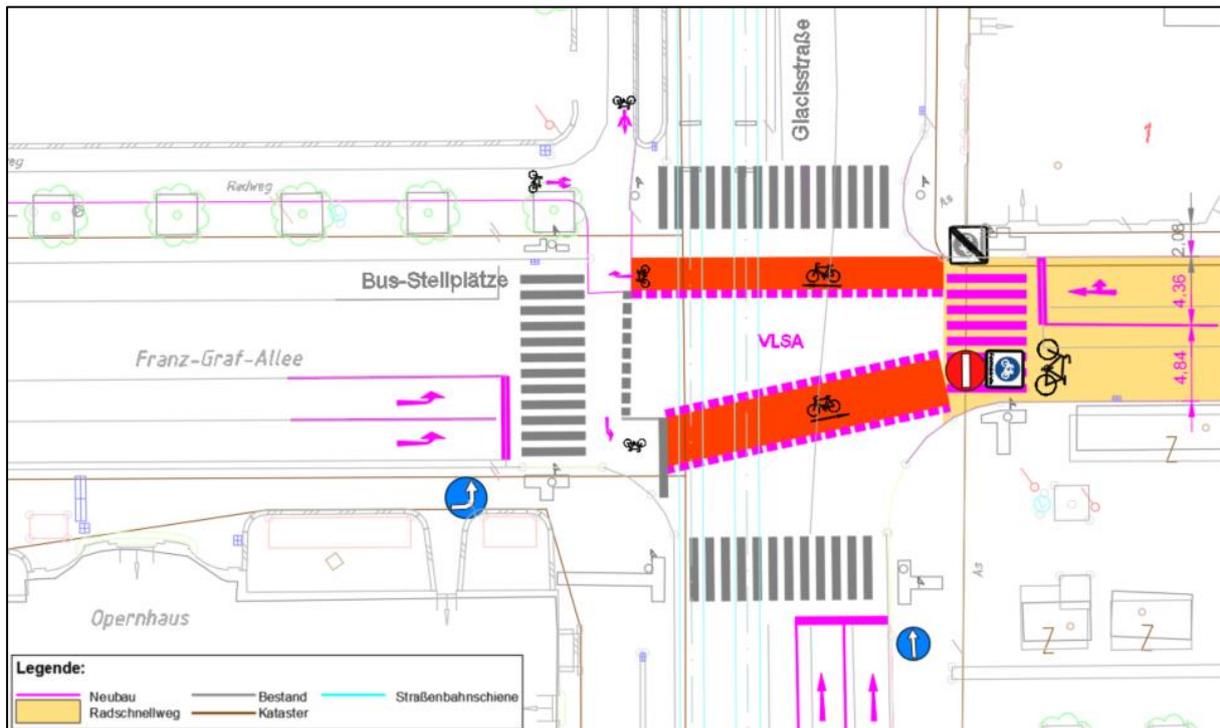


Abbildung 102: Anbindung Franz-Graf-Allee der Variante 4

Wie bereits erwähnt wechselt die Richtung der Einbahn in der Sparbersbachgasse und Steyrergasse, um den Durchgangsverkehr zu verhindern. Abbildung 103 zeigt den Knotenpunkt Sparbersbachgasse. Von der Sparbersbachgasse kommend ist es möglich in beide Richtungen der Mandellstraße einzufahren. Der Beginn der Fahrradstraße wird erneut mit Hinweiszeichen und Fahrradpiktogrammen verdeutlicht.

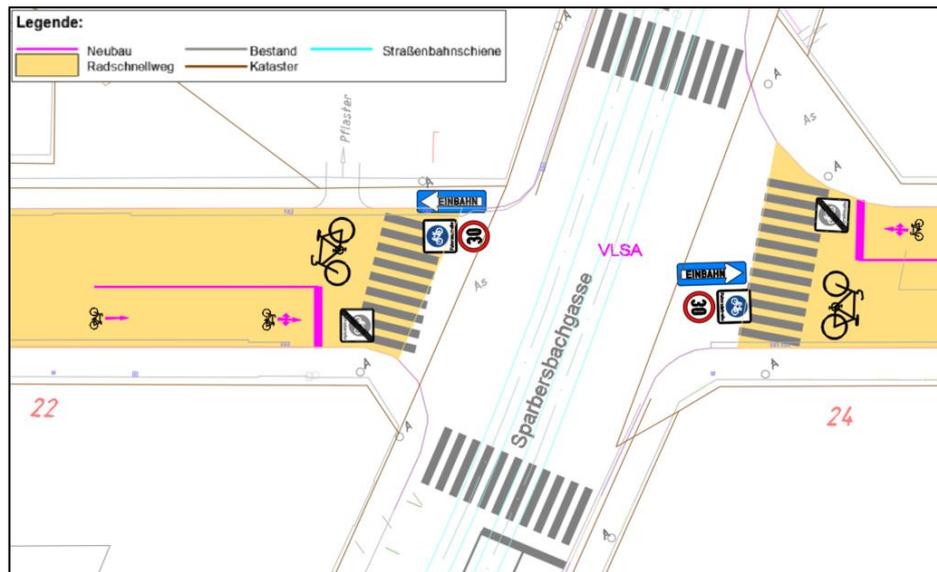


Abbildung 103: Richtungswechsel der Einbahn in der Sparbersbachgasse

Aufgrund des breiten Querschnitts endet ab dem Waltendorfer Gürtel die Fahrradstraße. Ab diesem Knotenpunkt führt die Radschnellverbindung wie in Variante 3 über zwei Radfahrstreifen in die neu VLSA-geregelte Moserhofgasse. Für den mIV ist wieder ein beidseitiger Verkehr gestattet.

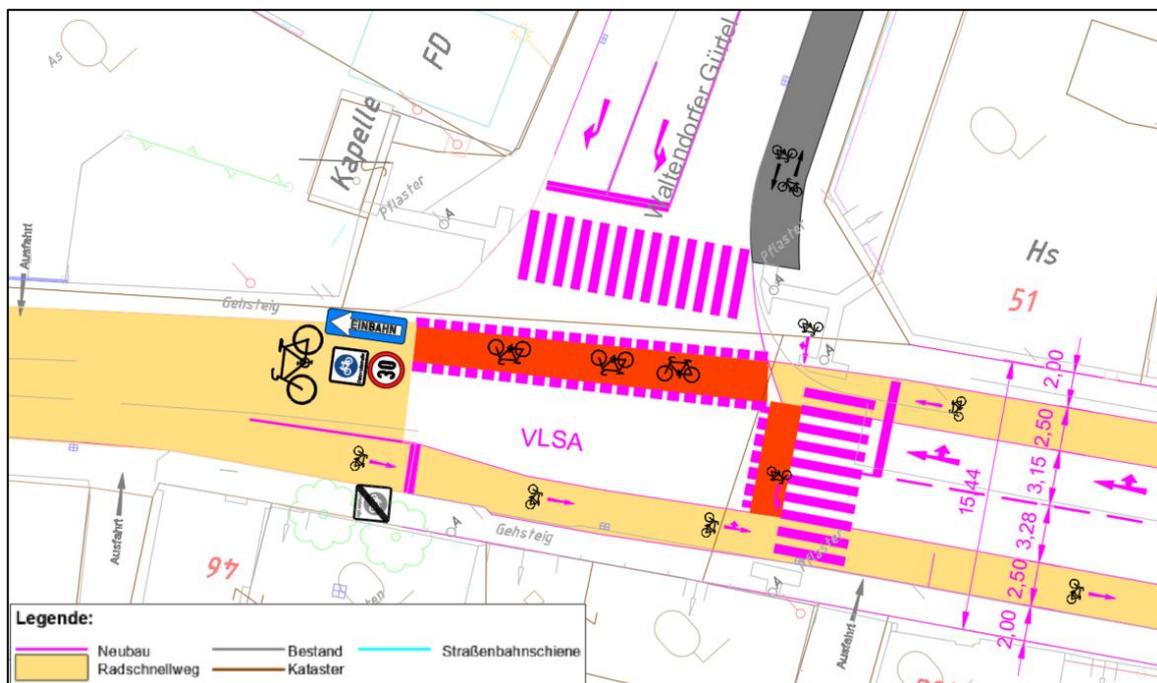


Abbildung 104: Ende der Fahrradstraße ab dem Waltendorfer Gürtel

Ab der Moserhofgasse verläuft die Radverkehrsachse ident zu den Varianten 1 und 3 bis zur Inffeldgasse (siehe Abbildung 91, Abbildung 92 & Abbildung 93). Für den mIV ist erneut eine stadtauswärts gerichtete Einbahn vorgesehen.

5 Variantenvergleich und – auswahl

5.1 Allgemein

In diesem Kapitel werden nun die vier zuvor vorgestellten Varianten miteinander verglichen und gegenübergestellt. Dabei gilt es die Vor- und Nachteile herauszuarbeiten und abzuwägen, um für die Radverkehrsachse von der Oper bis zum Schulzentrum St. Peter die bestmögliche Führungsform auszuwählen. Tabelle 17 gibt eine Übersicht über die Pros und Contras der vier Varianten, die anschließend im Detail erläutert werden.

Tabelle 17: Vor- und Nachteile der untersuchten Varianten

Indikator	V1 Zweirichtungsradw.	V2 gemischt. Geh-Radw.	V3 Radfahrstreifen	V4 Fahrradstraße
Breite Radschnellverbindung	+	~	+	+
Verkehrsfluss Radschnellverbindung	+	-	+	+
Rad-Stellplätze	+	-	+	+
Anbindung an bestehende Radinfra.	+	~	~	~
mIV-Stellplätze	~	-	~	+
Breite mIV Fahrstreifen	+	~	~	+
Zweirichtungsverkehr für mIV	-	+	-	-
mIV-Verlagerung	~	+	~	-
Verkehrssicherheit	~	~	~	+
baulicher Aufwand	~	-	+	+
Knotenpunktgestaltung	+	~	~	+
Verkehrsberuhigung	+	-	+	+

5.1.1 Variante 1

Variante 1 zeichnet sich als Zweirichtungsradweg durch eine 3,25 m breite Fahrbahn aus, die baulich durch einen Trennstreifen vom Fußgängerverkehr abgegrenzt wird. Das ermöglicht einen guten Verkehrsfluss, höhere Reisegeschwindigkeiten sowie ein sicheres Überholen. Durch den Zweirichtungsverkehr kann ein bestehender, einmündender Radweg direkt von beiden Fahrtrichtungen befahren werden, während beim getrennten Einrichtungsverkehr eine zusätzliche Anbindung für die gegenüberliegende Straßenseite erforderlich wäre. Somit können alle Bestandsradwege entlang der Radschnellverbindung direkt und einfach an den Zweirichtungsradweg angebunden und als Zu- und Abfahrt genutzt werden. Dieses Prinzip lässt sich mit einer Autobahn vergleichen. Zudem ist an Knotenpunkten für den Zweirichtungsradweg nur auf einer Straßenseite eine Überfahrt nötig. An T-Kreuzungen, bei denen der Zweirichtungsradweg auf der gegenüberliegenden Seite der einmündenden Straße verläuft, kann der Radverkehr ungehindert, ohne Überfahrt, den Knotenpunkt passieren. Diese Situation tritt z.B. bei der Steyregasse auf und sorgt für geringere Verzögerungen.

Zugunsten des Zweirichtungsradweges entfallen in Variante 1 ein mIV-Fahrstreifen sowie ca. die Hälfte der Kfz-Stellplätze. Durch die stadtauswärts geführte Einbahn, mit einer Breite von ca. 3,20 m, verlagert sich der stadteinwärts-fließende mIV auf die bereits vielbefahrenen Parallelstraßen Plüddemanngasse, Münzgrabenstraße und Conrad-von-Hötzendorf-Straße. Für Anrainer wirkt sich die neu angeordnete Einbahn durch die daraus resultierende Verkehrsberuhigung positiv aus. Der Zweirichtungsradweg wird auf einem höheren Niveau als der mIV-Fahrstreifen geführt und durch eine Randleiste baulich getrennt. Dies sorgt für mehr Sicherheit, allerdings auf Kosten eines erhöhten

baulichen Aufwands. Für Radabstellplätze bietet Variante 1 genügend Platz. Auf häufig befahrene Ausfahrten und einmündenden untergeordneten Straßen muss bei Zweirichtungsradwege besonders geachtet werden, um Unfälle bei den Überfahrten zu vermeiden. Der querende mIV muss dabei Rücksicht auf Radfahrer von beiden Richtungen geben. Um auf diese Gefahrenstellen aufmerksam zu machen, ist die Überfahrt durch Rampen zu erhöhen oder farblich zu markieren.

5.1.2 Variante 2

Während in Variante 1 ein Fahrstreifen entfällt, ist in Variante 2 weiterhin ein Zweirichtungsverkehr für den mIV möglich. Dadurch kann der mIV unverändert von beiden Richtungen durch die Mandellstraße und Petersgasse geführt werden, ohne sich auf die Parallelstraßen aufzuteilen. Ein gemischter Geh- und Radweg ermöglicht durch die geringeren Abmessungen einen zweiten Fahrstreifen für den mIV, jedoch nahezu auf Kosten der gesamten Stellplätze. An Engstellen sind die beiden Fahrstreifen zudem mit Breiten von 2,70 m sehr schmal dimensioniert. Der gemischte Geh- und Radweg wird als Einrichtungsradweg mit einer Regelbreite von 3,00 m geführt und wie in Variante 1 für eine erhöhte Sicherheit baulich von den mIV-Fahrstreifen getrennt. Wie zuvor beschrieben wirkt sich der Einrichtungsradweg bei den Anbindungen der bestehenden Radinfrastruktur negativ aus. Für beide Straßenseiten muss jeweils eine eigene Anbindung erfolgen. An einmündenden untergeordneten Straßen und häufig befahrenen Zufahrten bietet Variante 2 bei den Überfahrten durch den Einrichtungsverkehr jedoch eine erhöhte Verkehrssicherheit. Als größter Nachteil erweist sich beim gemischten Geh- und Radweg das Konfliktpotenzial mit den Fußgängern, das Einschränkungen in der Reisegeschwindigkeit und der Verkehrssicherheit zur Folge hat. Neben dem Entfall von fast allen Kfz-Parkständen stehen für Anrainer auch weniger Radabstellplätze zur Verfügung.

5.1.3 Variante 3

Variante 3 kann als Mischform von den Varianten 1 und 2 betrachtet werden. Ähnlich zu Variante 2 erfolgt über Radfahrstreifen ein beidseitiger Einrichtungsverkehr. Dabei sind Breiten zwischen 2,00 und 2,80 m je Fahrtrichtung vorgesehen, das einen guten Verkehrsfluss und ein sicheres Überholen der Radfahrer ermöglicht. Die Radfahrstreifen werden nicht baulich, sondern lediglich über Bodenmarkierungen von der Fahrbahn des mIV getrennt. Auf der anderen Seite schließen die Radfahrstreifen direkt an den bestehenden Gehsteig an. Als großer Vorteil erweisen sich zweifelsfrei die geringen baulichen Maßnahmen, die zur Umsetzung dieser Variante notwendig sind. Für die beiden Radfahrstreifen sind hauptsächlich neue Bodenmarkierungen erforderlich. Allerdings zählen Radfahrstreifen im Schweizer Handbuch aufgrund der fehlenden physischen Trennung zur Kfz-Fahrbahn nur zur Führungsart 2. Qualität. Nachteilig wirkt sich wie schon in Variante 2 die Situation bei der Anbindung der bestehenden Radinfrastruktur aus. Durch die getrennte Führung müssen bestehende Radwege jeweils für beide Fahrtrichtungen angebonden werden. Ident zu Variante 1 entfallen für die Radschnellverbindung ein Fahrstreifen, sowie in etwa die Hälfte der Kfz-Stellplätze. Damit gilt hier ebenfalls eine stadtauswärts geführte Einbahn für den mIV, das Verlagerungen in die Plüddemanngasse und Münzgrabenstraße zur Folge hat. Anrainer profitieren von einer Verkehrsberuhigung sowie einer erhöhten Anzahl von Radabstellplätzen. Wie schon in Variante 2 wird durch den Einrichtungsverkehr an einmündenden untergeordneten Straßen und häufig befahrenen Zufahrten bei den Überfahrten eine höhere Verkehrssicherheit bewirkt.

5.1.4 Variante 4

Die Fahrradstraße in Variante 4 bringt vor allem in dicht bebauten Siedlungsgebieten einige Vorteile mit sich. Für den Radverkehr ist keine eigene Infrastruktur notwendig. Die Radfahrer teilen sich mit dem mIV die vorhandene Fahrbahn mit einer Breite zwischen 4,25 und 6,80 m. Dadurch bedarf es wie in Variante 3 kaum baulicher Maßnahmen. Die Anzahl der Kfz-Parkstände können annähernd wie im Bestand erhalten werden. Zudem erhöht sich die Kapazität der Radabstellplätze. An Knotenpunkten sind aufgrund der gemeinsamen Führung von Radfahrern und mIV keine getrennten Überfahrten erforderlich, wodurch eine übersichtlichere Knotenpunktsgestaltung ermöglicht wird. Die bestehenden Radwege entlang der Radverkehrsachse können wie im Bestand einmünden. Jedoch muss von der gegenüberliegenden Straßenseite kommend die Fahrbahn überquert werden, um zum Bestandsradweg zu gelangen.

Eine angeordnete Fahrradstraße hat für den mIV allerdings eine erhebliche Beeinträchtigung zur Folge. Gemäß dem niederländischen Handbuch sollte in einer Fahrradstraße eine Verkehrsstärke von 200 Kfz pro Stunde nicht überschritten werden, um für den Radverkehr einen ausreichenden Verkehrsfluss zu garantieren. Eine Zählung hat für diese Route jedoch 1000 Kfz/h in der Spitzenstunde ergeben. Dadurch muss ein Großteil des Verkehrs in die bereits viel befahrenen Parallelstraßen Plüddemangasse, Münzgrabenstraße und Conrad-von-Hötzendorf-Straße umgeleitet werden. In der Fahrradstraße ist durch wechselnde Einbahnrichtungen für den mIV nur mehr ein Zu- und Abfahren möglich. Für Anrainer bedeutet das eine noch größere Verkehrsberuhigung, als in den Varianten 1 und 3. Eine Begrünung verdeutlicht zusätzlich die Verkehrsberuhigung in der Fahrradstraße. Am Waltendorfer Gürtel endet die Fahrradstraße und Variante 4 gleicht ab diesem Knotenpunkt Variante 3.

5.2 Nutzwertanalyse

Um die Varianten miteinander quantitativ vergleichen zu können, kann eine Nutzwertanalyse durchgeführt werden. Eine Nutzwertanalyse ist ein subjektives Planungsinstrument, das zur Entscheidungsfindung von mehreren Alternativen angewendet wird. Zunächst werden Kriterien bzw. Indikatoren festgelegt, die für das Erreichen eines Ziels von Bedeutung sind. Diese werden je nach Bedeutung mit einem Prozentsatz gewichtet. Die Summe der Gewichtungen muss 1,0 bzw. 100 % ergeben. Anschließend wird für jeden Indikator eine Funktion bzw. Skala bestimmt. Dadurch werden alle Indikatorwerte auf Zielerreichungsgrade normiert und sind untereinander vergleichbar. Der Zielerreichungsgrad (ZEG) liegt dabei zwischen einem Wert von 0 und 100 % und gibt an, wie sehr der dazugehörige Indikator von der jeweiligen Alternative positiv bzw. negativ erfüllt wird. Multipliziert man die Gewichtung eines Indikators mit dem Zielerreichungsgrad der Alternative, erhält man einen Teilnutzwert (TNW). Die Summe aller Teilnutzwerte einer Alternative ergibt den Gesamtnutzwert. Der Gesamtnutzwert macht die Varianten miteinander vergleichbar. Die Alternative mit der höchsten Summe ist dabei grundsätzlich zu bevorzugen. Im Optimalfall kann eine Variante in der Nutzwertanalyse 100 Punkte erreichen.

Für die Nutzwertanalyse der Radverkehrsachse werden neun wesentliche Indikatoren bestimmt, die sich dabei in drei Gruppen einteilen lassen. Jeweils drei Indikatoren sind für den Radverkehr und dem mIV von Bedeutung. Die übrigen drei sind für beide Zielgruppen relevant. Für jede Variante wird zu jedem Indikator ein Zielerreichungswert ermittelt. Tabelle 18 gibt einen Überblick der neun Indikatoren mit den entsprechenden Zielerreichungsgraden der jeweiligen Variante.

Tabelle 18: Indikatoren mit dem dazugehörigen Zielerreichungsgrad der jeweiligen Variante

bedeutend für	Indikator	ZEG V1	ZEG V2	ZEG V3	ZEG V4
Radverkehr	Qualität der Radschnellverbindung	90	60	100	100
	Anzahl Rad-Stellplätze	100	30	100	100
	Anbindung an bestehende Radinfra.	80	60	60	70
mIV	Qualität für den mIV	73	88	68	50
	Anzahl mIV-Stellplätze	70	20	70	100
	mIV-Verlagerung	60	100	60	0
neutral	Verkehrssicherheit	76	54	72	90
	baulicher Aufwand	67	57	83	83
	Knotenpunktsgestaltung	78	71	73	79

Je höher der Wert des Zielerreichungsgrades, desto mehr überwiegen die Vorteile der Variante für den betreffenden Indikator. Nachfolgend wird die Bestimmung des ZEG für die Indikatoren Qualität der Radschnellverbindung, Anzahl der Rad-Stellplätze, Qualität für den mIV sowie Anzahl der mIV-Stellplätze näher erläutert.

Qualität der Radschnellverbindung

Bei der Qualität der Radschnellverbindung bestechen die Varianten 3 und 4 mit dem Höchstwert von 100 %, während Variante 2 nur 60 % ausweist. Tabelle 19 zeigt die im Hintergrund laufende Berechnung für diesen Indikator. Dabei gehen der Verkehrsfluss und die Breite je zur Hälfte in die Berechnung ein. Hinsichtlich Verkehrsfluss erhalten die Varianten 1, 3 und 4 durch ihre Führungsform 100 %. In Variante 2 wird aufgrund des erhöhten Konfliktpotenzials mit Fußgängern der Verkehrsfluss auf 50 % abgemindert. Die Breiten der Radschnellverbindung werden in einer Skala eingeteilt. Variante 3 erhält durch die jeweils 2,0 m breiten Radfahrstreifen mit einer Gesamtbreite von 4,0 m einen Zielerreichungsgrad von 100 %. Der Zweirichtungsradweg in Variante 1 erhält mit 3,25 m 80 %. Aufgrund der größeren Auswirkungen bei geringer werdender Breite vergrößert sich in der Skala der Sprung beim Zielerreichungsgrad, umso schmaler die Radschnellverbindung ausgeführt wird.

Tabelle 19: Berechnung der Qualität der Radschnellverbindung

Qualität der Radschnellverbindung		V1	V2	V3	V4
Verkehrsfluss		100	50	100	100
Breite		80	70	100	100
ZEG		90	60	100	100

	V1	V2	V3	V4
Breite	3,25	3,00	4,00	4,25
ZEG	80	70	100	100

	3,50-4,30	3,30-3,49	3,10-3,29	3,00-3,09	2,95-2,99
ZEG	100	90	80	70	60

Anzahl Rad-Stellplätze

Die Bestimmung des Zielerreichungsgrades für die Radabstellplätze zeigt Tabelle 20. Trotz des Unterschieds von 50 Stellplätzen erhalten die Varianten 1 und 3 wie Variante 4 100 %, da selbst 130 Radstellplätze mehr als eine Verdoppelung des Bestandes bedeuten. Variante 2 erreicht mit 50 Stellplätzen nur mehr 30 %.

Tabelle 20: Berechnung der Rad-Stellplätze

	V1	V2	V3	V4
Summe Rad-Stellplätze	130	50	130	180
ZEG	100	30	100	100

Anzahl	130-180	110-129	100-109	90-99	80-89	70-79	60-69	50-59	40-49	30-39	0-29
ZEG	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

Qualität für mIV

Die Qualität für den mIV setzt sich aus der Führungsform und der Breite der Fahrstreifen zusammen. Ist wie in Variante 2 ein Zweirichtungsverkehr möglich, erhält diese 100 % (siehe Tabelle 21). Ein durchgängiger Einrichtungsverkehr ist in den Varianten 1 und 3 realisierbar. Dadurch erhalten die beiden Varianten, abgesehen von Variante 2, für diesen Teilindikator 100 %. In Variante 4 ist nur ein Zu- und Abfahren möglich.

Die Breite der Fahrstreifen wird, wie schon für die Radschnellverbindung, aus einer Skala entnommen. Die vier Faktoren ergeben gemittelt den Zielerreichungsgrad für die Qualität für den mIV. Der gemischte Geh- und Radweg in Variante 2 erreicht dabei einen ZEG von 88 %, während die Fahrradstraße in Variante 4 nur 50 % aufweist.

Tabelle 21: Nebenrechnung der Qualität für den mIV

Qualität für mIV	V1	V2	V3	V4
Zweirichtungsverkehr möglich	0	100	0	0
Einrichtungsverkehr möglich	100	100	100	0
Zu- und Abfahren möglich	100	100	100	100
Breite Fahrstreifen	90	50	70	100
ZEG	73	88	68	50

	V1	V2	V3	V4
Breite	3,20	2,90	3,00	4,25
ZEG	90	50	70	100

3,50-4,25	3,20-3,49	3,10-3,19	3,00-3,09	2,95-2,99	2,90-2,94
100	90	80	70	60	50

Anzahl mIV-Stellplätze

Hinsichtlich der Parkstände für den mIV erhält Variante 4, mit den nahezu wie im Bestand vorhandenen 245 Kfz-Stellplätzen, 100 %. Die Varianten 1 und 3 liegen mit 137 bzw. 134 Parkplätzen bei 70 %. Für Variante 2 mit nur mehr 60 Parkständen ergeben sich lediglich 20 %. Bereits weniger als 50 Stellplätze sind in der Skala mit 0 % belegt, da das nur mehr ca. einem Fünftel des Bestandes entsprechen würde (Tabelle 22).

Tabelle 22: Nebenrechnung der mIV-Stellplätze

	V1	V2	V3	V4
Summe mIV-Stellplätze	137	60	134	245
ZEG	70	20	70	100

Anzahl	220-250	190-219	160-189	130-159	110-129	90-109	80-89	70-79	60-69	50-59	0-49
ZEG	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

Die übrigen Berechnungen der Zielerreichungsgrade sind dem Anhang A zu entnehmen.

Die Nutzwertanalyse ist, wie bereits erwähnt, eine subjektive Planungsmethode zur Entscheidung für eine von mehreren Alternativen. Der Zielerreichungsgrad lässt sich durch Fakten wie der Anzahl von Parkständen oder der Breite von Fahrstreifen noch einigermaßen gut objektiv bestimmen. Die noch fehlende Gewichtung der Indikatoren ist hingegen eine völlig subjektive Beurteilung und hängt von den Präferenzen der Entscheidungsträger ab. Um die Sichtweise von allen Beteiligten zu betrachten, werden für die Gewichtung unterschiedliche Szenarien erstellt. In Szenario 1 wird die Radverkehrsachse aus der Perspektive eines Radfahrers betrachtet. Im zweiten Szenario wird der Standpunkt eines Kfz-Lenkers vertreten. Zum Schluss wird in Szenario 3 eine neutrale Auffassung untersucht, die die Gewichtung zwischen dem Radverkehr und dem mIV gleichermaßen aufteilt.

5.2.1 Szenario 1: Perspektive eines Radfahrers

Aus der Sichtweise eines Radfahrers erhalten die drei Indikatoren Qualität der Radschnellverbindung, Anzahl der Rad-Stellplätze sowie Anbindung an die bestehende Radinfrastruktur mit 55 % den größten Anteil der Gewichtung. Das Hauptaugenmerk liegt dabei mit 25 % auf der Qualität der Radschnellverbindung, damit hohe Reisegeschwindigkeiten und ein schnelles Vorankommen erreicht werden kann. Multipliziert man diese Gewichtung mit dem Zielerreichungsgrad von 100 von den Varianten 3 und 4 erhält man einen Teilnutzwert von 25. Variante 2 erreicht mit einem ZEG von 60 einen Teilnutzwert von lediglich 15. Mit jeweils 15 % sind genügend Radabstellplätze und eine gute Anbindung an bestehende Radwege zum Zu- und Abfahren ebenfalls von Bedeutung. Die neutralen Indikatoren Verkehrssicherheit, baulicher Aufwand und Knotenpunktsgestaltung erhalten, wie auch in den anderen Szenarien, mit 30 % ca. ein Drittel. Davon wird der Verkehrssicherheit mit einer Gewichtung von 15 % am meisten Bedeutung geschenkt. Die restlichen 15 % teilen sich auf die drei mIV-Indikatoren auf, die aus der Sicht von Radfahrern kaum beachtet werden. Tabelle 23 gibt eine Übersicht über die Gewichtung und der errechneten Nutzwerte.

Tabelle 23: Nutzwertanalyse, Szenario 1 Radfahrersicht

bedeutend für	Indikator	Gewicht	ZEG V1	TNW V1	ZEG V2	TNW V2	ZEG V3	TNW V3	ZEG V4	TNW V4
Radverkehr	Qualität der Radschnellverbindung	0,25	90	22,5	60	15	100	25	100	25
	Anzahl Rad-Stellplätze	0,15	100	15	30	4,5	100	15	100	15
	Anbindung an bestehende Radinfra.	0,15	80	12	60	9	60	9	70	10,5
mIV	Qualität für den mIV	0,05	73	3,6	88	4,4	68	3,4	50	2,5
	Anzahl mIV-Stellplätze	0,05	70	3,5	20	1	70	3,5	100	5
	mIV-Verlagerung	0,05	60	3	100	5	60	3	0	0
neutral	Verkehrssicherheit	0,15	76	11,4	54	8,1	72	10,8	90	13,5
	baulicher Aufwand	0,05	67	3,3	57	2,8	83	4,2	83	4,2
	Knotenpunktsgestaltung	0,10	78	7,8	71	7,1	73	7,3	79	7,9
Gesamtnutzwert		1,00		82		57		81		84

Variante 4 erreicht durch die Zurverfügungstellung der gesamten Fahrbahn für den Radverkehr und der enormen Verkehrsberuhigung aus der Sicht eines Radfahrers mit einem Gesamtnutzwert von 84 die erste Platzierung. Die Fahrradstraße bietet in dicht bebauten Gebieten den höchsten Komfort für Radfahrer. Knapp dahinter folgen mit 82 und 81 Punkten die Varianten 1 und 3. Diese bestehen ebenfalls durch eine gute Qualität der Radschnellverbindung sowie einer hohen Kapazität an Radabstellplätzen. Variante 2 erweist sich mit einem Gesamtnutzwert von nur 57 klar als unattraktivste Lösung für eine Radschnellverbindung.

5.2.2 Szenario 2: Perspektive eines Kfz-Lenkers

Nach der Auffassung eines Kfz-Lenkers erfolgt die Gewichtung für die drei Radverkehr-Indikatoren mit nur jeweils 5 %. Dadurch wird mit einem Zielerreichungswert von 100 % ein Teilnutzwert von 5 Punkten erreicht. Die Qualität für den mIV wird mit 25 % am höchsten gewichtet. Für den mIV sind vor allem breite Fahrstreifen und ein Zweirichtungsverkehr von Bedeutung. Mit je 15 % sind die Anzahl der Stellplätze sowie eine geringe Verlagerung des Verkehrs auf andere bereits vielbefahrene Straßen ebenfalls essenziell. Den drei neutralen Indikatoren werden mit 30 % erneut wie in Szenario 1 ca. ein Drittel der Gewichtung zugestanden.

Tabelle 24: Nutzwertanalyse, Szenario 2 Kfz-Lenker-Sicht

bedeutend für	Indikator	Gewicht	ZEG V1	TNW V1	ZEG V2	TNW V2	ZEG V3	TNW V3	ZEG V4	TNW V4
Radverkehr	Qualität der Radschnellverbindung	0,05	90	4,5	60	3	100	5	100	5
	Anzahl Rad-Stellplätze	0,05	100	5	30	1,5	100	5	100	5
	Anbindung an bestehende Radinfra.	0,05	80	4	60	3	60	3	70	3,5
mIV	Qualität für den mIV	0,25	73	18,1	88	21,9	68	16,9	50	12,5
	Anzahl mIV-Stellplätze	0,15	70	10,5	20	3	70	10,5	100	15
	mIV-Verlagerung	0,15	60	9	100	15	60	9	0	0
neutral	Verkehrssicherheit	0,15	76	11,4	54	8,1	72	10,8	90	13,5
	baulicher Aufwand	0,05	67	3,3	57	2,8	83	4,2	83	4,2
	Knotenpunktsgestaltung	0,10	78	7,8	71	7,1	73	7,3	79	7,9
Gesamtnutzwert		1,00		74		65		72		67

Mit einem Gesamtnutzwert von 74 liegt Variante 1 im zweiten Szenario an vorderster Stelle. Durch die Einbahnführung wird zumindest stadtauswärts mit einem breiten Fahrstreifen für einen guten Verkehrsfluss gesorgt. Der mIV verlagert sich somit nur teilweise auf andere Straßen in der unmittelbaren Umgebung. Die Erhaltung einiger mIV-Stellplätze trägt ebenfalls zu einem höheren Nutzwert bei. Platz 2 erreicht Variante 3, die aus der Sicht der Kfz-Lenker sehr Variante 1 ähnelt. Die größte Unterscheidung liegt an der etwas geringeren Fahrstreifenbreite in Variante 3. Bei der zuvor Platz 1 belegten Variante 4 reduziert sich der Gesamtnutzwert aufgrund großer Einschränkungen für den Kfz-Verkehr von 84 auf 67. Für den mIV ist nur mehr ein Zu- und Abfahren möglich, der restliche Verkehr verlagert sich auf die Umgebung. Den größten Nutzen bezieht Variante 4 durch die Erhaltung von beinahe allen Stellplätzen aus dem Bestand. Variante 2 kann den Gesamtnutzwert in Szenario 2 zwar deutlich steigern, liegt jedoch trotzdem hinter den übrigen Alternativen. Durch den unveränderten Zweirichtungsverkehr wird die mIV-Qualität erhöht und eine Verkehrsverlagerung vermieden, allerdings auf Kosten der für Kfz-Lenker ebenfalls bedeutsamen Parkstände.

5.2.3 Szenario 3: neutrale Perspektive

Beurteilt man die Gewichtung aus einer neutralen Perspektive, werden die drei Radverkehr- und mIV-Indikatoren auf jeweils 35 % aufgeteilt. Die neutralen Indikatoren verfügen auch im dritten Szenario über 30 % der Gewichtung. Für den Radverkehr wird der Indikator Qualität der Radschnellverbindung mit 15 % am höchsten gewichtet. Die Anzahl der Rad-Stellplätze und die Anbindung an die bestehende Radinfrastruktur werden mit je 10 % berücksichtigt. Aus Kfz-Lenker Sicht erhält die Qualität für den mIV mit 15 % die höchste Gewichtung. Die Anzahl der mIV-Stellplätze und die mIV-Verlagerung werden mit jeweils 10 % gewichtet.

Tabelle 25: Nutzwertanalyse, Szenario 3 neutrale Sicht

bedeutend für	Indikator	Gewicht	ZEG V1	TNW V1	ZEG V2	TNW V2	ZEG V3	TNW V3	ZEG V4	TNW V4
Radverkehr	Qualität der Radschnellverbindung	0,15	90	13,5	60	9	100	15	100	15
	Anzahl Rad-Stellplätze	0,10	100	10	30	3	100	10	100	10
	Anbindung an bestehende Radinfra.	0,10	80	8	60	6	60	6	70	7
mIV	Qualität für den mIV	0,15	73	10,9	88	13,1	68	10,1	50	7,5
	Anzahl mIV-Stellplätze	0,10	70	7	20	2	70	7	100	10
	mIV-Verlagerung	0,10	60	6	100	10	60	6	0	0
neutral	Verkehrssicherheit	0,15	76	11,4	54	8,1	72	10,8	90	13,5
	baulicher Aufwand	0,05	67	3,3	57	2,8	83	4,2	83	4,2
	Knotenpunktsgestaltung	0,10	78	7,8	71	7,1	73	7,3	79	7,9
Gesamtnutzwert		1,00		78		61		76		75

Aus neutraler Sicht erzielt Variante 1 wie schon in Szenario 2 den höchsten Gesamtnutzwert mit 78 Punkten. Bei der ausgeglichenen Betrachtung folgen dahinter die Varianten 3 und 4 mit einem Gesamtnutzwert von 76 bzw. 75. Variante 2 schneidet wie schon in den beiden anderen Szenarien am schlechtesten ab.

5.3 Auswahl

Im Rahmen der Nutzwertanalyse lassen sich die vier untersuchten Varianten, unter Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile, quantitativ miteinander vergleichen. Zu großen Teilen wird die Nutzwertanalyse jedoch durch subjektives Empfinden bei der Gewichtung beeinflusst. Aus dem Blickwinkel eines Radfahrers stellt sich die Radschnellverbindung als Fahrradstraße geführt als optimale Lösung heraus. Für den Radverkehr steht dabei die gesamte Fahrbahn mit einer Breite zwischen 4,25 und 6,80 Metern zur Verfügung. Zusätzlich ist eine hohe Kapazität an Radabstellplätzen gegeben. Gleichzeitig sorgt die Fahrradstraße für eine Verkehrsberuhigung. Der mIV-Anteil wird deutlich verringert und somit der Komfort für Radfahrer erhöht. Eine Begrünung sorgt optisch zusätzlich für eine Verkehrsberuhigung.

Ändert man jedoch die Beurteilung zugunsten der Kfz-Lenker, verliert die Fahrradstraße aufgrund der großen Einschränkungen und Verlagerungen für den mIV an Bedeutung. Für den Kfz-Verkehr bietet die in Variante 1 stadtauswärts geführte Einbahn mit einer Breite von 3,20 Metern die größte Qualität. In Variante 2 ist zwar ein Zweirichtungsverkehr für den mIV möglich, jedoch auf Kosten der beinahe gesamten Parkstände.

Unter Berücksichtigung beider Aspekte erweist sich Variante 1 als Zweirichtungsradweg, wie in Szenario 3 dargestellt, als bestmögliche Lösung. Für den mIV ist stadtauswärts, wie zuvor beschrieben, ein guter Verkehrsfluss mit einem breiten Fahrstreifen gegeben. Um stadteinwärts mit dem Kfz zu gelangen, können umliegende Straßen genützt werden. Andererseits kann die neue Einbahnführung zusätzlich zum neuen Angebot der Radschnellverbindung ein Umsteigen vom Pkw zum Fahrrad bewirken. In Variante 1 können zudem ca. 140 Stellplätze für den mIV erhalten werden. Aus Radfahrersicht befindet sich der Zweirichtungsradweg in der Nutzwertanalyse mit einem Gesamtnutzwert von 82 nur knapp hinter der Fahrradstraße. Mit einem 3,25 m breiten und vom Fußgängerverkehr baulich getrennten Radweg, ermöglicht Variante 1 gleichfalls hohe Reisegeschwindigkeiten und einen guten Verkehrsfluss. Die bereits vorhandene Radinfrastruktur in der Umgebung kann problemlos als Zu- und Abfahrt der Radschnellverbindung genutzt werden.

Als Resultat der Nutzwertanalyse wird somit Variante 1 als bestmögliche Lösung gewählt und im nächsten Kapitel im Detail geplant. Die ebenfalls hohen Gesamtnutzwerte der Varianten 3 und 4 hinterlegen, dass diese beiden Varianten ebenso als Radschnellverbindung von der Oper bis zum Schulzentrum St. Peter geeignet wären.

6 Detailplanung Variante 1 Zweirichtungsradweg

Variante 1 als Zweirichtungsradweg wird nun als bestmögliche Lösung mit besonderem Schwerpunkt der Knotenpunkte im Detail betrachtet. Hinzu kommen bei der Detailplanung die Signalgeber der VLSA, detailliertere Bodenmarkierungen und Beschilderungen sowie markierte Überfahrten bei den privaten Ein- und Ausfahrten. Abbildung 105 gibt einen Überblick über die ergänzte Legende, die für alle Planausschnitte in der Detailplanung gilt.

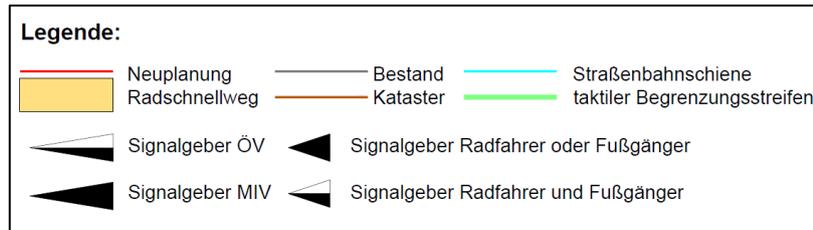


Abbildung 105: Legende für die Detailplanung

Die Symbole der Signalgeber sind der *RVS für VLSA-Plansymbole* entnommen und geben an, ob sie für den ÖV, mIV, Fußgänger oder Radfahrer bestimmt sind. Zusätzlich sind die Signalgeber mit Zahlen hinterlegt. Die erste Zahl gibt dabei die Himmelsrichtung am Knotenpunkt an. Im Norden beginnt die Nummerierung bei 1, im Westen endet sie mit der Nummer 4. Die zweite Zahl definiert die fortlaufende Nummerierung der Signalgeber je Knotenpunktsarm. Den mIV-Signalgebern sind zudem Pfeile zugeordnet, die die vorgesehene Fahrtrichtung festlegen. Für Radfahrer und Fußgänger wird die Zahl dreistellig angeführt. Die erste und letzte Zahl bezeichnen wie für den mIV und ÖV die Himmelsrichtung und die Nummerierung. Ist der Signalgeber nur für den Fußgänger oder kombiniert mit dem Radverkehr bestimmt, wird die zweite Zahl mit einer 1 hinterlegt. Gilt der Signalgeber ausschließlich für den Radverkehr erhält die zweite Stelle die Zahl 2.

Als Beispiel: Bei der Zahl 312 würde die 3 angeben, dass sich der Signalgeber im südlichen Knotenarm der Kreuzung befindet. Die 1 zeigt an, dass der Signalgeber für Fußgänger oder kombiniert mit dem Radverkehr bestimmt ist. Die 2 kennzeichnet, dass es sich dabei um den 2. Signalgeber für Fußgänger bzw. der Kombination mit Radfahrer im südlichen Knotenarm handelt.

Der taktile Begrenzungstreifen wird beim getrennten Geh- und Radweg in der Detailplanung zur Verdeutlichung in Grün dargestellt. Für den Kfz-Verkehr gilt eine Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h. Abbildung 106 bietet eine Übersicht über die Verkehrsführung des mIV. Von der Glacisstraße bis zum Waltendorfer Gürtel wird der mIV über eine Einbahn stadtauswärts geführt. Ab diesem Punkt bis zur Moserhofgasse ist ein Befahren von beiden Richtungen gestattet. Ab der Moserhofgasse ist bis zu der Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* erneut eine Einbahn angeordnet.

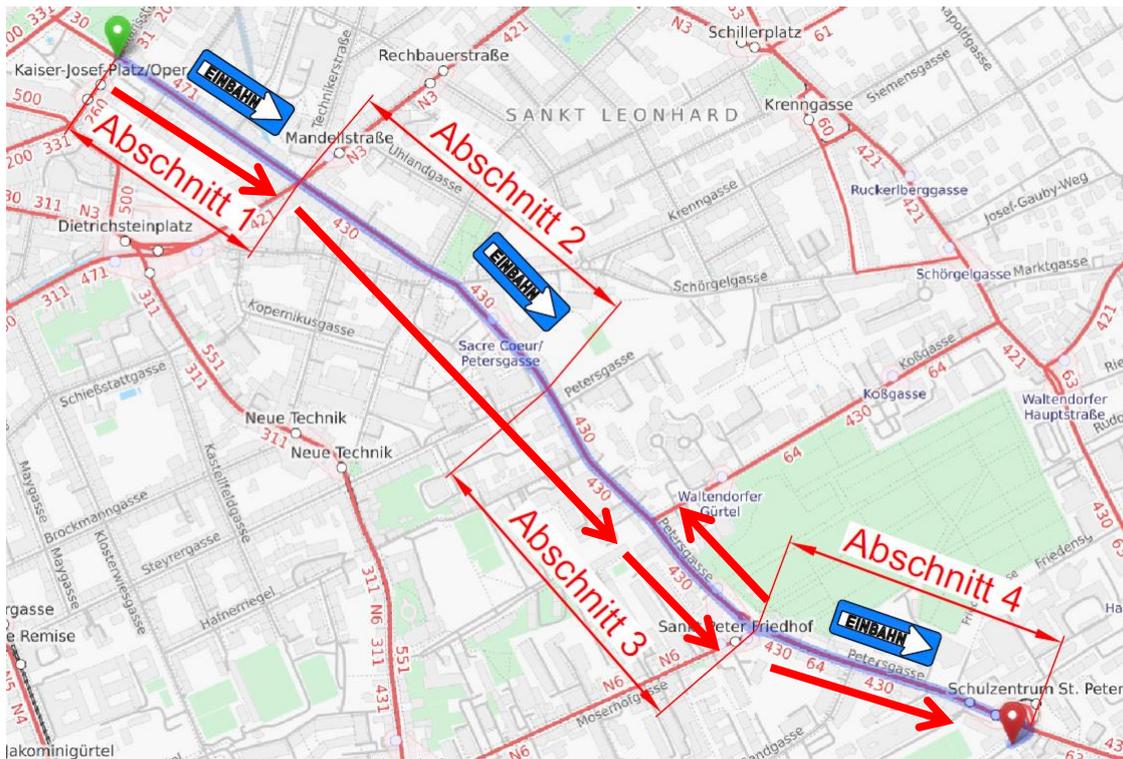


Abbildung 106: Verkehrsführung für den mIV
(Quelle: [OpenStreetMap, 2018])

Für eine bessere Übersicht wird die gesamte Route wie in der Bestandsanalyse in vier Abschnitte unterteilt.

6.1 Abschnitt 1 – Glacisstraße bis Sparbersbachgasse

Wie bereits in der Variantenstudie beschrieben, erfolgt die Anbindung der Radverkehrsachse an die Hauptradroute HR6 entlang des Stadtparks in der Franz-Graf-Allee. Die Überfahrt wird rot markiert und wie in Deutschland empfohlen mit einem Fahrradpiktogramm und Richtungspfeilen dargestellt. Für eine größere Kapazität besteht durch die besondere Breite in der Franz-Graf-Allee die Möglichkeit, für den stadtauswärts fließenden Radverkehr einen eigenen Radweg einzurichten. Die Bus-Stellplätze für die Besucher der Oper verschieben sich dabei um die Breite des Radweges von 2,00 m. Um ein sicheres Ein- und Aussteigen zu ermöglichen befindet sich zwischen dem Radweg und den Bus-Stellplätzen ein 1,00 m breiter Trennstreifen. Der Radverkehr stadteinwärts verläuft wie im Bestand über die HR6. Die Signalgeber in der Glacisstraße und Franz-Graf-Allee bleiben für den mIV und ÖV wie im Bestand unverändert. Durch die neue Einbahnführung entfallen von der Mandellstraße kommend die Signalgeber für den mIV. Hinzu kommen neue Signalgeber für den querenden Radverkehr. Infolge der stadtauswärts führenden Einbahn in der Mandellstraße ist ein Zufahren in die Franz-Graf-Allee für den mIV nicht mehr möglich. Lediglich Bussen und Taxis ist von der Glacisstraße kommend ein Linksabbiegen gestattet. Für den ÖV bleibt dieser Knotenpunkt unverändert.

Der ab der Glacisstraße beginnende Zweirichtungsrادweg bietet eine Fahrbahnbreite von 3,25 m. Neben dem im Plan grün eingefärbten, taktilen Begrenzungstreifen befindet sich, wie von der Stadt Graz vorgegeben, eine zusätzliche Markierung, die die Trennung zwischen Radfahrer und Fußgänger

darüber hinaus verdeutlicht. Ein Trennstreifen mit einem Abstand von 0,60 m zur angrenzenden mIV-Fahrbahn sorgt für eine ausreichende Sicherheit. Der mIV-Fahrestreifen weist eine Breite von 3,26 Metern auf. Zusätzlich bietet sich ab dem Kaiser-Josef-Platz die Möglichkeit von 2,00 m breiten Längsstellplätzen, die zum Beschicken des Marktes-Allee verwendet werden können.

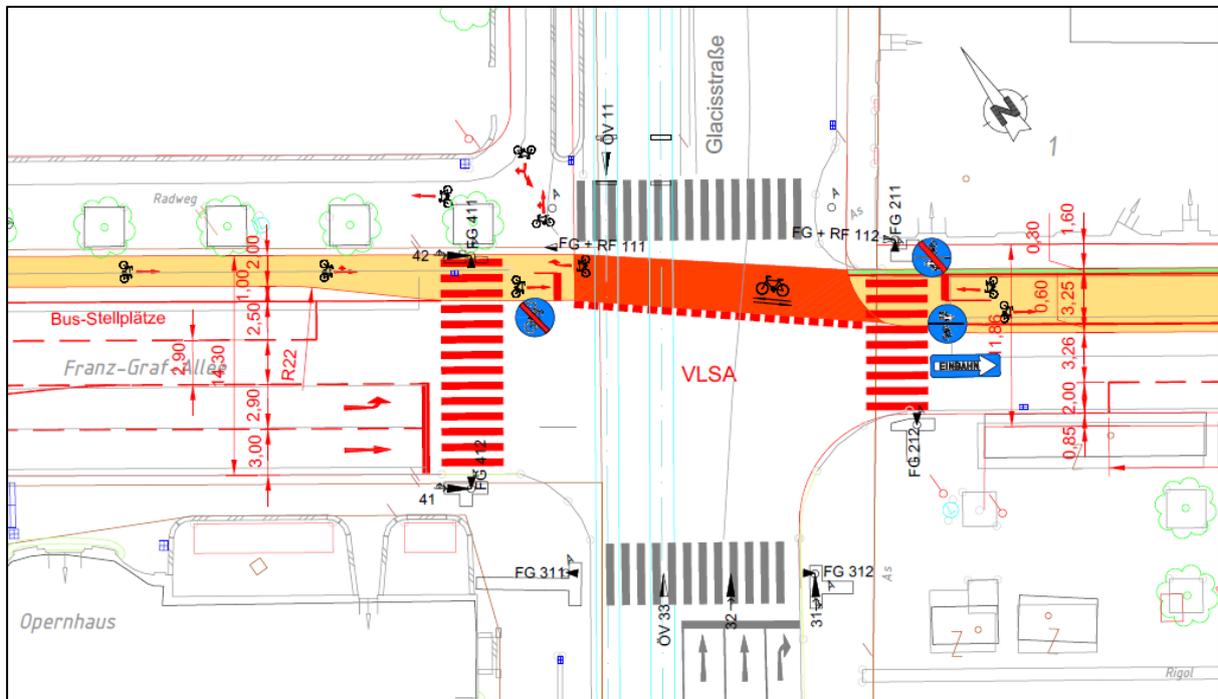


Abbildung 107: Detailplanung Anbindung Franz-Graf-Allee

Zu weitaus mehr Veränderungen kommt es beim nächsten Knotenpunkt in der Sparbersbachgasse (Abbildung 108). Vom Westen, aus der Mandellstraße kommend, besteht für den Radfahrer die Möglichkeit, in alle drei Richtungen zu verkehren. Zum Geradeausfahren und Linksabbiegen genügt ein Queren der VLSA-geregelten Überfahrt. Ein 1,50 m breiter Abbiegestreifen zum Rechtsabbiegen bietet die Gelegenheit, südlich in die Sparbersbachgasse in Richtung Dietrichsteinplatz zu gelangen. Während einer Rotphase des mIV kann sich der Radverkehr auf dem davorliegenden Aufstellstreifen positionieren und in der nächsten Grünphase gemeinsam mit dem mIV in die Kreuzung einfahren. Für den mIV entfällt angesichts einer geringen Abbiegeanzahl von 7 Fahrzeugen je Stunde der Linksabbieger. Dadurch werden in der Grünphase des Radverkehrs verträgliche Ströme sichergestellt, d. h. für den mIV ist in dieser Phase kein Queren der Radüberfahrt möglich. Über die davor befindliche Haydngasse und am Felix-Dahn-Platz kann alternativ in Richtung Osten ausgewichen werden. Der bestehende Radweg in der Technikerstraße kann problemlos, ohne wie bisher die Straßenseite queren zu müssen, als Auf- und Abfahrt der Radschnellverbindung genutzt werden.

Der Radverkehr kann aus dem Osten der Mandellstraße kommend, ebenfalls in alle drei Knotenpunktsarme einfahren. Ein Geradeausfahren und Rechtsabbiegen in die Sparbersbachgasse erfolgt direkt. Ein Linksabbiegen in den südlichen Teil der Sparbersbachgasse kann nur indirekt stattfinden. Wie in den internationalen Standards empfohlen, bietet sich hier die Gelegenheit eines indirekten Linksabbiegers. Dabei fährt der Radfahrer in die Kreuzung ein und biegt in die geschützte, zwei Meter breite Aufstellmöglichkeit ab. Der indirekt abbiegende Radverkehr kann in der nächsten Grünphase des nachfolgenden Kraftfahrzeugstroms die Kreuzung überqueren. Über einen eigenen

Signalgeber (in Abbildung 108 RF 321) kann der Radverkehr zwei bis vier Sekunden früher Grün erhalten als die dahinter wartenden Fahrzeuge. Damit kann ein sicheres Abbiegen in den südlichen Teil der Sparbersbachgasse garantiert werden.

Für den mIV, von beiden Seiten aus der Sparbersbachgasse kommend, ändert sich lediglich das Abbiegeverbot in die westliche Mandellstraße. Die Straßenbahnlinie 3 kann wie im Bestand den Knotenpunkt passieren. Für die Feuerwehr am Dietrichsteinplatz, Wache Ost, zählt die Mandellstraße als Standardroute, um zur Glacisstraße zu gelangen. Durch die neue Einbahnführung entfällt jedoch diese Strecke. In einem Telefonat am 23. Mai 2018 mit Herrn Wonner von der Berufsfeuerwehr wurde erklärt, dass Ausweichrouten über den Dietrichsteinplatz oder der Technikerstraße mit einer Verzögerung von knapp fünf Minuten ebenfalls möglich wären. Sollte sich das dennoch als großes Problem darstellen, kann alternativ die Einbahnführung von der Glacisstraße bis zur Sparbersbachgasse umgedreht werden.

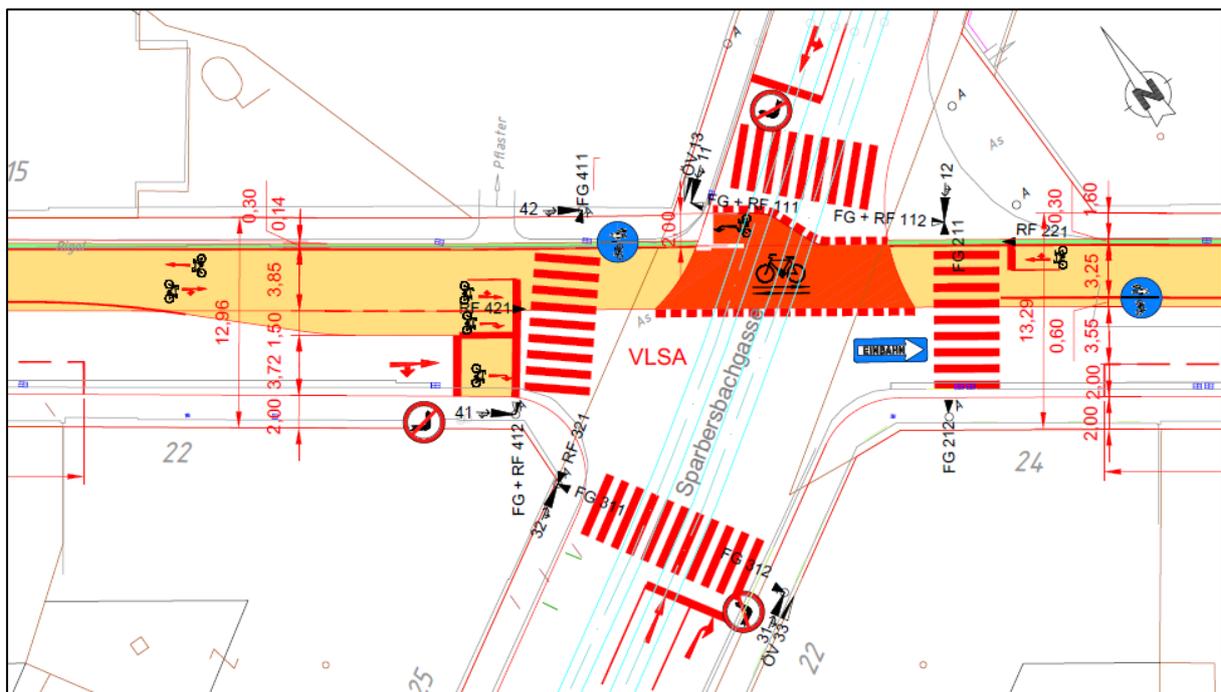


Abbildung 108: Detailplanung Knotenpunkt Sparbersbachgasse

6.2 Abschnitt 2 – Sparbersbachgasse bis Steyregasse

Der Knotenpunkt Felix-Dahn-Platz bleibt wie im Bestand vorrangeregelt. Zwei 1,50 m breite Abbiegestreifen ermöglichen die Zufahrt zum bestehenden Radfahrstreifen in der Schörgelgasse. Der Schutzstreifen wird über den Radweg markiert, damit Fußgänger beim Überqueren nicht auf der Straße warten müssen, bis der Weg frei von Radfahrern ist. Die entfallenen Kfz-Schrägparkstände am Felix-Dahn-Platz können als Fahrradabstellplätze genutzt werden. Die Überfahrten werden für eine erhöhte Aufmerksamkeit rot eingefärbt und mit Fahrradpiktogrammen und Pfeilen markiert. Bei den Zufahrten ist für den mIV nur mehr ein Abbiegen in Richtung stadtauswärts gestattet.

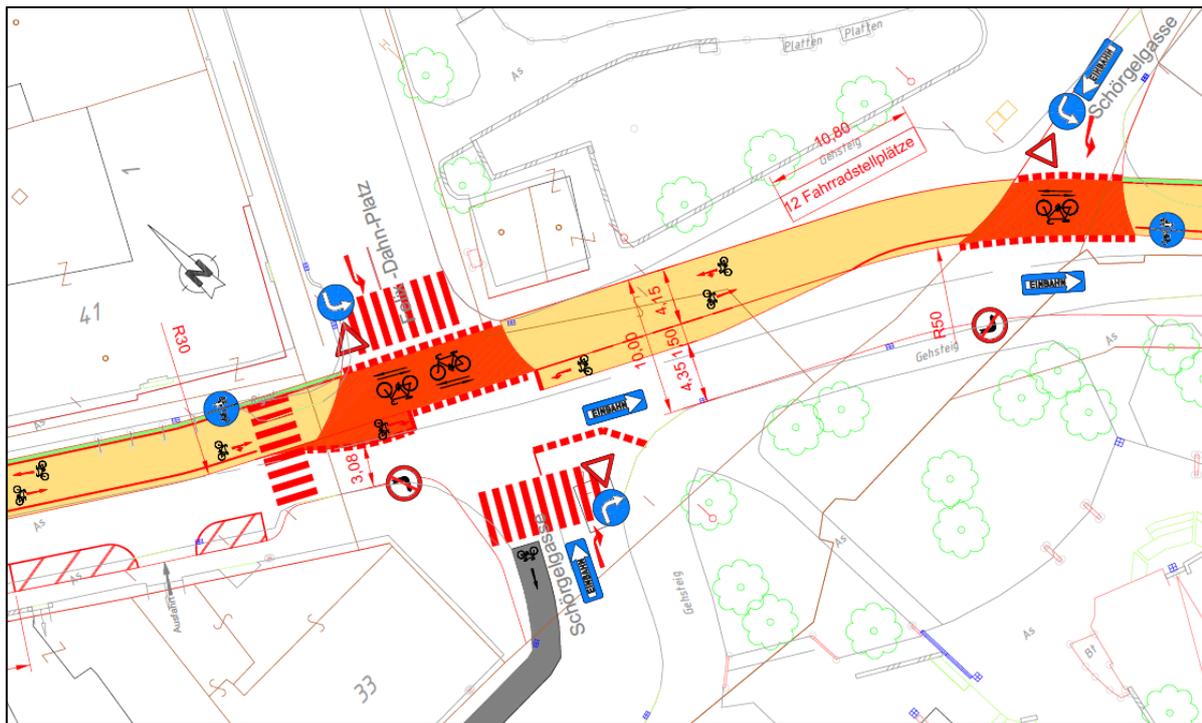


Abbildung 109: Detailplanung Felix-Dahn-Platz

Infolge der breiteren Querschnittsgegebenheiten vor dem Sacre Coeur kann der Gehweg auf 2,70 m verbreitert werden, wodurch eine erhöhte Sicherheit für den Schulweg und für Schulkinder der Anrainer erreicht werden kann. Der Radweg wird ebenfalls auf 3,65 m aufgeweitet. Auf der gegenüberliegenden Straßenseite sind Längstellplätze mit einer Breite von 2 Metern vorgesehen. Um ein sicheres Überqueren der Straße für Schulkinder nach wie vor zu gewährleisten, bleibt die DKA wie im Bestand erhalten. Bei Rot müssen Radfahrer am Radweg ebenfalls wie der mIV anhalten. Die Bushaltestelle stadtauswärts bleibt ebenfalls unverändert. Die gegenüberliegende Haltestelle muss aufgrund der Einbahnführung in eine Nebenstraße wie z.B. die Münzgrabenstraße oder Steyregasse verlegt werden. Für die Ausfahrt vom Gelände der Technischen Universität Graz gilt ein Rechtsabbiege-Gebot.

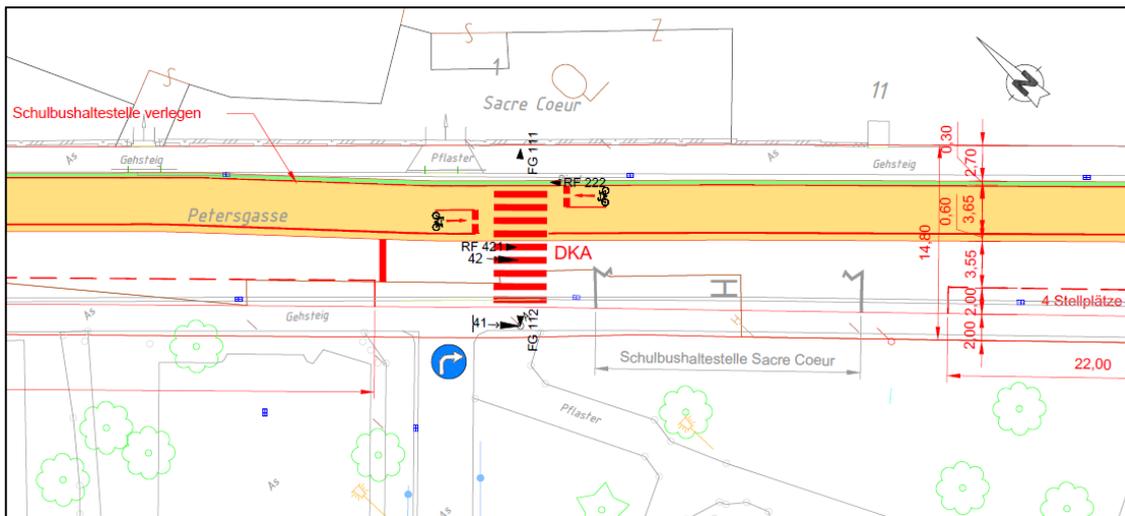


Abbildung 110: Detailplanung Sacre Coeur

Die im Bestand VLSA-geregelte Kreuzung in der Steyregasse wird angesichts der neuen Einbahnführung vorrangeregelt ausgeführt. Die einmündende Steyregasse, für die ein Rechtsabbiegegebot gilt, wird dabei der Petersgasse untergeordnet. Durch den Entfall des Linksabbiegestreifens kann die gewonnene Fläche für zusätzliche Stellplätze verwendet werden. Über eine Vorrangregelung ist für den Radverkehr ein Abbiegen in die Steyregasse möglich. Um nachfolgende Radfahrer nicht zu behindern weist der Radweg an dieser Stelle eine Breite von 4,60 m auf. Damit Radfahrer von der Steyregasse auf den Radschnellweg auffahren können, wird die Sperrlinie des Sicherheitsstreifens durch eine Leitlinie unterbrochen und das Niveau des Radweges auf die Höhe der Straße abgesenkt.

Unmittelbar nach dem Schutzstreifen befindet sich eine private Garagenausfahrt. Da eine Auframpung nicht möglich ist, wird der Radschnellweg an dieser Stelle über eine rote Einfärbung sowie Markierungen gesichert. Wenige Meter danach kreuzt zudem eine Zufahrt zu einem Privatgrund die Radschnellverbindung. Diese Stelle wird über eine Überfahrt mit rotem Belag und ebenfalls Markierungen entschärft. Die daneben entfallenen Schrägstellplätze können für eine Fahrradabstellanlage mit einer Kapazität von 20 Fahrrädern genutzt werden.

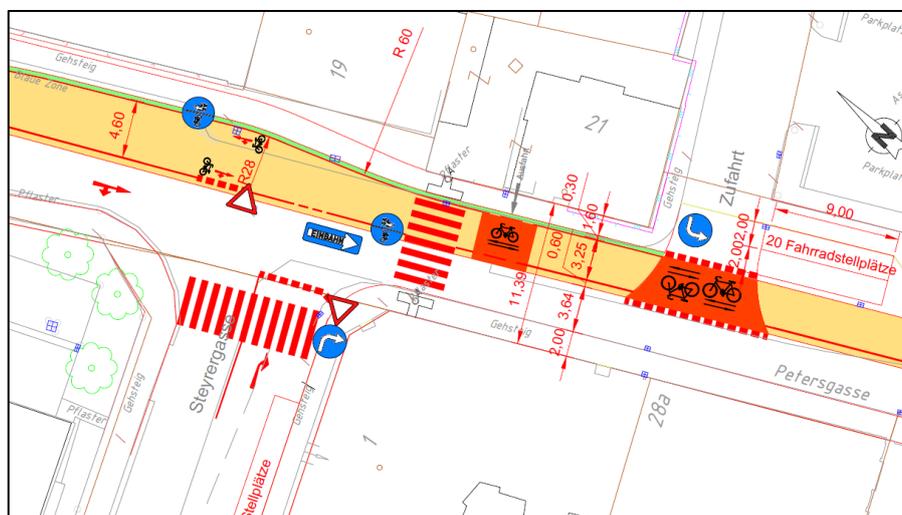


Abbildung 111: Detailplanung Steyregasse

6.3 Abschnitt 3 – Steyrergasse bis Moserhofgasse

Wie bereits in der Variantenstudie beschrieben erfolgt am Waltendorfer Gürtel ein Wechsel vom Zweirichtungsradweg zu zwei getrennten Radschnellverbindungen. Stadtauswärts wechselt der Radverkehr, durch einen Signalgeber gesteuert, auf einen 2,00 bis 2,50 m breiter Radfahrstreifen. Um ein Befahren durch den Kfz-Verkehr zu verhindern wird der Radfahrstreifen mit einer Sperrlinie markiert. Einzige Ausnahme bilden Zufahrten, an denen die Sperrlinie durch eine Leitlinie ersetzt wird. Möchte man vom Westen kommend den Bestandsradweg am Waltendorfer Gürtel erreichen, ist ein Queren der Überfahrt gestattet. Ansonsten ist die Überfahrt für den Radverkehr vom 1,90 m breiten Einrichtungsradweg aus Osten kommend vorgesehen. Dieser wird weiterhin als getrennter Geh- und Radweg ausgeführt. Vom Bestandsradweg aus besteht die Möglichkeit, in beide Richtungen der Radschnellverbindung zu verkehren.

Durch den Entfall des Rechtsabbiegestreifens am Waltendorfer Gürtel entsteht Platz für neue Stellplätze. Ab diesem Knotenpunkt ist für den Kfz-Verkehr bis zur Moserhofgasse ein Zweirichtungsverkehr wieder möglich. Dabei werden Fahrstreifenbreiten für den mIV von ca. 3,30 m erreicht.

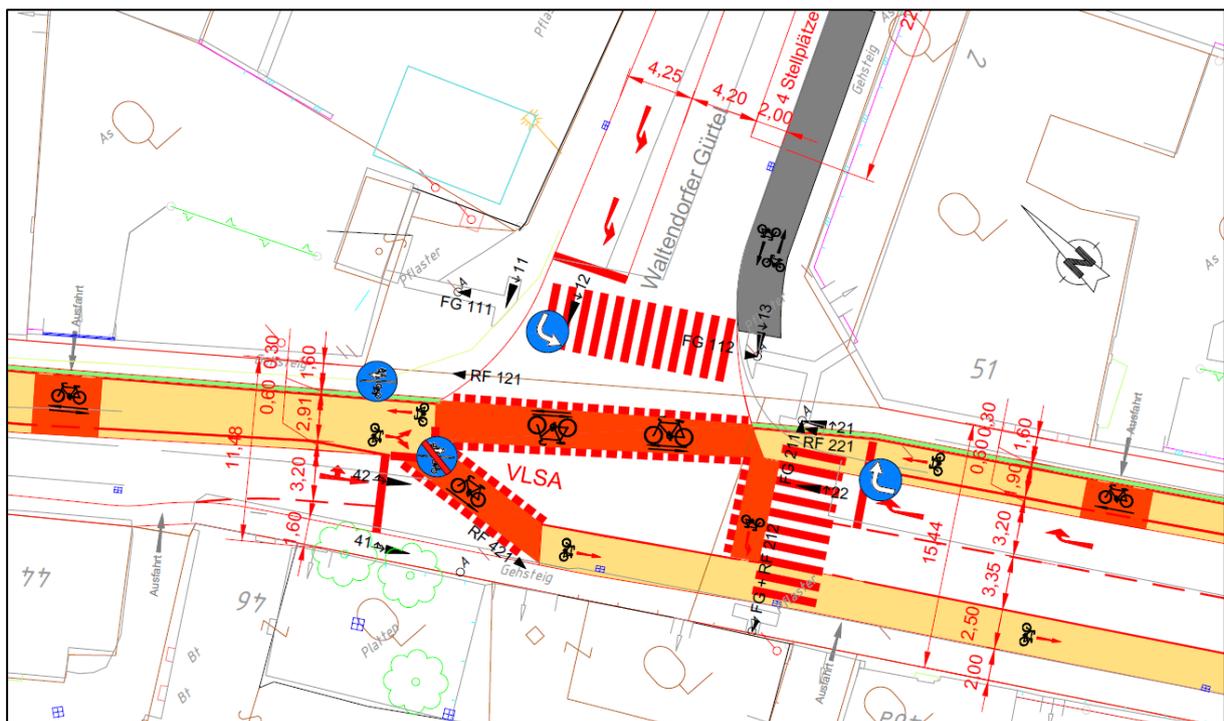


Abbildung 112: Detailplanung Waltendorfer Gürtel

Die Senkrechtstellplätze vor dem Friedhof St. Peter können wie im Bestand erhalten werden. Die beiden Behindertenstellplätze weisen wie vorgeschrieben eine Breite von 5,80 m auf. Der Einrichtungsrادweg führt mit einem Radius von 22 Metern an den Parkständen vorbei. Die beiden Bushaltestellen müssen infolge der neuen Radverkehrsachse verlegt werden. Damit ein- und aussteigende Fahrgäste mit Radfahrer nicht in Konflikt geraten, wird die Haltestelle stadteinwärts vor den Senkrechtstellplätzen angeordnet. Die freie Fläche wird als Haltestellenbereich ausgeführt und bietet ausreichend Platz für die Fahrgäste der Linien 64, 440 und 510. Die gegenüberliegende Haltestelle wird, für ein leichteres Einordnen der Busse in der neuen VLSA-geregelten Kreuzung in der Moserhofgasse, nach hinten verlegt. Der Radfahrstreifen wird dabei im Haltestellenbereich gemäß der *RVS für Radverkehr* unterbrochen. In der Zeit in der ein Bus hält, müssen Radfahrer dahinter warten. Ist die Haltestelle frei, ist ein Durchfahren des Radverkehrs gestattet. Zudem können vier Taxi-Stellplätze bestehen bleiben.

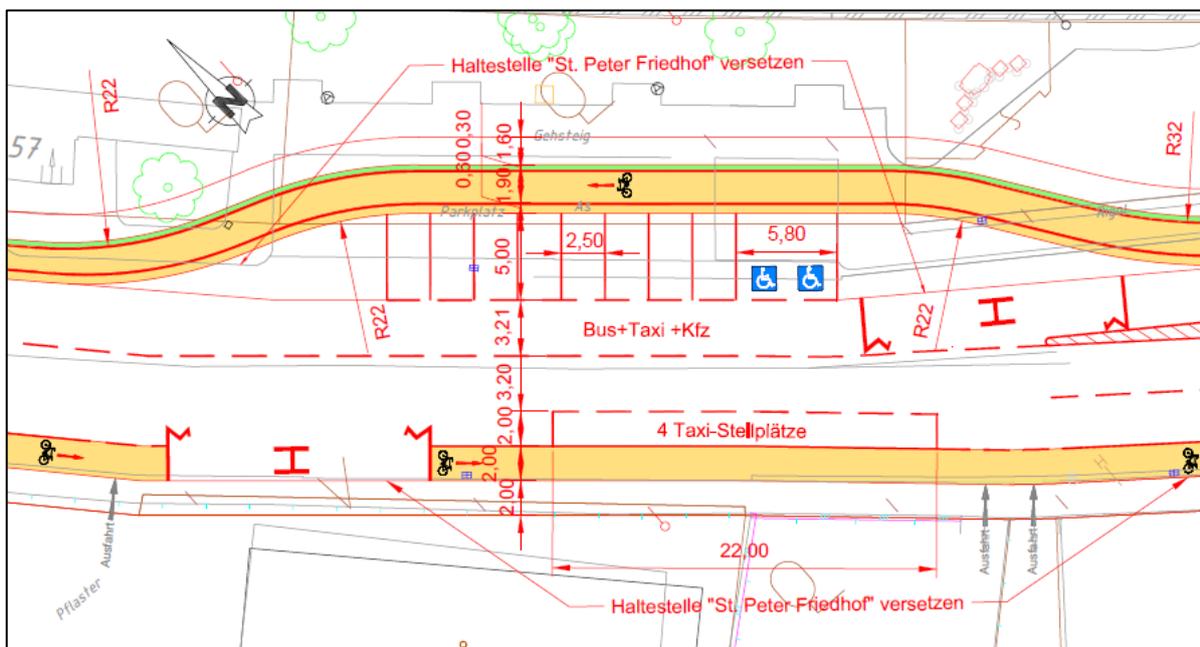


Abbildung 113: Detailplanung St. Peter Friedhof

Durch die Aufteilung in zwei Einrichtungsrادstrecken am Waltendorfer Gürtel wird am Knotenpunkt Moserhofgasse ein sicheres und flüssiges Queren des stadtauswärts fließenden Radverkehrs erreicht (Abbildung 114). Die bisher vorrangeregeltete Kreuzung benötigt jedoch eine VLSA, um einen sicheren Verkehrsfluss zu garantieren. Die stadtauswärtsführende Radschnellverbindung besitzt einen aufgeweiteten, vorgezogenen Radaufstellstreifen, damit Radfahrer bei Rot ungehindert die bereits stehenden Kraftfahrzeuge überholen und sich auf diesem positionieren können. Dadurch entstehen eine Entflechtung des Verkehrs und gleichzeitig eine gute Sichtbarkeit der Radfahrer. In einer gemeinsamen Grünphase mit dem nachfolgenden mIV kann der Radverkehr die Kreuzung passieren. Der stadteinwärts fließende Radverkehr kann die Kreuzung Moserhofgasse ungehindert ohne Überfahrt passieren. Für den Schutzstreifen ist wie im Bestand eine Mittelinsel vorgesehen, um Fußgängern bei dem langen Übergang einen Zwischenhalt zu ermöglichen.

Aufgrund der beengten Verhältnisse ist ab der Moserhofgasse wieder eine Einbahnführung stadtauswärts angeordnet. Außerdem verkehrt ab diesem Knotenpunkt die Straßenbahnlinie 6.

Angesichts der Straßenbahnschienen und des gegebenen Querschnitts ist für den Radverkehr stadteinwärts keine eigene Infrastruktur möglich. Radfahrer teilen sich den Fahrstreifen mit einer Regelbreite von 3 Metern mit dem öffentlichen Verkehr. In den Ausbuchtungen, in denen sich im Bestand Stellplätze befinden, weitet sich der Fahrstreifen auf bis zu 5,60 m aus. Infolge der neuen Einbahnführung entfallen diese Stellplätze, die für Fahrradabstellanlagen verwendet werden können. Stadtauswärts führt ein 1,50 bis 2,00 m breiter Radfahrstreifen an den bestehenden Stellplätzen vorbei.

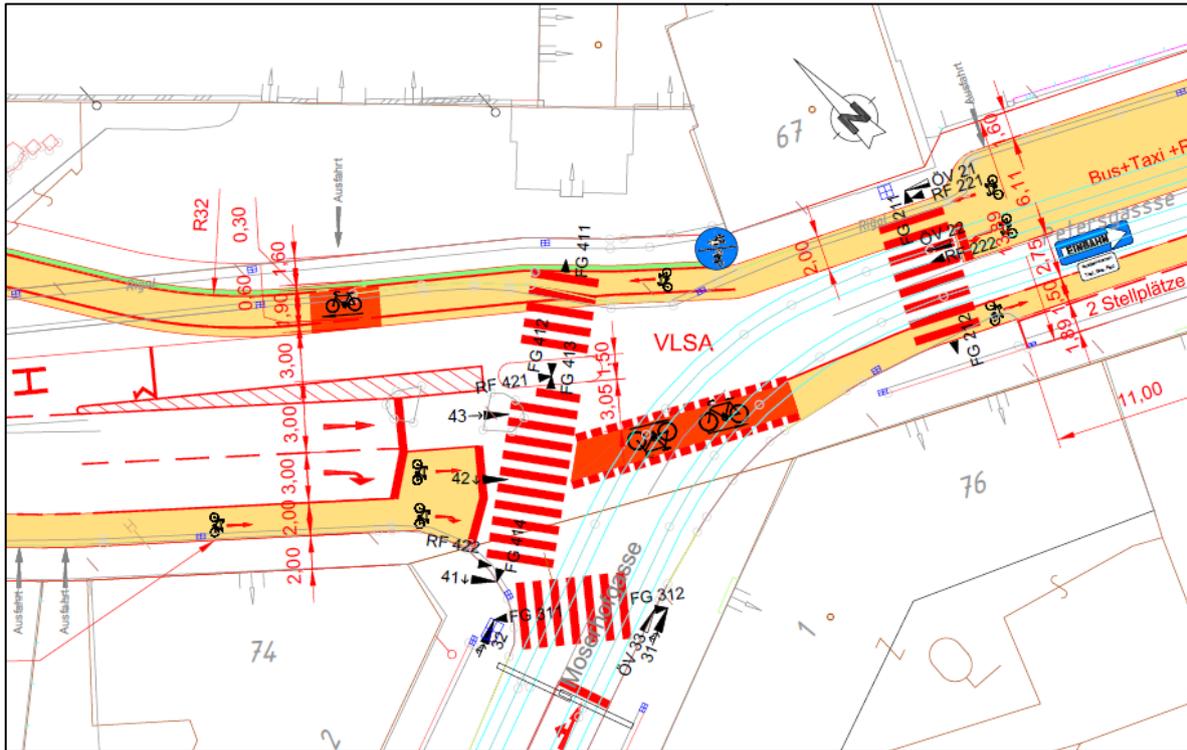


Abbildung 114: Detailplanung Moserhofgasse

6.4 Abschnitt 4 – Moserhofgasse bis Inffeldgasse

Damit die Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* unverändert bleibt und die gegenüberliegende Zufahrt weiterhin von beiden Richtungen befahren werden kann, erfolgt davor eine VLSA-geregelte Überfahrt für den Radverkehr. Die bereits bestehende DKA zwischen den beiden Haltestellen wird dafür nach Westen verlegt und als VLSA betrieben, die, auch ohne einen Knopf zu drücken, für den Radverkehr auf Grün umschaltet. Ab der Überfahrt wird die Radschnellverbindung somit erneut als Zweirichtungsradweg geführt. Für den mIV ist die Fahrt wieder in beide Richtungen gestattet. Ein Einbiegen nach Westen in Richtung Moserhofgasse ist über Zusatztafeln nur für Taxis, Busse und Radfahrer gestattet. Um Konflikte mit den ein- und aussteigenden Fahrgästen zu vermeiden, verläuft der Radschnellweg hinter dem Warthehaus an der Haltestelle vorbei. Vom Bestandsradweg in der Friedensgasse aus kann die Radschnellverbindung problemlos erreicht werden.

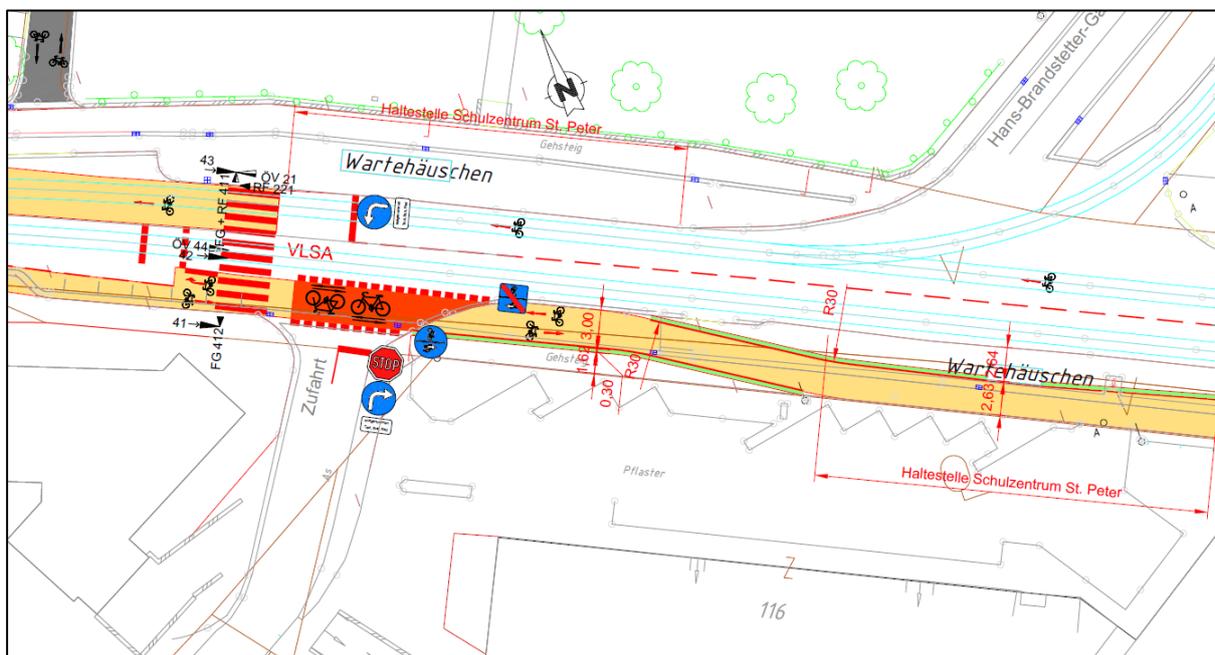


Abbildung 115: Detailplanung Schulzentrum St. Peter

Der Zweirichtungsradweg endet bei der Inffeldgasse. Von dort aus erreicht man über die Einfahrt der Technischen Universität Graz den bestehenden gemischten Geh- und Radweg in der Inffeldgasse.

Quert man die Überfahrt und ordnet man sich in den Busfahrstreifen ein, erreicht man zudem die östlich gelegene Radroute in der Eisteichgasse (siehe Abbildung 116). Von der Gegenrichtung stadteinwärts kommend gelangt man ebenfalls über einen bestehenden Busfahrstreifen zur Radschnellverbindung. Um die Straßenseite dabei nicht zweimal wechseln zu müssen, ist es möglich, direkt auf dem mIV-Fahrstreifen bis zur Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* zu verkehren. Aus diesem Grund gilt am Zweirichtungsradweg für die Fahrtrichtung stadteinwärts das quadratische Hinweiszeichen *Getrennter Geh und Radweg ohne Benützungspflicht*.

Die DKA kann wie im Bestand erhalten bleiben. Da der Radweg hinter der Haltestelle vorbei führt und dadurch der Gehweg straßenseitig liegt, ist der Radverkehr von der DKA nicht betroffen. Infolgedessen können Fußgänger den VLSA-gesicherten Schutzstreifen überqueren, ohne ein Halten des Radverkehrs zu benötigen.

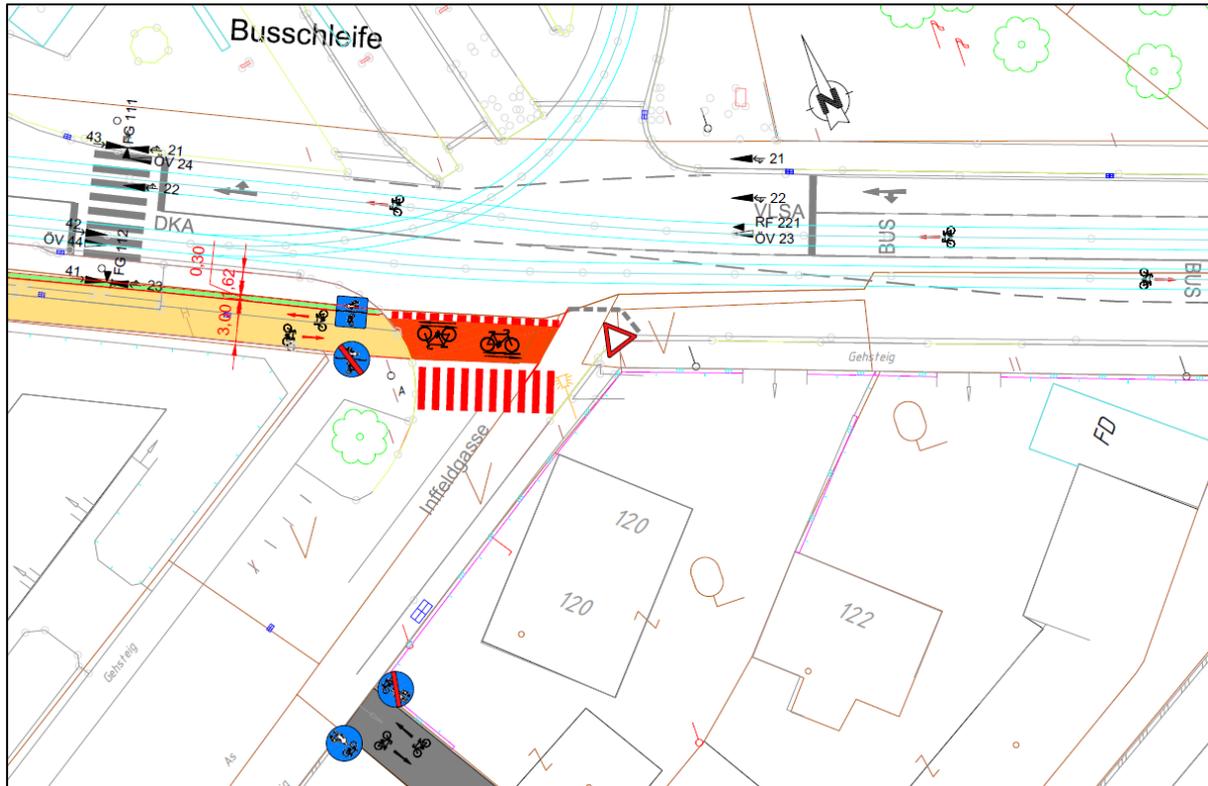


Abbildung 116: Detailplanung Anbindung Inffeldgasse

Um die Radverkehrsachse noch attraktiver zu gestalten, muss dem Komfort ebenfalls ausreichend Beachtung geschenkt werden. An VLSA-geregelten Knotenpunkten empfiehlt es sich, Trittbretter mit Haltegriffen vorzusehen, um bei Wartezeiten den Komfort zu erhöhen. Eine Countdown-Anzeige gibt zudem einen Überblick der jeweiligen Dauer einer Phase. Dadurch wird Radfahrern bekannt gegeben, wie lange sie bei Grün noch Zeit haben, die Kreuzung zu überqueren und bei Rot wie lange noch gewartet werden muss. Hinsichtlich Beleuchtung sind die Mandellstraße und Petersgasse bereits mit Straßenlaternen ausgestattet (siehe Abbildung 117). Die Oberfläche der Radschnellverbindung sollte wie international empfohlen aus Asphalt hergestellt werden.

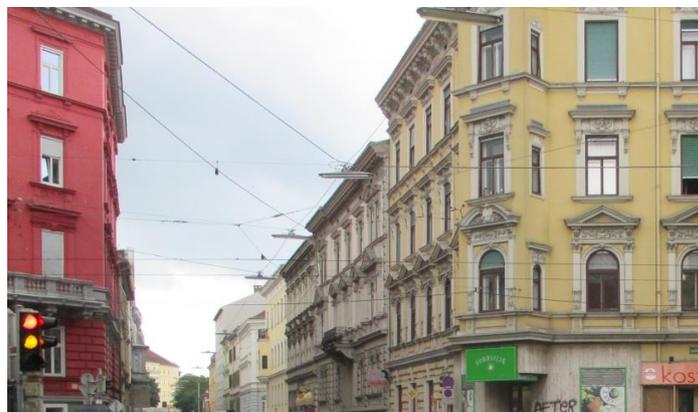


Abbildung 117: Straßenbeleuchtung in der Mandellstraße

Der gesamte Plan der Variante 1 sowie die Pläne zu den übrigen drei untersuchten Varianten sind im Anhang B beigelegt.

7 Dreidimensionaler Straßenraumentwurf für Variante 1

Nach abgeschlossener Detailplanung wird im nächsten Schritt die Radverkehrsachse mithilfe der Straßenentwurfsoftware VESTRA visualisiert. VESTRA ist eine von der Firma AKG entwickelte Software, die als AutoCAD-Applikation für den kompletten Bereich des Verkehrswegebbaus verwendet wird. Die von der Stadt Graz zur Verfügung gestellte Vermessung wird zunächst in das Programm eingelesen. Die Vermessungspunkte sind dabei nicht nur in der Lage über x- und y- Koordinaten definiert, sondern auch in der Höhe über z-Koordinaten. Dadurch lässt sich aus der Vermessung nach einer Anpassung der Bordsteinkanten ein dreidimensionales Geländemodell in VESTRA erstellen. Im nächsten Schritt wird die Möblierung des Bestands eingefügt. Dazu zählen Gebäude, Bäume, Verkehrsschilder, Signalgeber, Hecken und Zäune, die über Punkte und Linien dargestellt werden. Im Anschluss daran wird die Gradiente der Radverkehrsachse trassiert und in der Breite und Höhe definiert. Zum Abschluss werden noch die Bodenmarkierungen hinzugefügt, bevor das gesamte Modell im 3D-Viewer ausgegeben werden kann. Abbildung 118 stellt den Ablauf der Modellierung in einem Flussdiagramm dar.

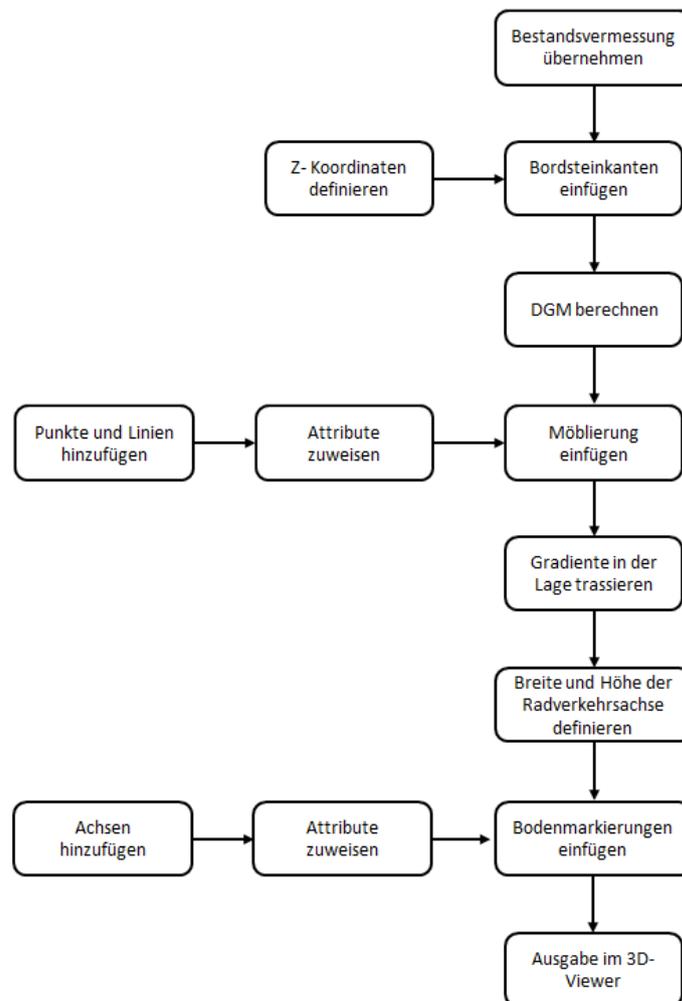


Abbildung 118: Flussdiagramm für die Vorgehensweise der Modellierung in VESTRA

Die Dokumentation zur exakten Anwendung der einzelnen Funktionen von VESTRA befindet sich im Anhang C.

7.1 Digitales Geländemodell

Nach einer kurzen Nachbearbeitung der Vermessung lassen sich die Mandellstraße und Petersgasse als dreidimensionales Geländemodell ausgeben. Bei der Berechnung eines digitalen Geländemodells werden die einzelnen Vermessungspunkte, wie in Abbildung 119 ersichtlich, zu Dreiecke verbunden. Jeder Punkt ist mit einer z-Koordinate hinterlegt, der über die jeweilige Höhe über dem Meeresspiegel definiert ist. Die gesamte Route befindet sich auf einer Höhe zwischen 354,35 und 361,94 Metern über Adria. Durch eine automatische Bruchkantenerkennung wird jede Bruchkante der Vermessung zu einer Dreiecksseite. Somit geht kein Dreieck über eine Bruchkante hinaus. Dadurch wird jede gerade Gehsteigkante aus der Vermessung auch im DGM als Gerade dargestellt. Für die gesamte Strecke von der Oper Graz bis zum Schulzentrum St. Peter werden dabei 6.970 Dreiecke erstellt. Infolge der Dreiecksvermaschungen entsteht ein dreidimensionales Geländemodell. Die Gesamtfläche des erstellten Geländes beträgt dabei 72.964 m².

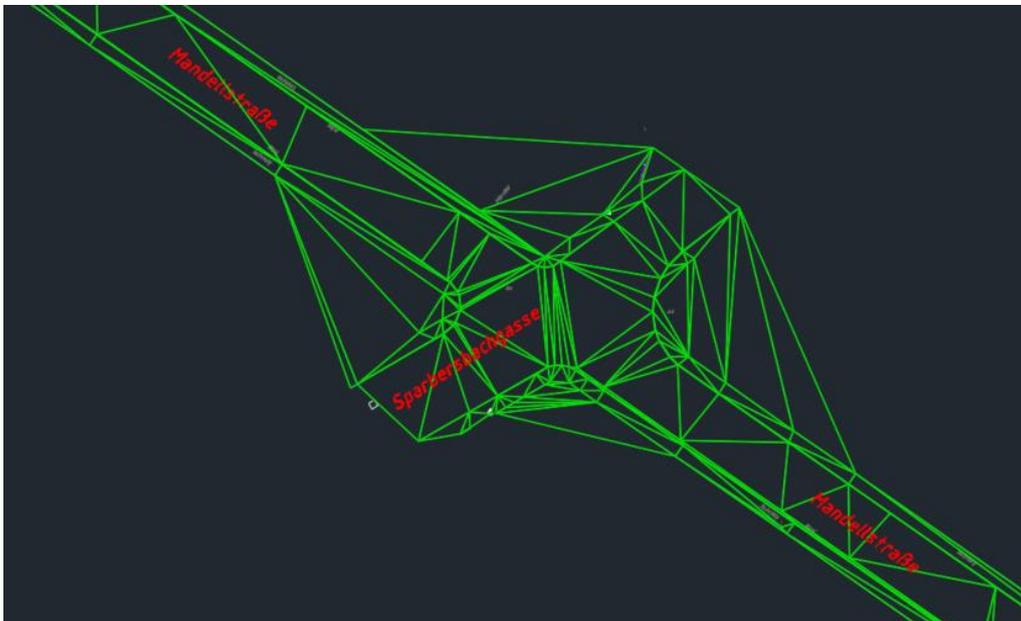


Abbildung 119: Berechnetes DGM am Knotenpunkt Sparbersbachgasse

Abbildung 120 zeigt das entstandene DGM am Knotenpunkt Sparbersbachgasse. Dabei sind der bestehende Straßenverlauf und der angrenzende niveauhöhere Gehsteig deutlich erkennbar.

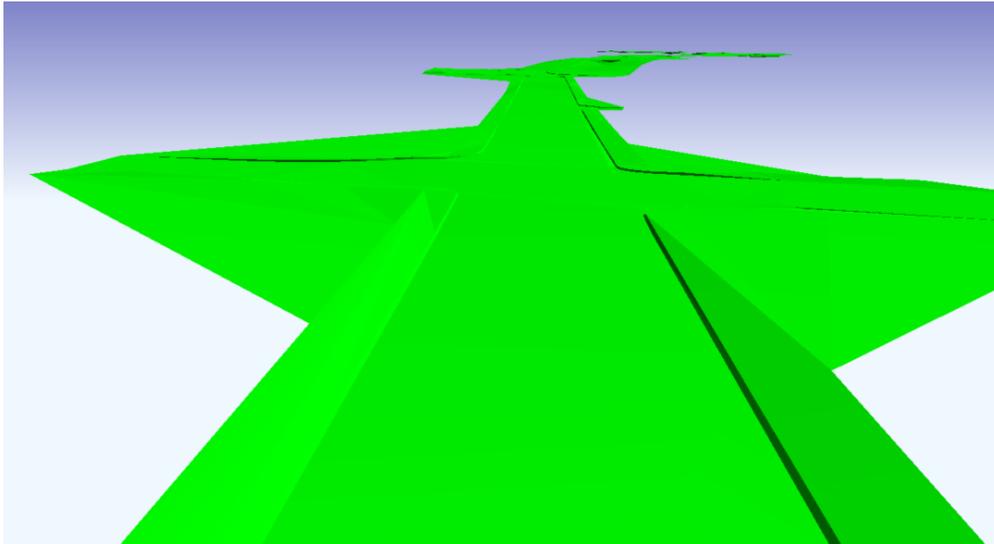


Abbildung 120: Digitales Geländemodell am Knotenpunkt Sparbersbachgasse

In Abbildung 121 erfolgt eine Gegenüberstellung zwischen dem digitalen Geländemodell und der Realität am Felix-Dahn-Platz. Betrachtet man den Verlauf der Gehsteigkanten, lässt sich eine große Ähnlichkeit feststellen. Ebenfalls gut erkennbar ist im DGM die Steigung der am Ende des Felix-Dahn-Platzes beginnenden Petersgasse.

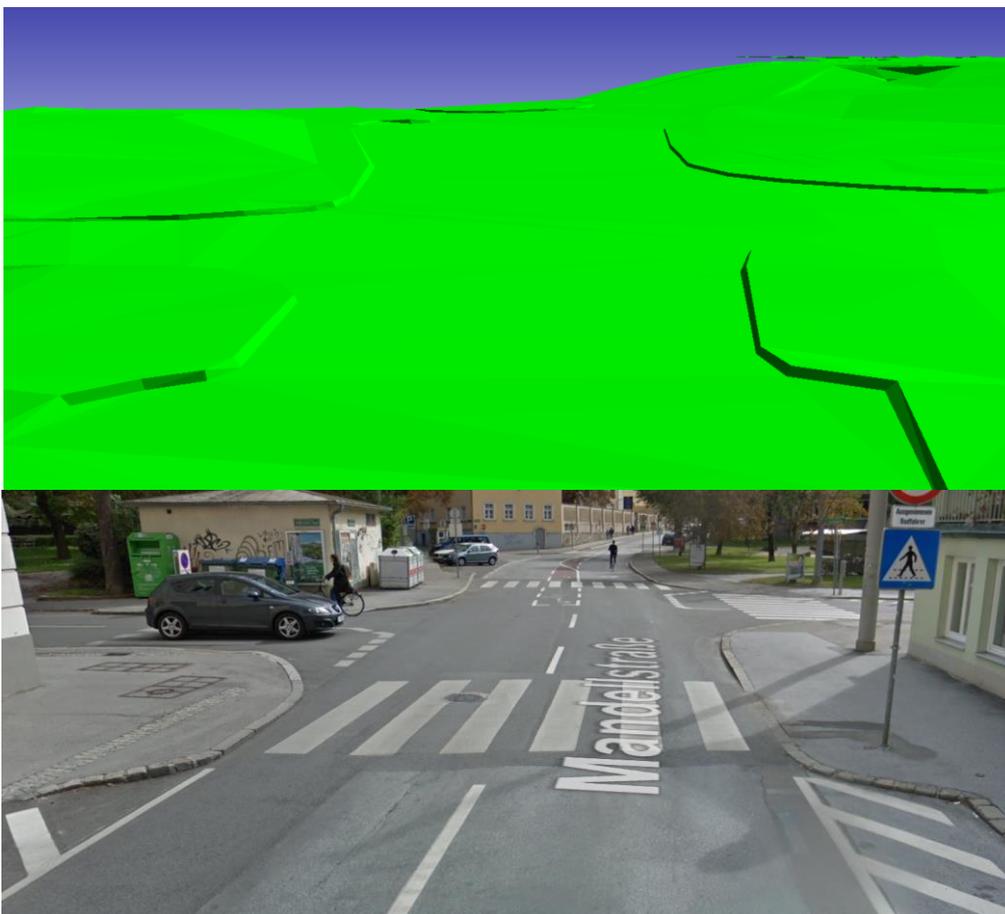


Abbildung 121: Vergleich zwischen digitalen Geländemodell mit der Realität am Felix-Dahn-Platz
[Google Street View, 2017]

7.1.1 Möblierung

Um das digitale Geländemodell zu verfeinern, wird es passend eingefärbt und mit der zugehörigen Möblierung ausgestattet. Für die Möblierung werden im VESTRA Punkte und Linien eingefügt, denen Attribute zugewiesen werden. Für die 3D-Visualisierung können im VESTRA Punkte als Bäume, Gebäude, Verkehrsschilder, Signalgeber, Laternen und Masten dargestellt werden. Für Linien stehen Zäune, Mauern, Hecken, Lärmschutzwände und Geländer als Attribut zur Verfügung. Abbildung 122 zeigt erneut den Felix-Dahn-Platz nach der vollständigen Möblierung.

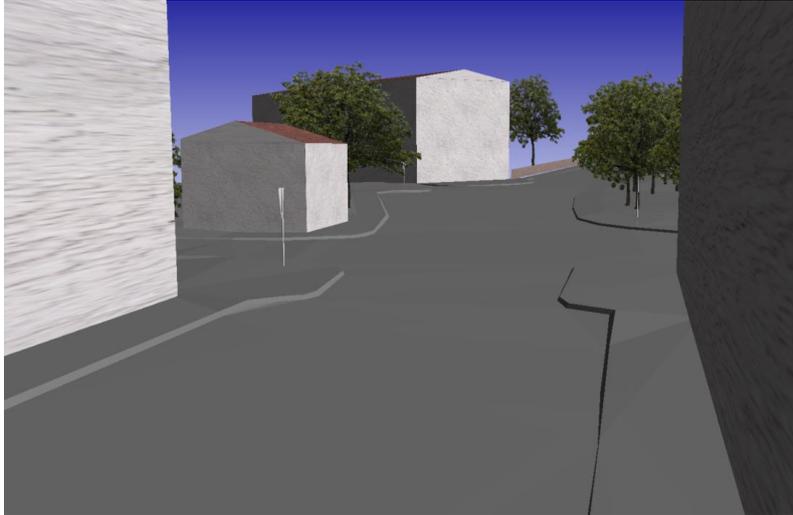


Abbildung 122: Möblierung am Felix-Dahn-Platz

7.2 Gradiente

Um nun die Radverkehrsachse in das künstlich erstellte Geländemodell einzufügen, wird eine Gradiente in das Modell trassiert. Die Gradiente gibt dabei die Linienführung der Radverkehrsachse vor. Anschließend wird sie mit dem Gelände verschnitten und ihr eine Breite und Höhe zugewiesen. Für den Zweirichtungsradweg beträgt die Regelbreite inklusive des Sicherheitsstreifens 3,85 m. Da der Radweg baulich vom mIV-Fahrstreifen getrennt ist, erhält er eine Erhöhung von 12 cm. Bei den Überfahrten senkt sich das Niveau auf jenes der Straße herab. Zusätzlich können über eigens erstellte Achsen Bodenmarkierungen abgebildet werden. Richtungspfeile sind als Bodenmarkierungen im VESTRA nicht vorhanden. Straßenbahnschienen lassen sich ebenfalls nicht in der 3D-Visualisierung einfügen. Deshalb sind die Knotenpunkte Glacisstraße, Sparbersbachgasse und Moserhofgasse in den kommenden Abbildungen ohne die querenden Straßenbahnschienen dargestellt.

Abbildung 123 veranschaulicht die 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Glacisstraße. Um die Radschnellverbindung hervorzuheben, wird sie in orange dargestellt. Auf der linken Seite erfolgt die Anbindung an die Hauptradroute 6 entlang des Stadtparks. Auf der rechten Seite befinden sich die Oper und der Kaiser-Josef-Platz.

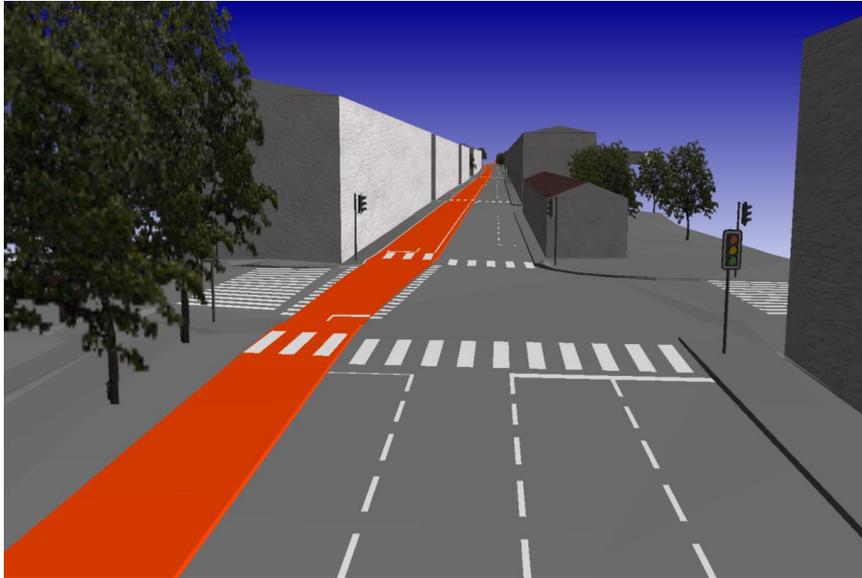


Abbildung 123: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Glacisstraße

Abbildung 124 stellt den Knotenpunkt Sparbersbachgasse dar. Dabei fallen speziell die Abbiegestreifen für den Radverkehr auf. Auf der linken Seite befindet sich die Aufstellfläche für das indirekte Linksabbiegen, um in Richtung Dietrichsteinplatz zu verkehren.



Abbildung 124: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Sparbersbachgasse

In Abbildung 125 ist der nun fertig modellierte Felix-Dahn-Platz zu sehen. Auffällig dabei sind die beiden Abbiegestreifen für den Radverkehr, um in die Schörgelgasse zu gelangen. Um ein Zu- und Abfahren zu ermöglichen, senkt sich der Radweg auf das Niveau des mIV-Fahrstreifens ab. Dahinter befindet sich die um 3 % ansteigende Petersgasse, entlang des Sacre Coeurs.

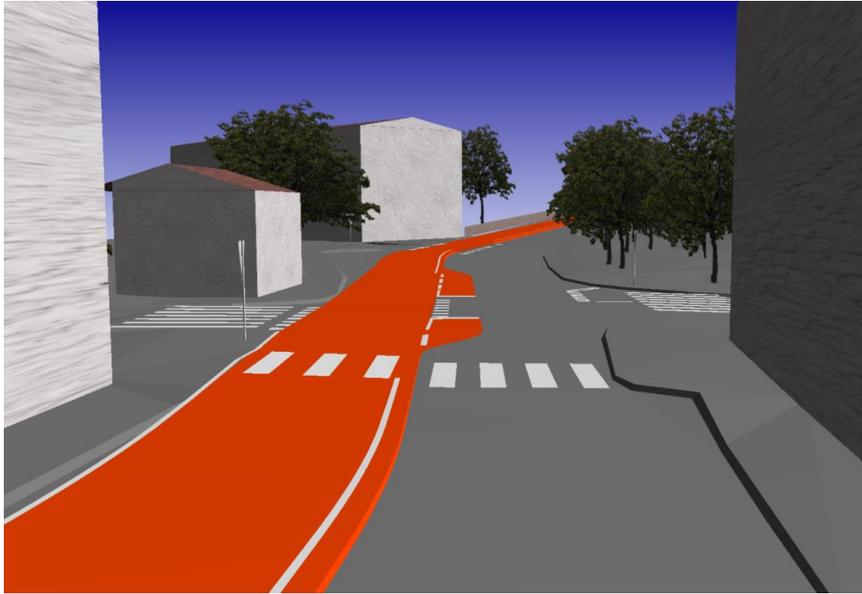


Abbildung 125: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Felix-Dahn-Platz

Abbildung 126 visualisiert die Kreuzung Moserhofgasse. An dieser Stelle ist die Radschnellverbindung in zwei Einrichtungsradstreifen aufgeteilt. Stadtauswärts führt ein Radfahrstreifen zum aufgeweiteten, vorgezogenen Radaufstellstreifen. Danach verläuft ebenfalls ein Radfahrstreifen an den Bäumen vorbei bis zum Schulzentrum St. Peter. Für den mIV ist ein Fahrstreifen in Richtung stadtauswärts vorgesehen. In die Gegenrichtung erkennt man den geteilten Fahrstreifen zwischen Radverkehr und ÖV. Straßenbahnschienen können wie zuvor erwähnt nicht dargestellt werden.



Abbildung 126: 3D-Visualisierung des Knotenpunkts Moserhofgasse

7.3 Entwässerung

Zum Abschluss wird die neue Radverkehrsachse hinsichtlich der Entwässerung untersucht. Dafür werden aus VESTRA Querprofile, die das Ursprungsgelände und den neuen Radweg beinhalten, ausgegeben und anschließend nachbearbeitet. Abbildung 127 zeigt das Querprofil in der Mandellstraße. In grau ist der vorhandene Straßenquerschnitt dargestellt. Dabei wird ersichtlich, dass die Entwässerung in der Mandellstraße über ein Dachprofil erfolgt. Die Straßenmitte befindet sich am höchsten Punkt und fällt nach außen mit einer Querneigung zwischen 3,4 und 4,2 % ab. Direkt neben dem Bordstein liegen beidseitig die blau eingefärbten Einlaufschächte, die das Niederschlagswasser ableiten. Die Gehsteige werden über eine Querneigung von zirka 3,5 % in Straßenrichtung entwässert.

Für die Radverkehrsachse bleibt die Entwässerung über ein Dachprofil bestehen. Durch die physische Trennung zum mIV wird die Fahrbahnoberfläche angehoben. Dadurch müssen die westlichen Einlaufschächte in der Höhe angepasst werden. Der Radweg wird dabei über eine Querneigung von zirka 4 % entwässert. Um ein höhere Querneigung des Radweges zu vermeiden, werden der westliche Gehweg und der Fahrstreifen für den mIV mit einer Querneigung von 2,5 % vorgesehen. Die östlichen Einlaufschächte sowie der Gehsteig bleiben unverändert.

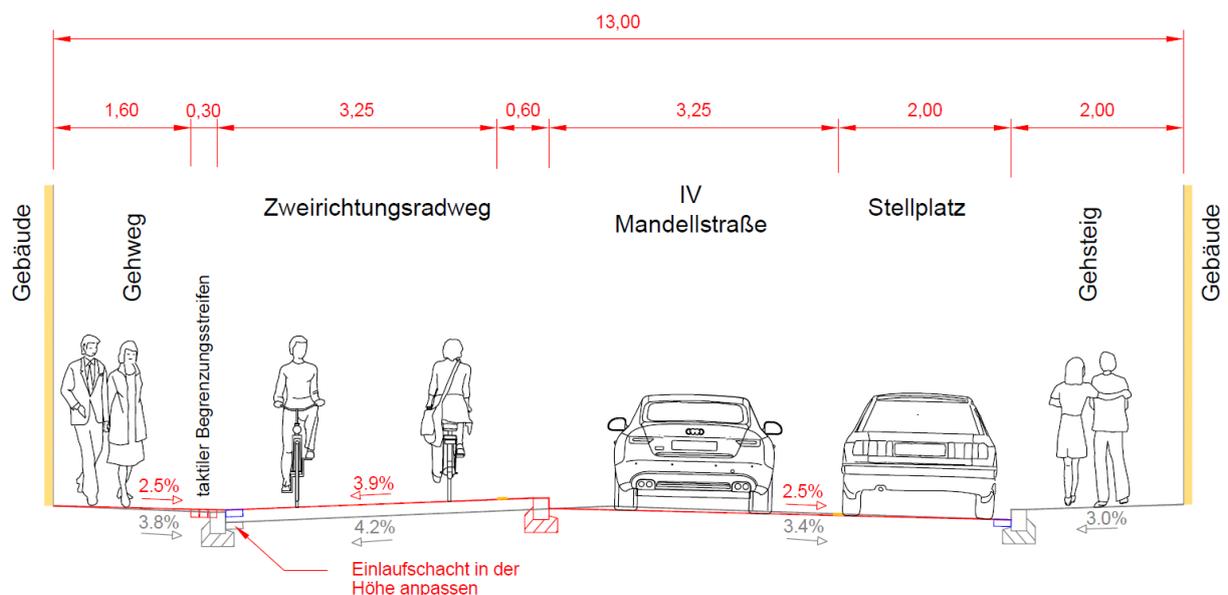


Abbildung 127: Entwässerung in der Mandellstraße (rot = neu, grau = Bestand)

Die Petersgasse ist ähnlich zu der Mandellstraße aufgebaut. Sie wird ebenfalls über ein Dachprofil entwässert. Abbildung 128 stellt das Querprofil in der Petersgasse vor dem Sacre Coeur dar. Die Querneigung im Bestand beträgt ca. 3,2 %. Beidseitig befinden sich neben dem Bordstein Einlaufschächte. Die Gehsteige sind mit einer Querneigung von zirka 2,9 % ausgestattet.

Aufgrund des breiteren Querschnitts ist für den Radweg eine Breite von 3,60 m möglich. Angesichts der baulichen Trennung zum mIV wird das Niveau der Radverbindung in der Petersgasse ebenfalls angehoben und mit einer Querneigung von 3,4 % vorgesehen. Infolgedessen müssen die westlichen Einlaufschächte in der Höhe angepasst werden. Das Dachprofil bleibt ähnlich zum Bestand erhalten. Der Gehweg bleibt wie im Bestand mit einer Querneigung von 2,9 % in Richtung der Straße unverändert. Der Fahrstreifen für den mIV wird mit einer Querneigung von 2,5 % entwässert. Die östlichen Einlaufschächte sind nicht von den Umbaumaßnahmen betroffen.

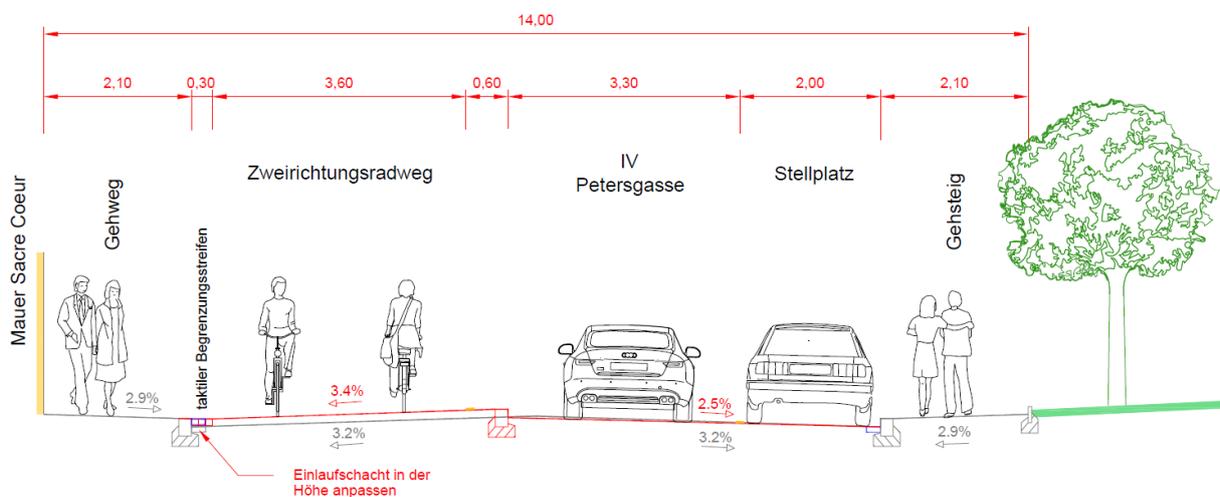


Abbildung 128: Entwässerung in der Petersgasse vor dem Sacre Coeur (rot = neu, grau = Bestand)

8 Fazit

8.1 Zusammenfassung

Im ersten Teil wurden zunächst Begriffe erläutert, die im Verlauf der Arbeit von Bedeutung sind. Aufgrund fehlender Erfahrungen zu Radschnellverbindungen in Österreich wurde eine Literaturrecherche zu den bereits bestehenden Standards in anderen Ländern durchgeführt. Dabei wurden die Empfehlungen von Deutschland, Niederlande, Schweiz, Dänemark und Großbritannien betrachtet und miteinander verglichen. Grundsätzlich sind Radschnellverbindungen durch Direktheit, Attraktivität, Sicherheit und Komfort gekennzeichnet. Sie stellen im Radverkehrsnetz die höchste Ebene dar, die wichtige Quell- und Zielbereiche über größere Entfernungen direkt miteinander verknüpfen. Als Zielgruppe von Radschnellverbindungen gelten vor allem Pendler, deren Mobilitätsverhalten durch einen Wechsel zum Fahrrad positiv beeinflusst wird. Dadurch können stark frequentierte Kfz-Strecken entlastet und die Umwelt geschont werden.

Baulich werden international sowohl Ein- als auch Zweirichtungsradwege empfohlen. Für den Einrichtungsverkehr sollten dabei Breiten zwischen 2,0 und 3,0 m erreicht werden. Breiten von 3,0 bis 4,0 m gelten für den Zweirichtungsradweg als Standard. In dicht bebauten Gebieten mit geringer mIV-Verkehrsstärke empfiehlt es sich, eine Fahrradstraße als Führungsform vorzusehen. Für eine sichere Knotenpunktsgestaltung sollten Überfahrten mit einer roten Bodenmarkierung ausgestattet sein. Zusätzlich kann die Überfahrt mit einem Fahrradpiktogramm und Richtungspfeilen verdeutlicht werden. Abbiegemöglichkeiten können je nach Platzgegebenheiten direkt oder indirekt erfolgen. Zur Entflechtung des Verkehrs sorgt vor VLSA-geregelten Knotenpunkten ein aufgeweiteter, vorgezogener Radaufstellstreifen. Zweirichtungsradwege müssen zudem bei einmündenden, untergeordneten Straßen und bei häufig befahrenen Grundstückszufahrten besonders gesichert werden.

In Österreich werden Radschnellverbindungen auch als Rad-Langstrecken bezeichnet. Einheitliche Richtlinien für Rad-Langstrecken sind aktuell in der *RVS für Radverkehr* und der StVO nicht vorhanden. Die Fahrradstraße wurde hingegen 2013 in der StVO verankert. Seitdem wurden bis 2015 bereits 23 Fahrradstraßen umgesetzt. 2018 befinden sich mittlerweile allein in Vorarlberg in zehn Gemeinden Fahrradstraßen. In Graz gibt es aktuell weder eine Rad-Langstrecke, noch eine Fahrradstraße. Das Grazer Umland wird über 13 Hauptradrouten mit dem Stadtzentrum verbunden. Zudem existieren sieben Landesradwege im übergeordneten Grazer Radnetz. Für das innerstädtische Radverkehrsnetz werden hauptsächlich Radfahrstreifen und Tempo 30 km/h Zonen angeboten.

Der zweite Teil der Arbeit legte das Hauptaugenmerk auf das innerstädtische Gebiet in Graz zwischen der Oper und dem Schulzentrum St. Peter. Mangels durchgängiger Parallelstraßen als Alternativen stellte sich für die neue Radverkehrsachse eine direkte Linienführung über die Mandellstraße und Petersgasse als einzige zufriedenstellende Lösung heraus. In der Masterarbeit von *Ziegerhofer* konnte bei Errichtung dieser Radverkehrsachse eine Verlagerung vom Kfz- zum Radverkehr mit einem zusätzlichen Potenzial von 150 Radfahrern pro Stunde ermittelt werden. Diese Route verbindet zudem die drei Campusbereiche Alte Technik, Neue Technik und Inffeld der Technischen Universität Graz. Im Rahmen einer Bestandsanalyse wurde diese Strecke auf alle Merkmale untersucht. Dabei wurden vor allem die bestehenden Parkstände, die angrenzende Radinfrastruktur, der Straßenquerschnitt, der öffentliche Verkehr, die Ein- bzw. Ausfahrten und die Knotenpunkte betrachtet.

Auf Basis der Literaturrecherche und der Bestandsanalyse wurden im Zuge einer Variantenstudie mehrere mögliche Varianten für die Radverkehrsachse ausgearbeitet. Variante 1 untersucht einen Zweirichtungsradweg, der als getrennter Geh- und Radweg geführt wird. In der zweiten Variante wird ein gemischter Geh- und Radweg als Einrichtungsradweg betrachtet. Die dritte Variante befasst sich mit einem Radfahrstreifen im Einrichtungsverkehr. Als alternative Führungsform wird die Fahrradstraße in Variante 4 näher betrachtet. Bei den Grobentwürfen wurden im wesentlichen Radwege- und Fußgängerführung, Parkstände sowie die Führung des öffentlichen Verkehrs berücksichtigt. Unter der Abwägung aller Vor- und Nachteile wurden im Anschluss die Varianten gegenübergestellt. Um diese vergleichbar zu machen, wurden sie mittels einer Nutzwertanalyse quantifiziert. Daraus resultieren für alle wesentlichen Indikatoren Zielerreichungsgrade. Für die Gewichtung wurden mehrere Szenarien aus unterschiedlichen Blickwinkeln erstellt, um die Sensitivität der Ergebnisse zu überprüfen. Aus der Sicht eines Radfahrers wäre eine Fahrradstraße die beste Variante als Führungsform für die Radverkehrsachse in der Mandellstraße und Petersgasse. Für den Kfz-Verkehr und aus neutraler Perspektive erweist sich allerdings Variante 1 als Zweirichtungsradweg als geeignetste Lösung. Nach der Berücksichtigung aller Vor- und Nachteile wurde der Zweirichtungsradweg mit besonderem Schwerpunkt der Knotenpunkte im Detail geplant. In dieser Variante wird der mIV über eine Einbahn stadtauswärts mit einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 30 km/h geführt. Etwas mehr als die Hälfte der Kfz-Parkstände können dabei erhalten und die Kapazität der Radabstellplätze ca. verdoppelt werden. Die Schulbushaltestelle stadteinwärts vor dem Sacre Coeur sowie beide Haltestellen vor dem Friedhof St. Peter müssen verlegt werden. In der Knotenpunktsgestaltung kommen das indirekte Linksabbiegen sowie der aufgeweitete vorgezogene Radaufstellstreifen zum Einsatz. Bei Zweirichtungsradwegen müssen Überfahrten und Ein- bzw. Ausfahrten besonders gesichert werden. Deshalb werden für eine erhöhte Verkehrssicherheit die Überfahrten rot eingefärbt und mit Fahrradpiktogrammen und Pfeilen markiert. Private Zufahrten werden ebenfalls rot markiert, da ein auframpen aufgrund der beengten Platzverhältnisse nicht möglich ist. Ab dem Knotenpunkt Waltendorfer Gürtel teilt sich der Zweirichtungsradweg in zwei Einrichtungsschnellverbindungen auf, um bei der nächsten Kreuzung Moserhofgasse für ein sicheres und flüssigeres Queren zu sorgen. Nach der Überfahrt bei der Haltestelle *Schulzentrum St. Peter* erreicht man erneut über einen Zweirichtungsradweg den bestehenden Radweg in der Inffeldgasse. Für eine Steigerung des Komforts sollte die Radverkehrsachse mit Trittbrettern mit Haltegriffen und mit Countdown-Anzeigen ausgestattet sein. Zum Abschluss wurde die entworfene Radverkehrsachse mithilfe der Straßenentwurfsoftware VESTRA modelliert. Zunächst wurde dafür die Stadtvermessung in das Programm eingelesen. Bei der Berechnung entsteht über Dreiecke ein digitales Geländemodell. Um die untersuchte Route ansehnlicher darzustellen, wurde zusätzlich die Möblierung des Bestandes eingefügt. Zu der Möblierung zählen Gebäude, Bäume, Verkehrsschilder, VLSA, Zäune und Hecken. Für die Radverkehrsachse wurde eine Gradientenkonstruktion erstellt, die die Linienführung sowie die Breite und den Absatz des Radweges vorgibt. Über den 3D-Viewer kann das gesamte Modell ausgegeben und in den bestimmten Farben angepasst werden. Im Anhang befindet sich die Dokumentation zur genauen Vorgehensweise.

8.2 Schlussfolgerung

Um die Mobilitätsziele der Stadt Graz zu realisieren, wäre es von Bedeutung die bestehende Radinfrastruktur weiter auszubauen und attraktiver zu gestalten. Diese Ziele sehen unter anderem vor, den mIV-Anteil bis 2021 von 45 % auf 37 % zu senken. Gleichzeitig sollte ein Anstieg des Radverkehrs von 16 % auf 20% erreicht werden. In den Vorzeigeländern Dänemark und den Niederlanden wurde durch Neuerrichtungen von Radschnellverbindungen speziell bei Pendlern ein Umdenken ihres Mobilitätsverhaltens bewirkt. Nach der Eröffnung eines Radschnellweges in Dänemark konnte ca. ein Viertel der Pkw-Pendler für den Radverkehr gewonnen werden. Durch die Förderung des Radverkehrs können somit Pull-Effekte erzeugt werden.

Auch E-Bikes stellen die teils veraltete Radinfrastruktur vor neue Herausforderungen. Die Linienführung muss den höher werdenden Reisegeschwindigkeiten dementsprechend angepasst werden. Zudem besteht durch die größere Geschwindigkeitsdifferenz zu den anderen Radfahrern ein erhöhtes Konfliktpotenzial.

Während das Grazer Umland über ein sternförmiges Netz gut mit dem Zentrum angebunden ist, besteht vor allem im Stadtzentrum Aufholbedarf. Die beengten Platzverhältnisse nimmt zum Großteil der mIV in Anspruch. Um eine Verlagerung des Modal Splits zugunsten des Radverkehrs zu schaffen, muss deshalb speziell im Stadtzentrum der Radverkehr gefördert werden. Für die Achse Oper bis zum Schulzentrum St. Peter stellt sich ein Zweirichtungsradweg als ideale Lösung heraus. Mit diesem Angebot erreichen einerseits die Studierenden und Bediensteten der Technischen Universität Graz problemlos alle drei Campusbereiche, andererseits können Anrainer und Pendler die Route für ihre alltäglichen Wege ins Stadtinnere nützen. Die Fahrradstraße und die zwei Einrichtungsradfahrstreifen als Führungsformen können ebenfalls für den Radverkehr im innerstädtischen Bereich angewandt werden. Der gemischte Geh- und Radweg erweist sich aufgrund des Konfliktpotenzials mit Fußgängern als unattraktive Variante. Kreuzende Radverbindungen können als Zu- und Abfahrt zur Radverkehrsachse integriert werden. Die auftretenden Einschränkungen für den Kfz-Verkehr können durch eine Verlagerung vom mIV zum Fahrrad sowie durch Optimierung der VLSA-Schaltungen in den umliegenden Straßen kompensiert werden. Für Anrainer besteht als Ausgleich zu den entfallenen Stellplätzen die Möglichkeit, abends am Gelände der Technischen Universität Graz ihren Pkw abzustellen.

8.3 Ausblick

Eine Umsetzung dieser Radverkehrsachse würde ein deutliches Zeichen in Richtung einer nachhaltigen und zukunftsorientierten Verkehrspolitik in Graz setzen. Infolgedessen können Stausituationen reduziert und die Umwelt entlastet werden. Bei positiver Evaluierung besteht zudem die Möglichkeit, das Radverkehrsnetz im Stadtzentrum auszuweiten und für ein lückenloses Netz in Graz zu sorgen. Folglich würde ein verstärktes Umdenken bei der Verkehrsmittelwahl erfolgen.

Bei der Knotenpunktsgestaltung steht vor allem die Verkehrssicherheit im Vordergrund. Bei Überfahrten und Zufahrten muss deutlich auf den kreuzenden Radverkehr hingewiesen werden. An den VLSA-geregelten Knotenpunkten sollte der Radverkehr zudem priorisiert werden, damit die Qualität der Radverkehrsachse nicht durch lange Wartezeiten beeinträchtigt wird.

Aus den dadurch gewonnenen Erfahrungen sollten, wie bereits international praktiziert, Empfehlungen bzw. in späterer Folge Richtlinien ausgegeben werden. Dadurch kann und muss auch in Österreich, insbesondere in den Großstädten, ein hoher Standard für Radschnellverbindungen erreicht werden.

Literaturverzeichnis

- Alrutz D. (2012) *Radschnellwege in der Praxis*, Vortrag am 12. Dezember 2012 in Frankfurt/Main.
- Amt der Tiroler Landesregierung (2007) *Planungsleitfaden Radverkehr: Radfahranlagen/ Auswahlkriterien/ Trassierung/ Sichere Knotengestaltung/ Bodenmarkierungen*, Innsbruck.
- Amt der Vorarlberger Landesregierung (2017) *Wissenswertes zur Fahrradstraße*, Feldkirch.
- Arbeitsgruppe für Siedlungsplanung und Architektur AG (2014) *Projektstudie Velobahnen: Stadt Winterthur*, Rapperswil-Jona.
- Baker J., Bernet J., Humbert-Droz P., Leuenberger G., Schmid M. & Scholten E., et al. (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 – BMVIT (2015) *Neue Wege zur Förderung des Radverkehrs in Gemeinden: Die Umsetzung von Fahrradstraßen, Begegnungszonen und Radwegen ohne Benützungspflicht*, Wien.
- Diamant Redaktion (2018) *Radschnellwege in Deutschland*. https://www.diamantrad.com/blog/radschnellwege-deutschland/#Uebersicht_der_Merkmale_von_Radschnellwegen, Zugriff am 4. Juli 2018.
- Energieinstitut Vorarlberg (o. J.) *Wissenswertes zur Fahrradstraße*.
- Gemeente Almere (2016) *Ambitiedocument Spoorbaanpad.*, Almere.
- Glösl C. (o. J.) *Grazer Radwege*. https://www.cityradeln.at/grazer-radwege.html#hr2_haupttradroute_2, Zugriff am 14. Juli 2018.
- Google Street View (2017). <https://www.google.at/maps/@47.0663036,15.4523515,3a,75y,131.58h,65.39t/data=!3m6!1e1!3m4!1sU8IYCH98F5gExxT-KFRkNw!2e0!7i13312!8i6656?hl=de>, Zugriff am 24. September 2018.
- Groot R. de (2016) *Design Manual for Bicycle Traffic*. 28. Aufl. CROW, Ede.
- Gwiasda P., Alrutz D., Angenendt W., Berg G., Blase A. & Bohle W., et al. (2014) *FGSV-Arbeitspapier Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen*. FGSV-Verl., Köln.
- Gwiasda P. (2017) *Einsatz und Gestaltung von Radschnellverbindungen: 13. Sommerakademie Graz*, Vortrag am 13. September 2017 in Graz.
- Ingram A. (2016) *Lost in Transition*. <http://alexinthecities.co.uk/2016/11/lost-in-transition/>, Zugriff am 23. Juli 2018.
- Iversen A., Hansen H., Harberg J., Tinghuus J., Jakobsen M. & Payanda M., et al. (2016) *HÅNDBOG SUPERCYKELSTIER: ANLÆG OG PLANLÆGNING*, Kopenhagen.
- Kopcsandi M. (2018) *Bad Radkersburger fahren auf Steiermarks erste Fahrradstraße ab!* <https://www.meinbezirk.at/suedoststeiermark/lokales/bad-radkersburger-fahren-auf-steiermarks-erste-fahrradstrasse-ab-d2599376.html>, Zugriff am 24. Juli 2018.

- Land Salzburg (2015) *Salzburg Mobil 2025: Salzburger Landesmobilitätskonzept*. Dialogforum am 28. Jänner 2015.
- Marktgemeinde Hard (2017) *E5-ERFA Fahrradstraßen*.
- Ministerium für Verkehr und Infrastruktur Baden-Württemberg (2016) *Musterlösungen für Radverkehrsanlagen in Baden-Württemberg*.
- OpenStreetMap (2018). <https://www.openstreetmap.org/#map=18/47.06070/15.46105&layers=C>, Zugriff am 24. September 2018.
- Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (2007) *RVS 05.04.36 VLSA-Plansymbole*, Wien.
- Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr (2014) *RVS 03.02.13 Radverkehr*, Wien.
- Radlobby Wien (2018) *Radlobby Erfolg: Masterplan Fahrradstraßen*. <https://www.radlobby.at/wien/radlobby-erfolg-masterplan-fahrradstrassen>, Zugriff am 24. Juli 2018.
- Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten (SVI) (2018) *Merkblatt 2018/02: Hinweise für die Planung von Veloschnellrouten (Velobahnen)*, Bern.
- Schweizerischer Verband der Straßen- und Verkehrsfachleute (VSS) (2013) *Forschungsauftrag VSS 2007/306: Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs*, Zürich.
- SEKRETARIATET FOR SUPERCYKELSTIER (o. J.) *Cycle Superhighways: Capital Region of Denmark*.
- Spapè I. (2016) *(Fast) alles über Radschnellstrecken in Europa in 10 Fragen...Sind Sie Radschnellwegexperte?: Perspektiven innovativer Radverkehrsordnung für NRW*. Vortrag im Februar 2016 in Essen.
- Spapè I., Fuchs C. & Gerlach J. (2015) *Status Quo und Erfahrungen mit dem Betrieb von Radschnellwegen in den Niederlanden, Dänemark, Großbritannien und Deutschland*.
- Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung (o. J.) *Mobilitätsstrategie der Stadt Graz: Ziele*, Graz.
- Stadt Graz-Abteilung für Verkehrsplanung (2011) *Verkehrsplanungsrichtlinie*, Graz.
- Stadt Münster / Amt für Verkehrsplanung (o. J.) *Musterblätter zur Revision für Radverkehrsanlagen*, Münster.
- Stadt Wien (o. J.) *Anlageart - Fahrradstraße*. <https://www.wien.gv.at/verkehr/radfahren/bauen/anlagearten/fahrradstrasse.html>, Zugriff am 4. Juli 2018.
- Stadt Wien (o. J.) *Konzept für Rad-Langstrecken in Wien*. <https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/radwege/langstrecken/>, Zugriff am 4. Juli 2018.

- Stadt Wien (o. J.) *Qualitätskriterien für Rad-Langstrecken*.
<https://www.wien.gv.at/stadtentwicklung/projekte/verkehrsplanung/radwege/langstrecken/qualitaetskriterien.html>, Zugriff am 4. Juli 2018.
- StVO (2011) § 52 StVO 1960 *Die Vorschriftszeichen*.
- StVO (2013) § 67 StVO 1960 *Fahrradstraße*.
- StVO (2018) § 53 StVO 1960 § 53. *Die Hinweiszeichen*.
- Transport for London (o. J.) *Cycle Superhighways*. <https://tfl.gov.uk/modes/cycling/routes-and-maps/cycle-superhighways>, Zugriff am 23. Juli 2018.
- Transport for London (2013) *Central London Grid: Central London Grid: Changing the culture of cycling in London*, London.
- Transport for London (2014) *London Cycling Design Standards*, London.
- Velokonferenz Schweiz (2015) *Velobahnen: Grundlagendokument*, Bern.
- Vorarlberger Nachrichten (2018) *Vorfahrt fürs Fahrrad auf immer mehr Straßen*.
<https://www.vn.at/lokal/vorarlberg/2018/04/08/vorfahrt-fuers-fahrrad-auf-immer-mehr-strassen.vn>, Zugriff am 24. Juli 2018.
- Winkler R. (2016) *Sicher Fahren in Europa: Radschnellwege - Potentiale und Einsatzgrenzen*. Vortrag am 11. Oktober 2016.
- Ziegerhofer S. (2017) *Verlagerungseffekte durch Radschnellverbindungen am Beispiel von Graz*. Masterarbeit, Graz.
- ZIS+P (2014) *Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung 2013*. Im Auftrag von: Magistrat der Stadt Graz; Abteilung für Verkehrsplanung, Graz.

Anhang

Anhang A – Weitere Berechnungen der Nutzwertanalyse

Anbindung an bestehende Radinfra.	V1	V2	V3	V4
Franz-Graf-Allee	2	1,5	1,5	1,5
Kaiser-Josef-Platz	0,5	1	1	1,5
Lessingstraße	2	1	1	1
Technikerstraße	2	1	1	1
Schörgelgasse Süd	1	1,5	1,5	1,5
Schörgelgasse Nord	2	1,5	1,5	1,5
Hafnerriegel	1	1,5	1,5	2
Waltendorfergürtel	2	1,5	1,5	1,5
Friedensgasse	1	1	1	1
Summe	13,5	11,5	11,5	12,5
ZEG	80	60	60	70

direkter Zugang je Richtung 1 Punkt
 Zugang vorhanden aber Straße zu kreuzen 0,5 Punkte
 Zugang nicht möglich 0 Punkte

Summe	17-18	15-16	13-14	12	11	10	9	8	7	6	0-5
ZEG	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0

	V1	V2	V3	V4
mIV-Verlagerung	mittel	unverändert	mittel	sehr hoch
ZEG	60	100	60	0

Verlagerung	unverändert	gering	mittel	hoch	sehr hoch
ZEG	100	80	60	40	0

Verkehrssicherheit	V1	V2	V3	V4
Konfliktpotential Fußgänger/Radfahrer	90	20	100	100
Konfliktpotential mIV/Radfahrer	100	100	80	80
Konfliktpot. Fußg./Radf. bei Schutzstreifenüberquerung	70	70	40	80
Konfliktpot. mIV Abbieger/Radfahrer	40	80	60	90
Verkehrsberuhigung	80	0	80	100
ZEG	76	54	72	90

0-100
 sehr schlecht bis sehr gut

bauliche Maßnahmen	V1	V2	V3	V4
Radweg an Gehsteig anpassen + Randleiste versetzen	50	0	100	100
Bodenmarkierungen	80	80	80	80
VLSA	70	90	70	70
ZEG	67	57	83	83

0-100
 sehr hoch bis sehr wenig

Für den Indikator Knotenpunktsgestaltung wird zur Bestimmung des Zielerreichungsgrades eine eigene Nutzwertanalyse aufgestellt. Die Gewichtung der Knotenpunkte erfolgt durch die Anzahl der Radfahrer die an dem Knotenpunkt im Rahmen einer Verkehrszählung gezählt wurden. Die Aufteilung des gezählten mIV verhält sich ähnlich zu jenem der Radfahrer. Die Teil-Indikatoren Abbiegemöglichkeiten für den Radfahrer und Komplexität der VLSA werden aufgrund der höheren Priorität der Abbiegemöglichkeiten mit zwei Dritteln zu einem Drittel der Gewichtung aufgeteilt.

Knotenpunktsgestaltung

Indikator	Gewicht	ZEG V1	TNW V1	ZEG V2	TNW V2	ZEG V3	TNW V3	ZEG V4	TNW V4
lokal									
Anbindung Franz-Graf-Allee	0,09								
Abbiegemöglichkeiten Radfahrer	0,06	100	6,0	80	4,8	80	4,8	80	4,8
Komplexität VLSA	0,03	100	3,0	80	2,4	80	2,4	80	2,4
Sparbersbachgasse	0,14								
Abbiegemöglichkeiten Radfahrer	0,10	80	7,7	80	7,7	80	7,7	80	7,7
Komplexität VLSA	0,05	50	2,4	50	2,4	50	2,4	100	4,8
Felix-Dahn-Platz	0,17								
Abbiegemöglichkeiten Radfahrer	0,17	80	13,7	80	13,7	80	13,7	80	13,7
Steyrergasse	0,19								
Abbiegemöglichkeiten Radfahrer	0,19	60	11,3	60	11,3	60	11,3	80	15,0
Waltendorfer Gürtel	0,20								
Abbiegemöglichkeiten Radfahrer	0,13	100	13,5	80	10,8	80	10,8	80	10,8
Komplexität VLSA	0,07	70	4,7	60	4,0	60	4,0	60	4,0
Moserhofgasse	0,20								
Abbiegemöglichkeiten Radfahrer	0,14	80	10,9	60	8,2	80	10,9	80	10,9
Komplexität VLSA	0,07	70	4,8	80	5,4	70	4,8	70	4,8
ZEG	1,00		78		71		73		79

Gewichtung	#Radfahrer	Anteil in %
Anbindung Franz-Graf-Allee	282	0,09
Sparbersbachgasse	455	0,14
Felix-Dahn-Platz	540	0,17
Steyrergasse	591	0,19
Waltendorfer Gürtel	636	0,20
Moserhofgasse	643	0,20
Summe	3147	1,00

Abbiegemöglichkeiten Radfahrer

V1	V2	V3	V4
----	----	----	----

Anbindung Franz-Graf-Allee

Anzahl Abbiegemöglichkeiten	2	1,5	1,5	1,5
ZEG	100	80	80	80

2	1,5	1	0,5
100	80	60	40

Sparbersbachgasse

Anzahl Abbiegemöglichkeiten	3	3	3	3
ZEG	80	80	80	80

4	3	2	1
100	80	60	40

Felix-Dahn-Platz

Anzahl Abbiegemöglichkeiten	3	3	3	3
ZEG	80	80	80	80

4	3	2	1
100	80	60	40

Steyrergasse

Anzahl Abbiegemöglichkeiten	1	1	1	1,5
ZEG	60	60	60	80

2	1,5	1	0,5
100	80	60	40

Waltendorfer Gürtel

Anzahl Abbiegemöglichkeiten	2	1,5	1,5	1,5
ZEG	100	80	80	80

2	1,5	1	0,5
100	80	60	40

Moserhofgasse

Anzahl Abbiegemöglichkeiten	1,5	1	1,5	1,5
ZEG	80	60	80	80

2	1,5	1	0,5
100	80	60	40

Abbiegen direkt möglich je Richtung 1 Punkt
 Abbiegen indirekt möglich je Richtung 0,5 Punkte
 Abbiegen nicht möglich 0 Punkte

Komplexität VLSA

V1	V2	V3	V4
----	----	----	----

Anbindung Franz-Graf-Allee

Anzahl Signalgeber	2	3	3	3
ZEG	100	80	80	80

2	3	4	5	6
100	80	70	60	50

Sparbersbachgasse

Anzahl Signalgeber	6	6	6	2
ZEG	50	50	50	100

2	3	4	5	6
100	80	70	60	50

Waltendorfer Gürtel

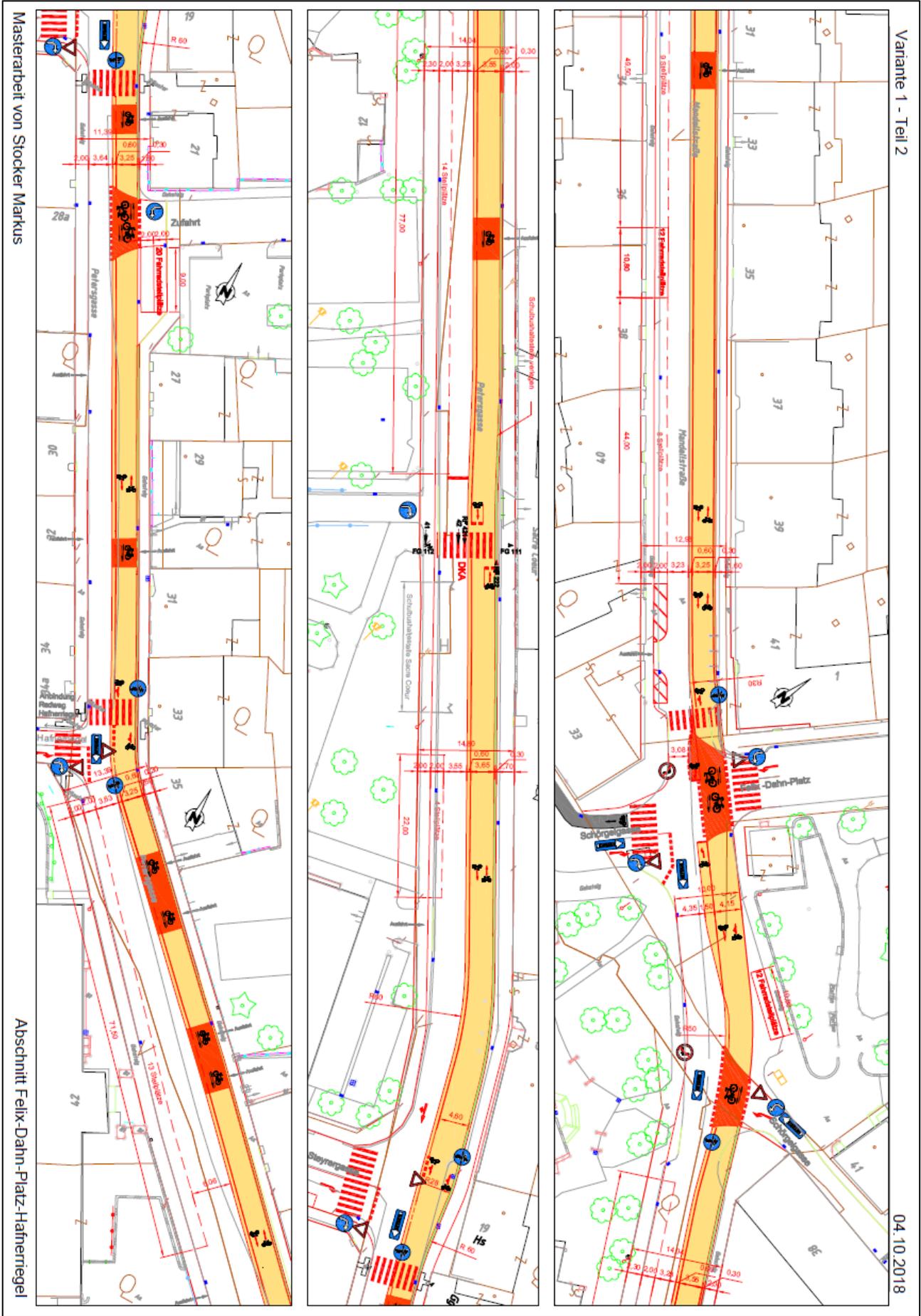
Anzahl Signalgeber	4	5	5	5
ZEG	70	60	60	60

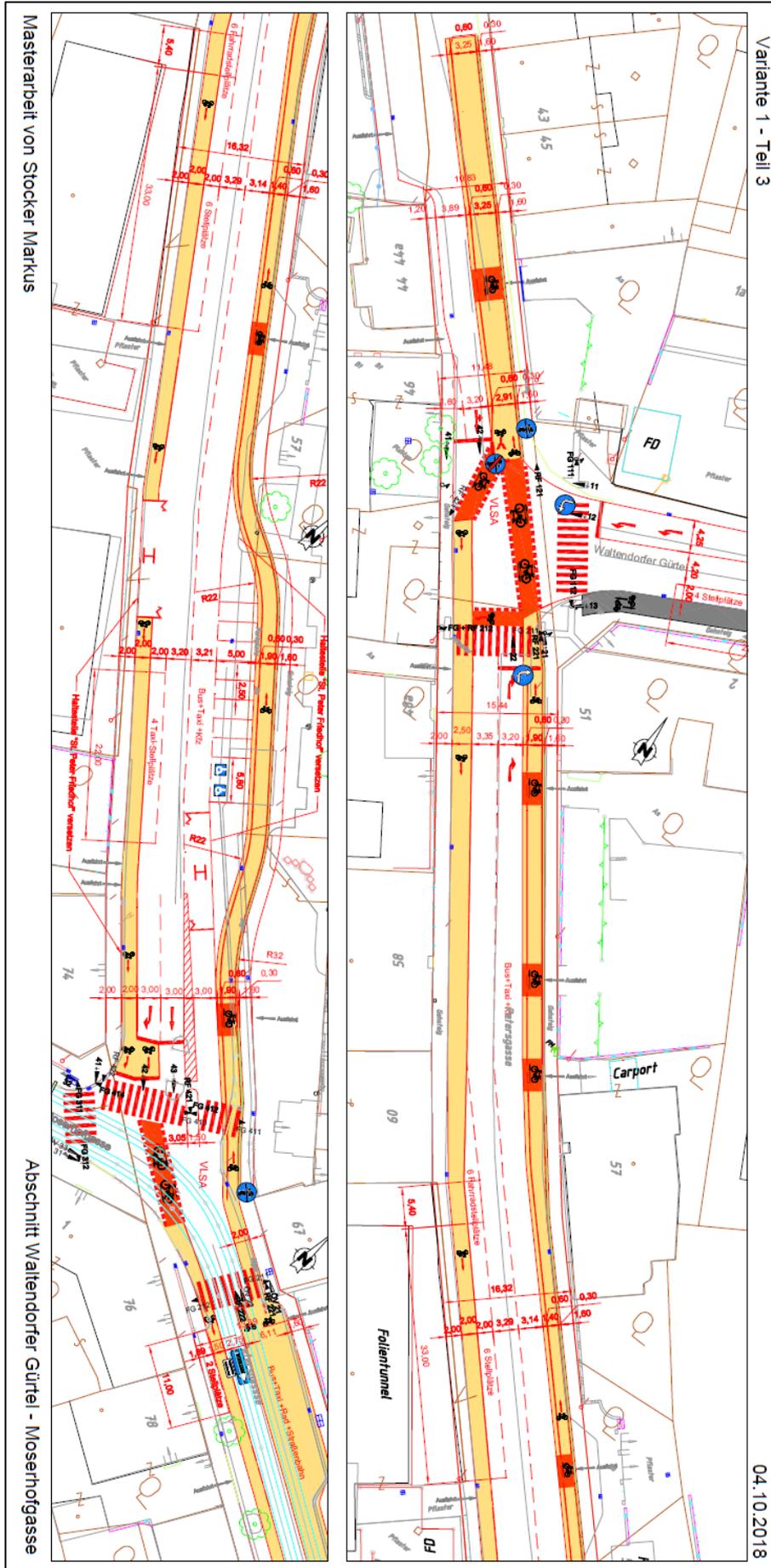
2	3	4	5	6
100	80	70	60	50

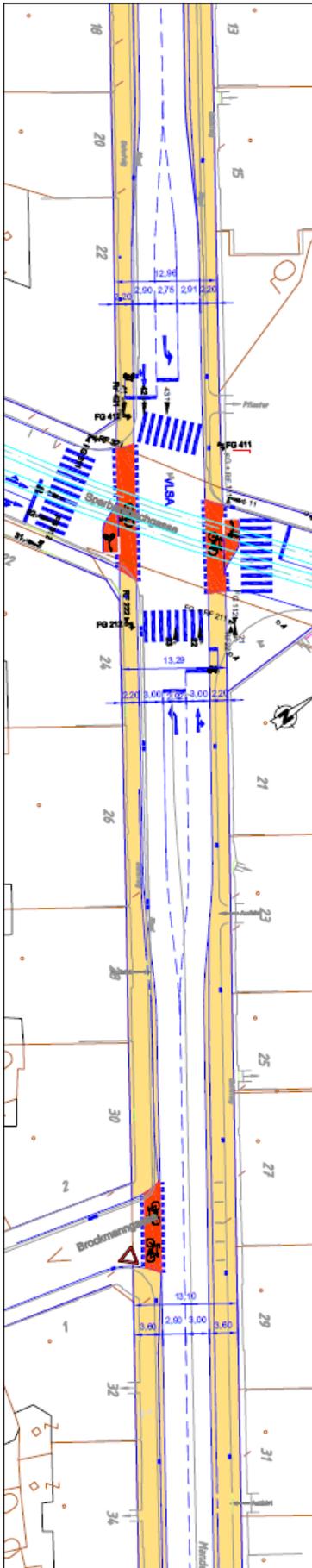
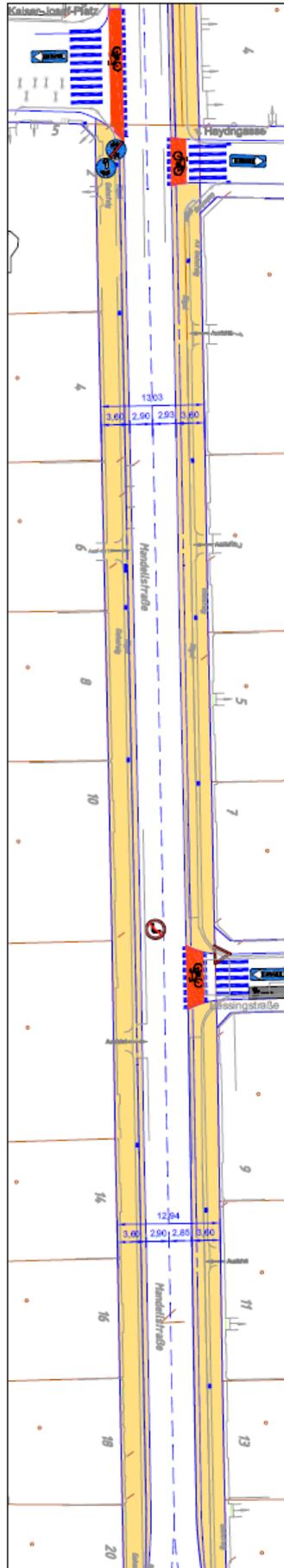
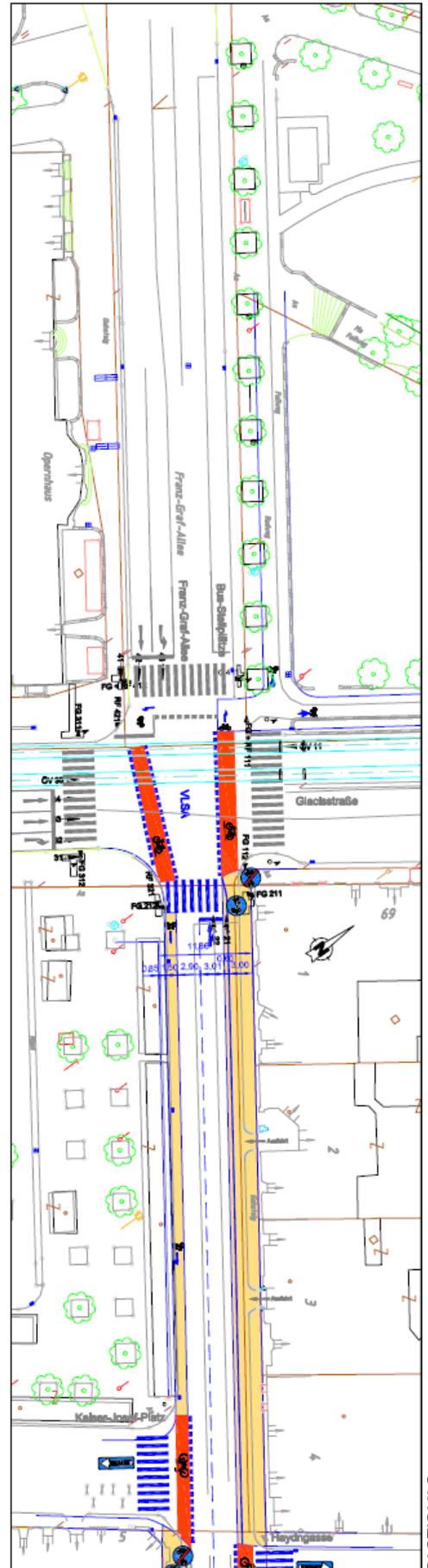
Moserhofgasse

Anzahl Signalgeber	4	3	4	4
ZEG	70	80	70	70

2	3	4	5	6
100	80	70	60	50

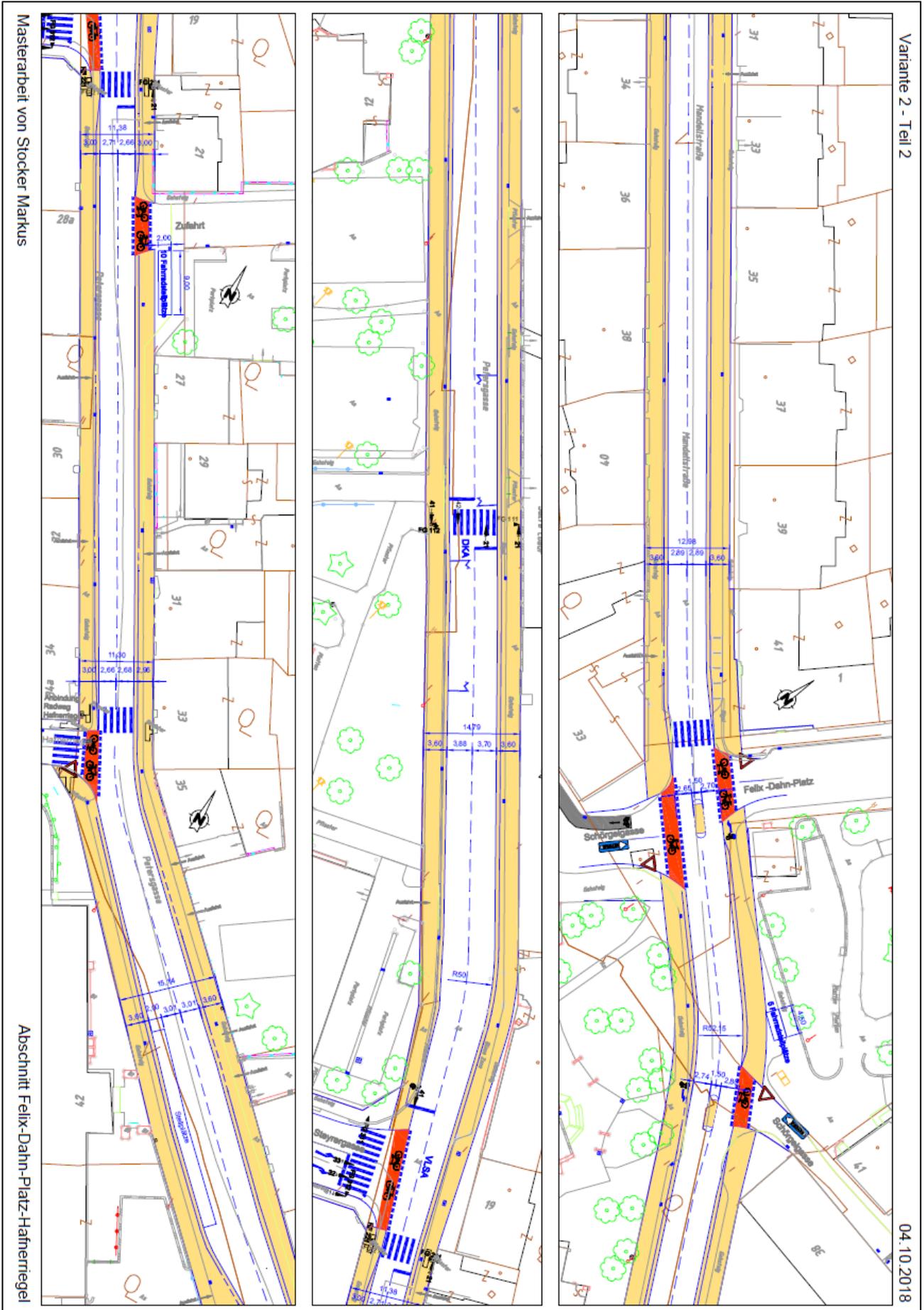


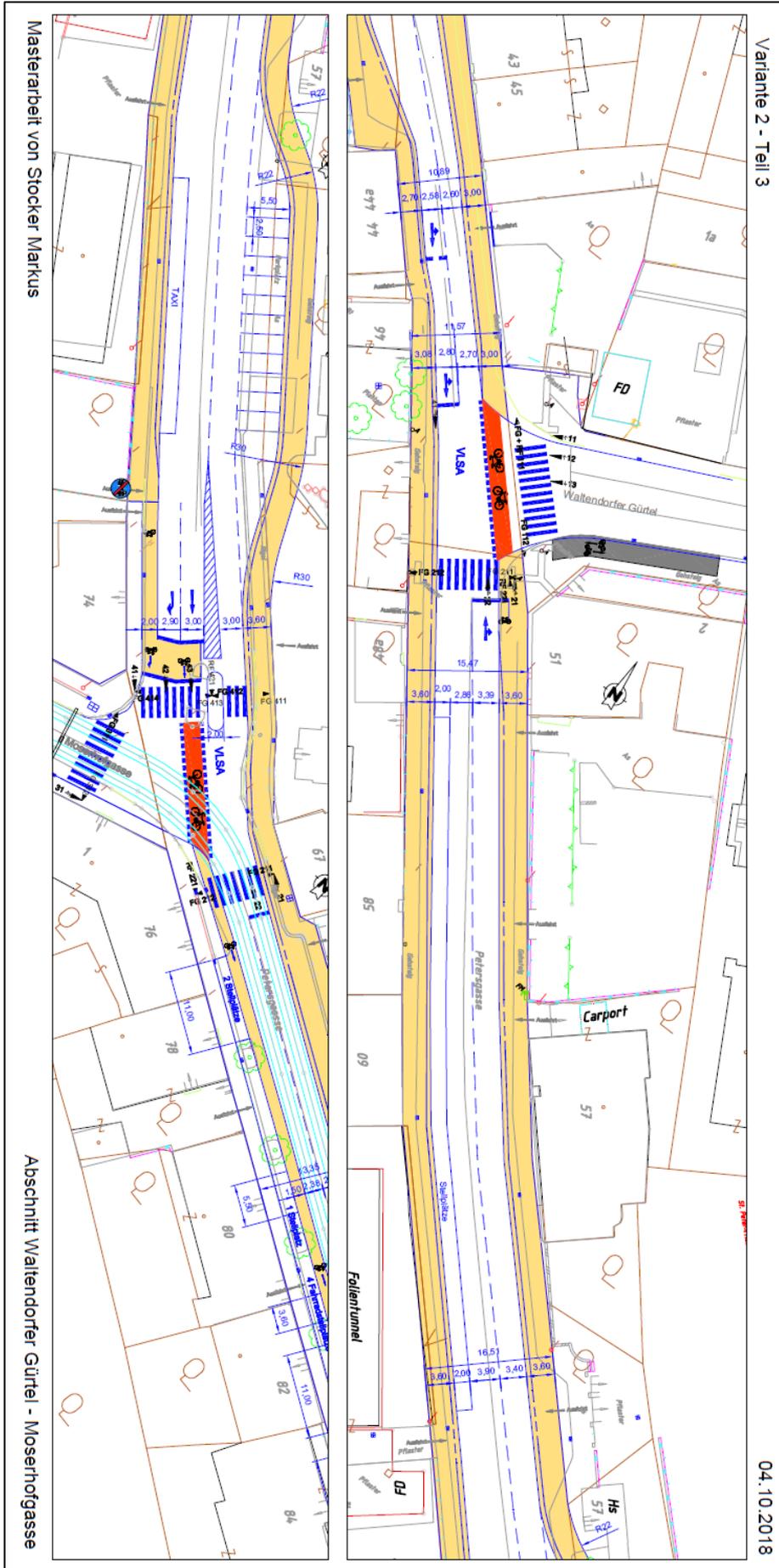




Masterarbeit von Stocker Markus

Abschnitt Franz-Graf-Allee - Brockmannstraße



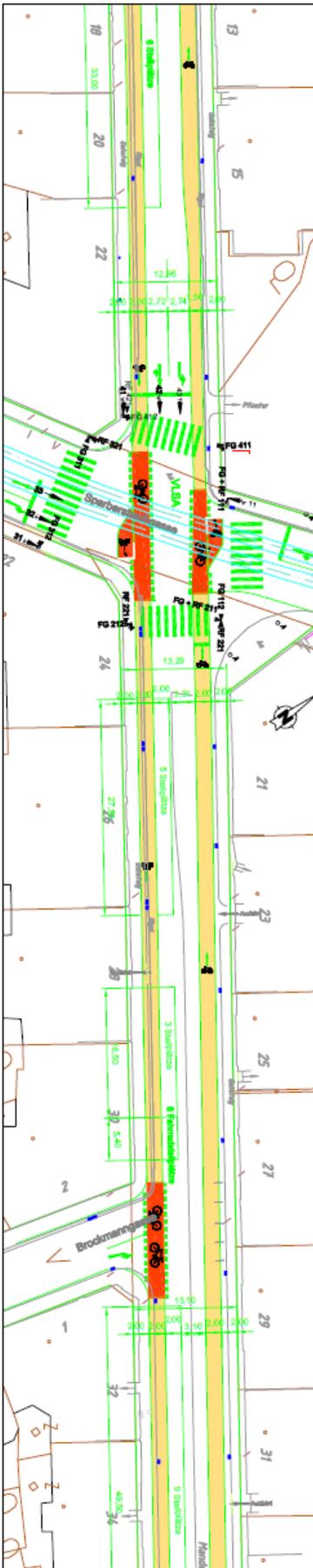
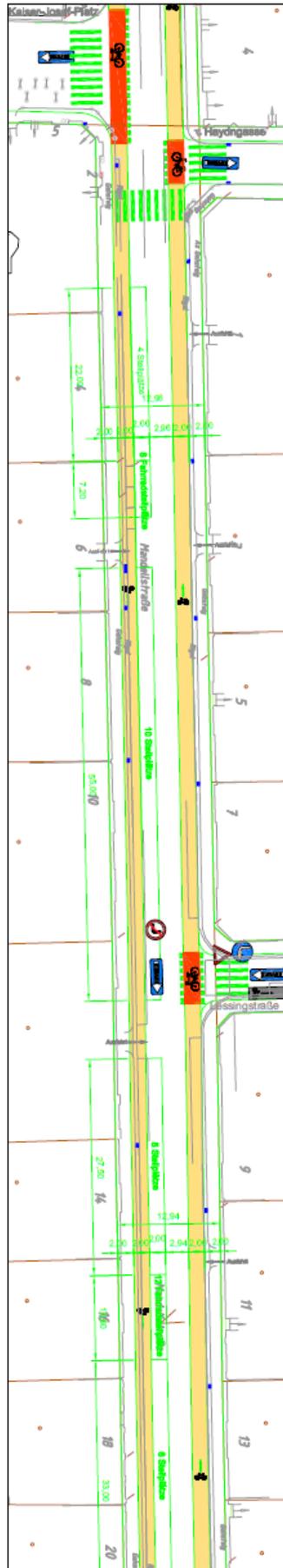
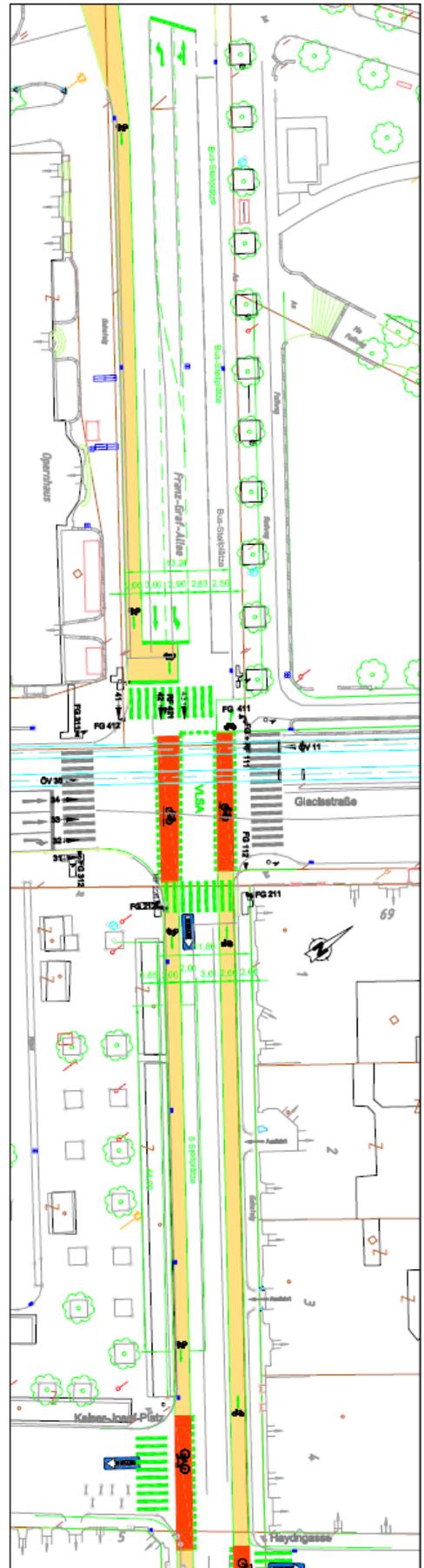


Masterarbeit von Stocker Markus

Abschnitt Waltendorfer Gürtel - Moserhofgasse

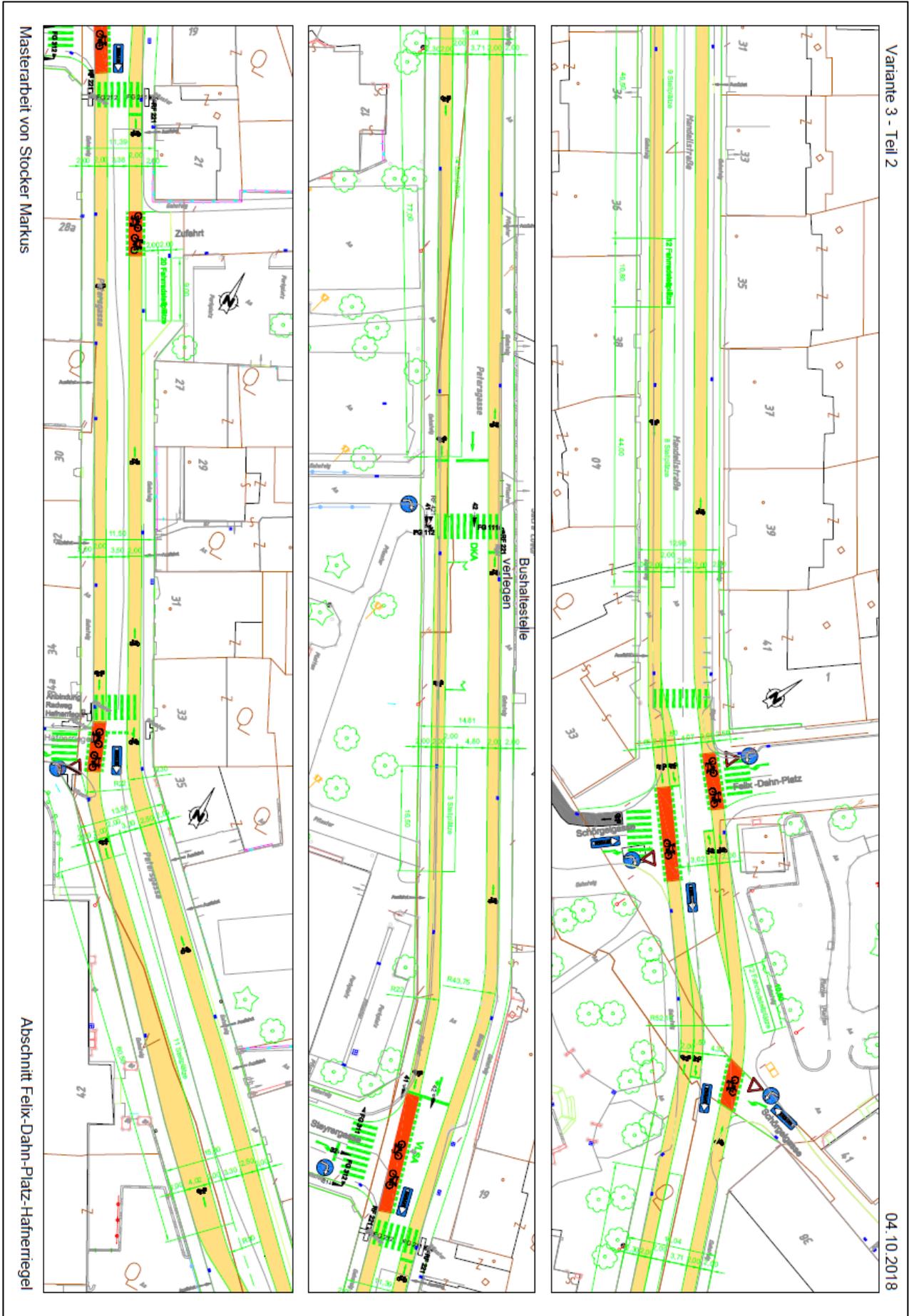
Variante 2 - Teil 3

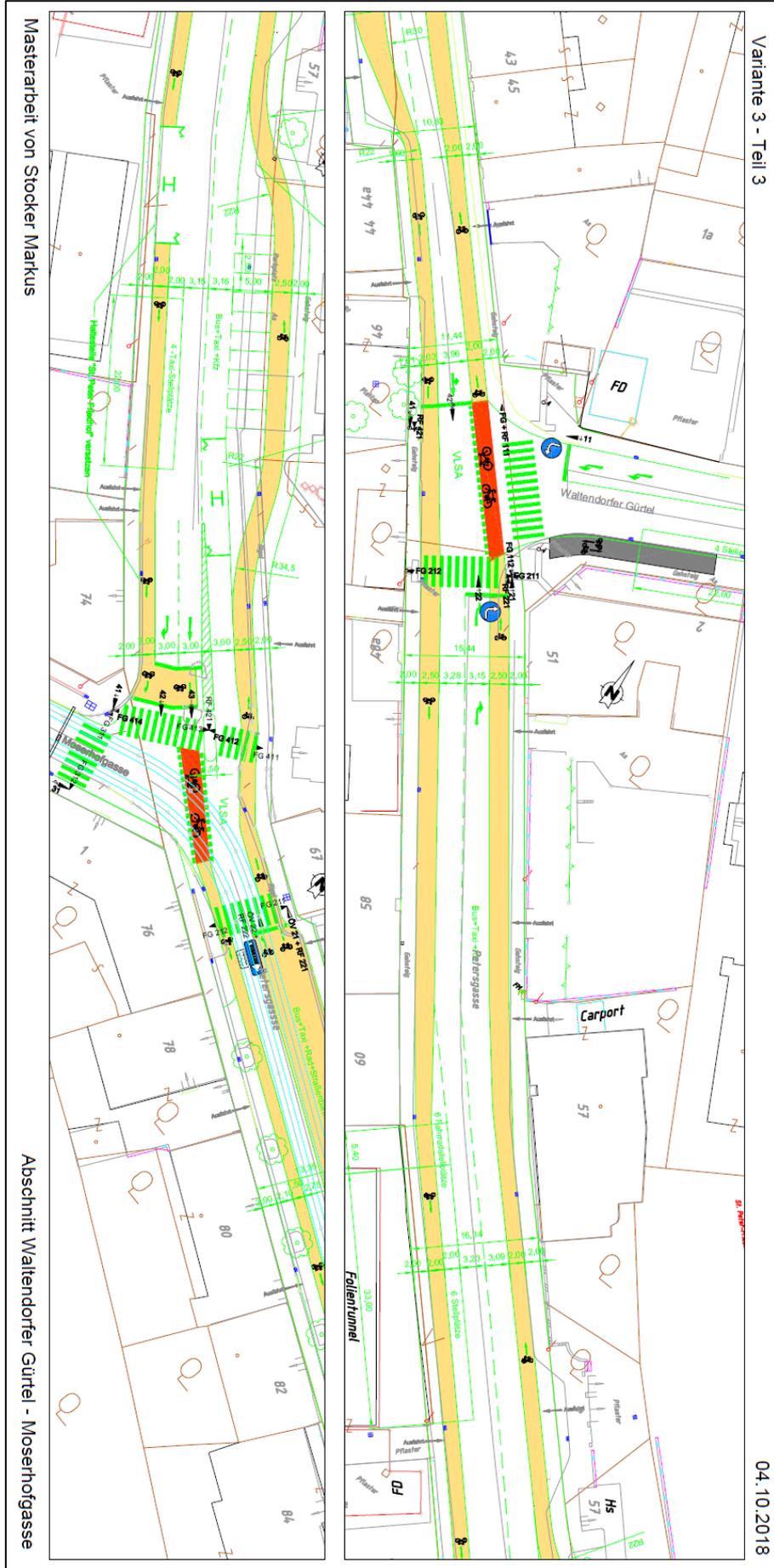
04.10.2018



Masterarbeit von Stocker Markus

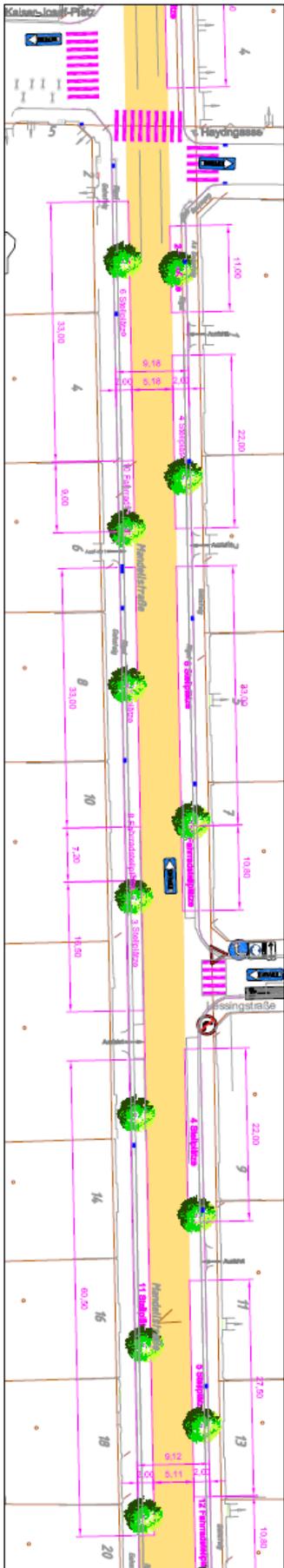
Abschnitt Franz-Graf-Allee - Brodtkammgasse





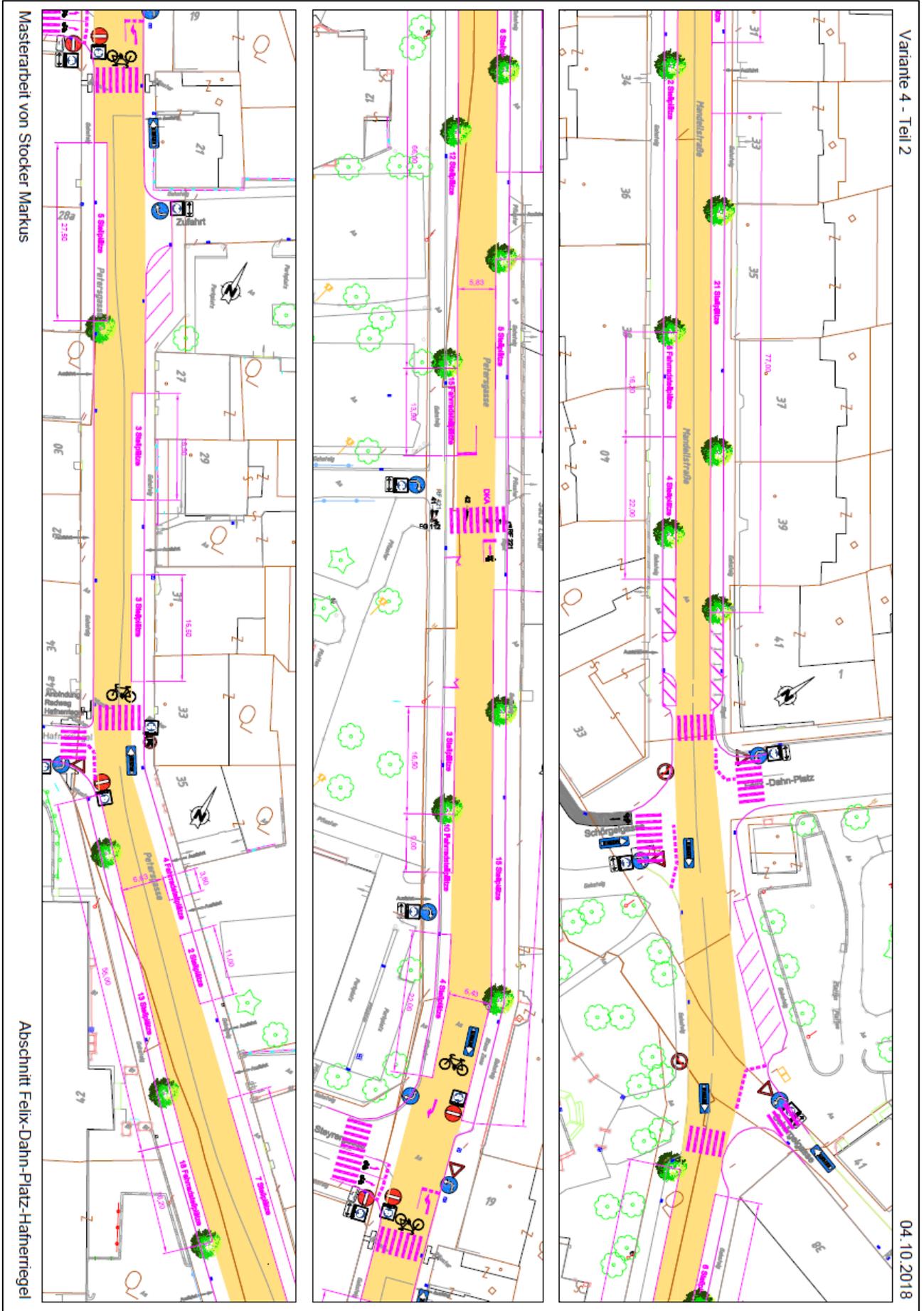
Masterarbeit von Stocker Markus

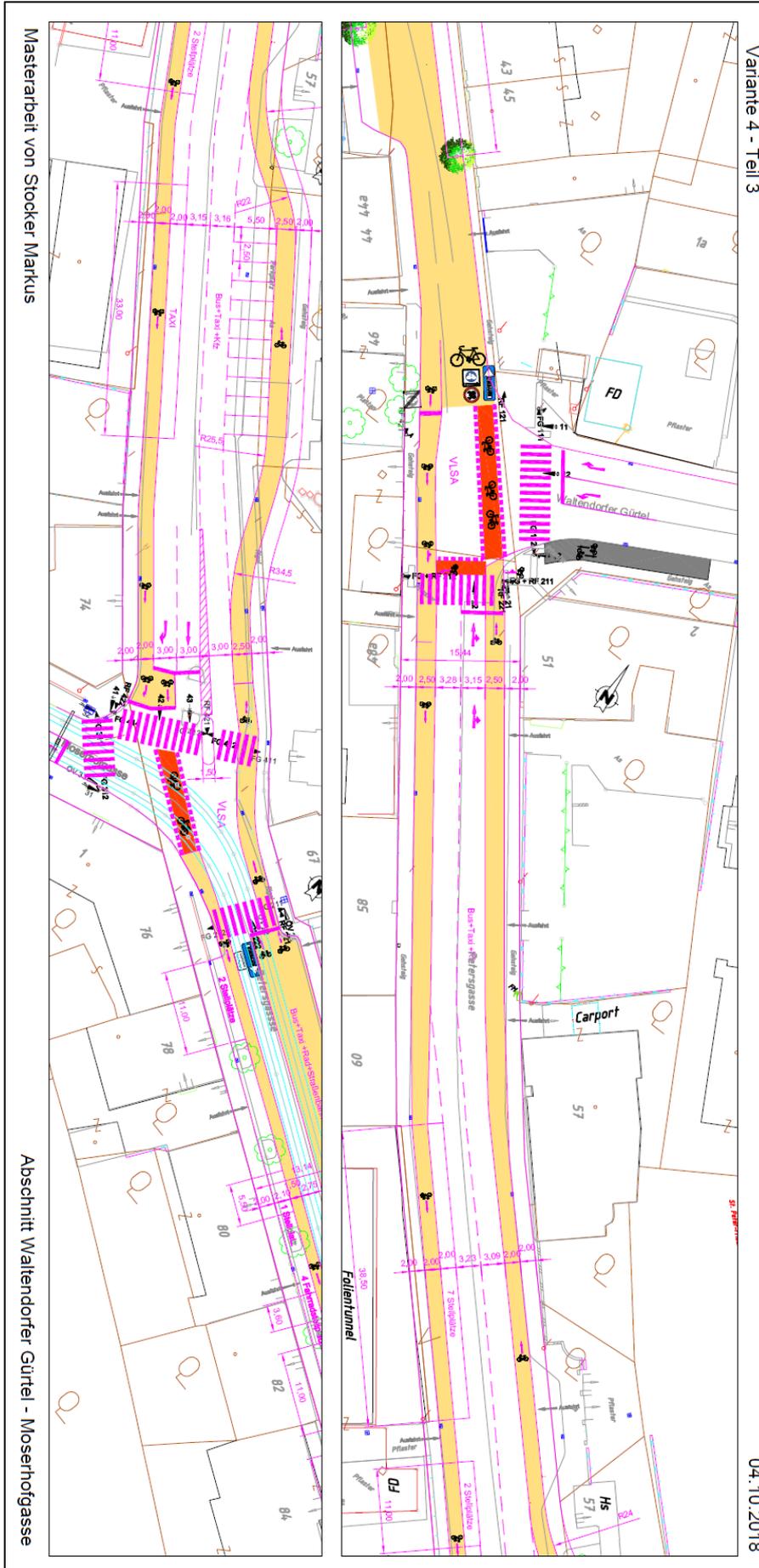
Abschnitt Waltendorfer Gürtel - Moserhofgasse

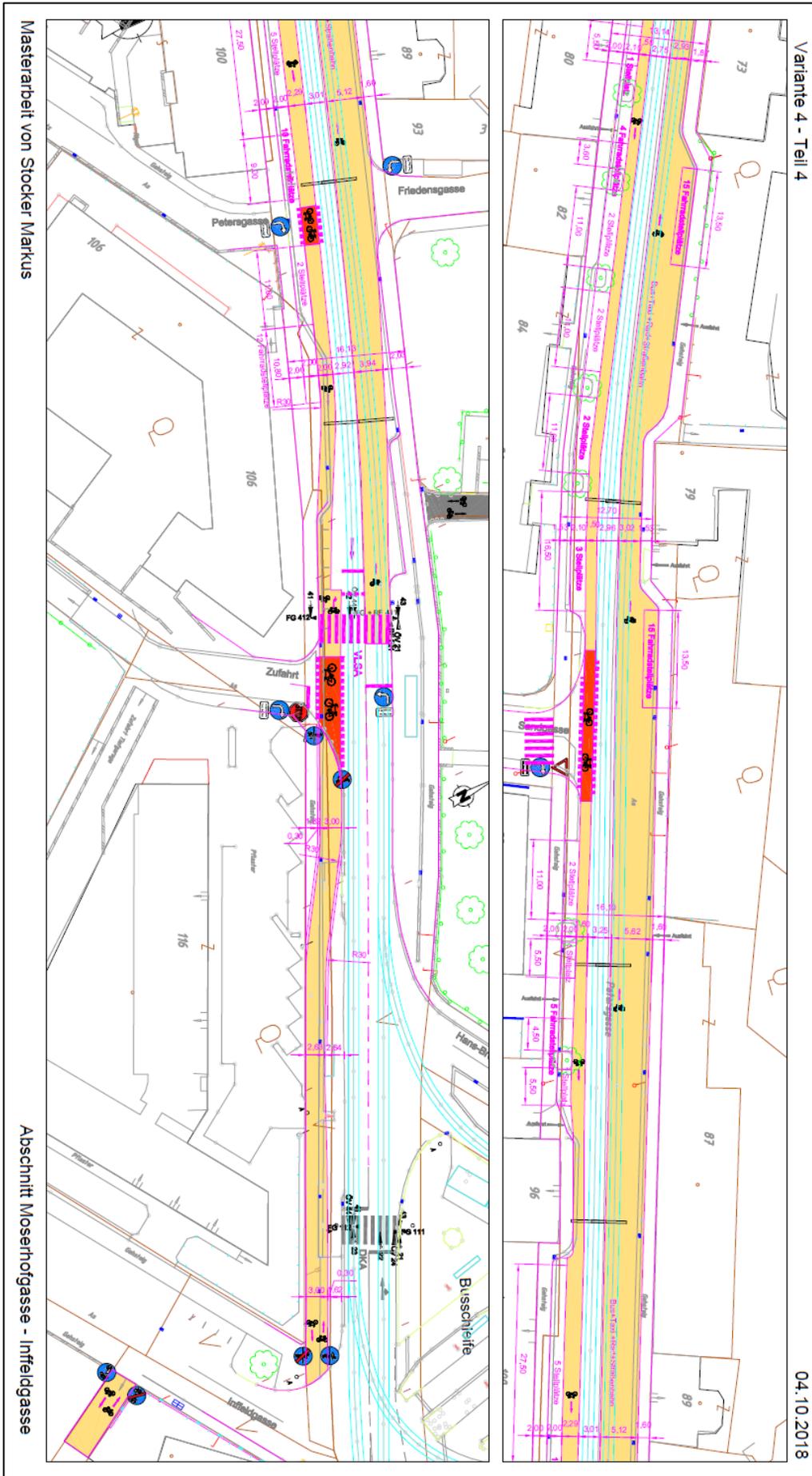


Masterarbeit von Stocker Markus

Abschnitt Franz-Graf-Allee - Brockmannngasse







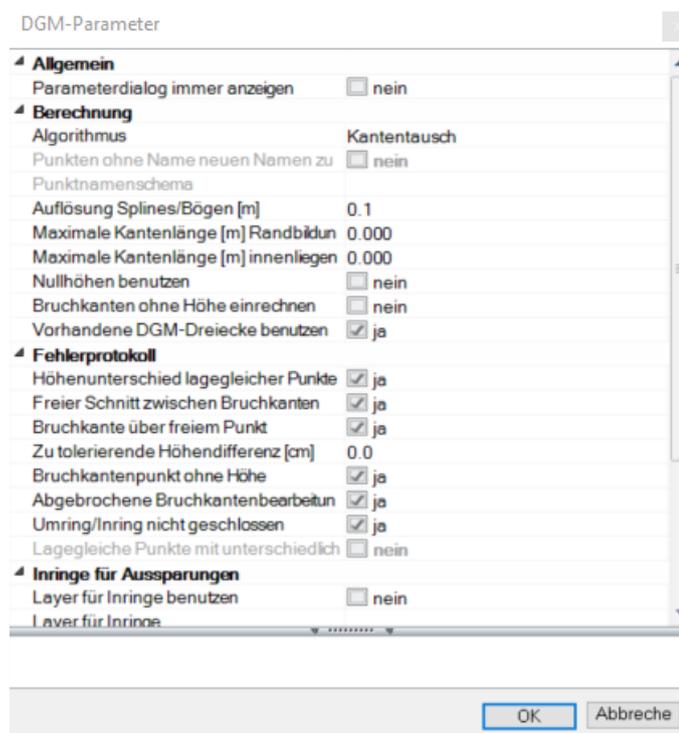
Anhang C – Dokumentation zur Vorgehensweise unterschiedlicher Funktionen in VESTRA

Erstellung eines digitalen Geländemodells

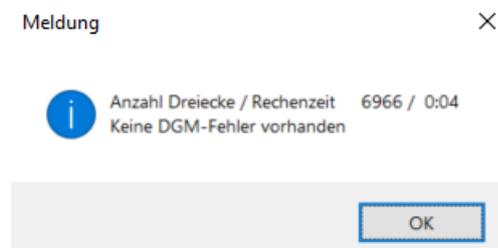
1. Vermessung in VESTRA reinladen.
2. *Einzelnes Geländemodell* im Reiter *DGM* auswählen.



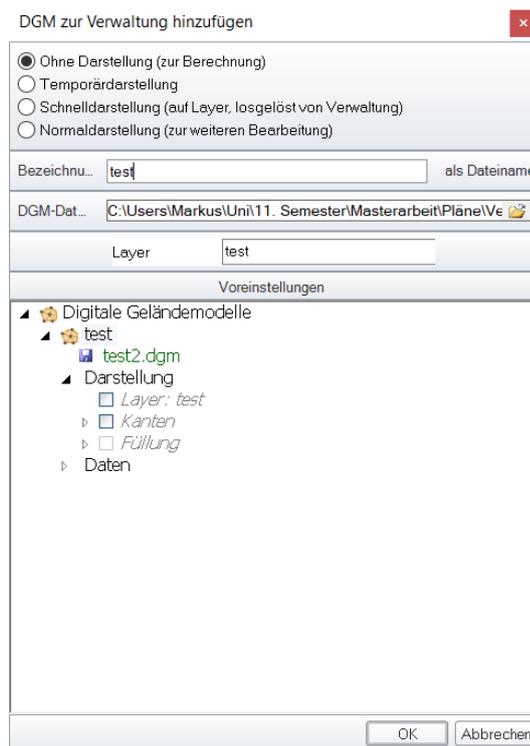
3. Fenster mit OK bestätigen.



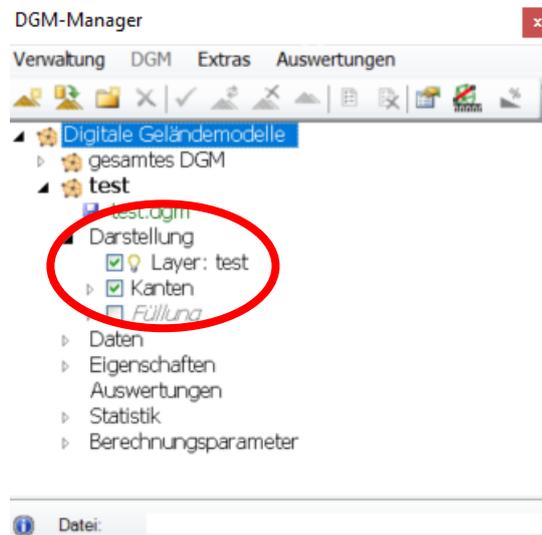
4. Gesamte Vermessung markieren und mit Enter bestätigen.
5. Meldung bestätigen.



6. DGM abspeichern.



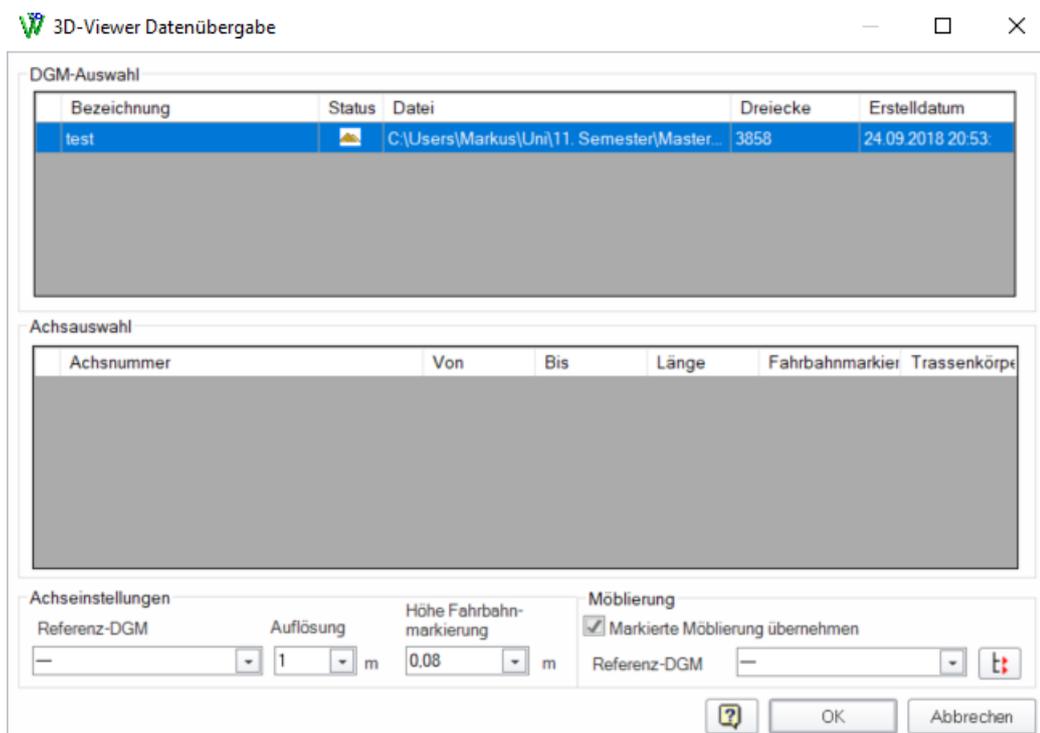
7. Über den *DGM-Manager* lassen sich unter *Darstellung* die Dreiecke darstellen.



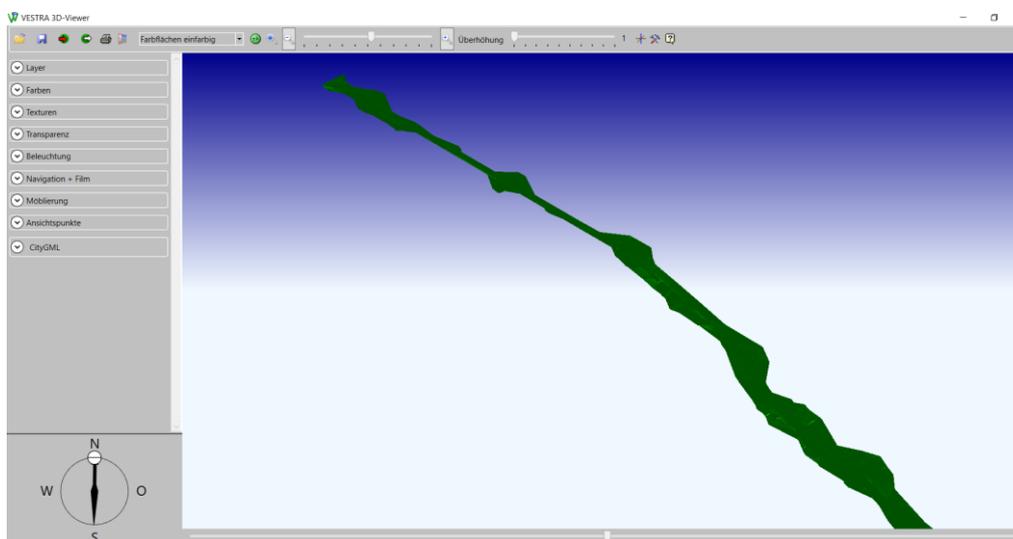
8. Unter dem Reiter *DGM* das zuvor abgespeicherte DGM auswählen und anschließend den *3D-Viewer* öffnen.



9. Fenster mit OK bestätigen.



10. Der 3D-Viewer öffnet sich mit dem Geländemodell.



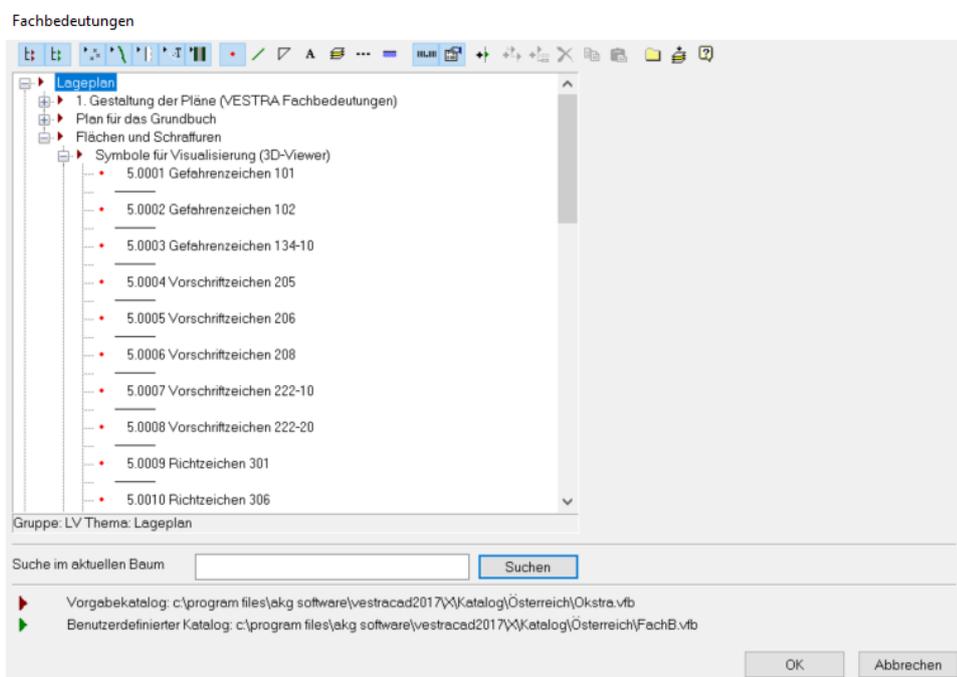
Möblierung einfügen

Punkt-Möblierung:

1. Unter dem Reiter *VESTRA* den Pfeil neben dem Punkt auswählen.



2. Unter *Flächen und Schraffuren* den Reiter *Symbole für Visualisierung (3D-Viewer)* auswählen.
Die gewünschte Möblierung heraussuchen und mit OK bestätigen.



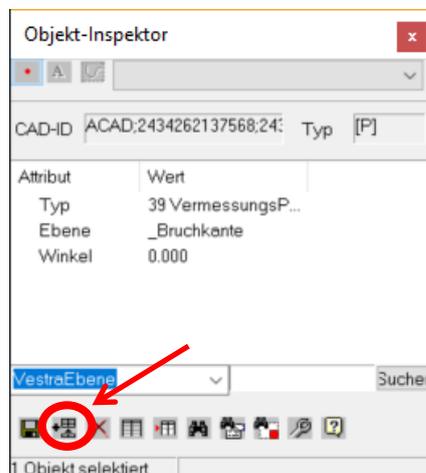
3. Jeder mit Auto CAD neu gezeichnete Punkt erhält nun das Attribut der vorhin ausgewählten Möblierung.
4. Möchte man das Attribut eines Punktes ändern, wählt man den Punkt aus und klickt auf den Button *Objekteigenschaften*.



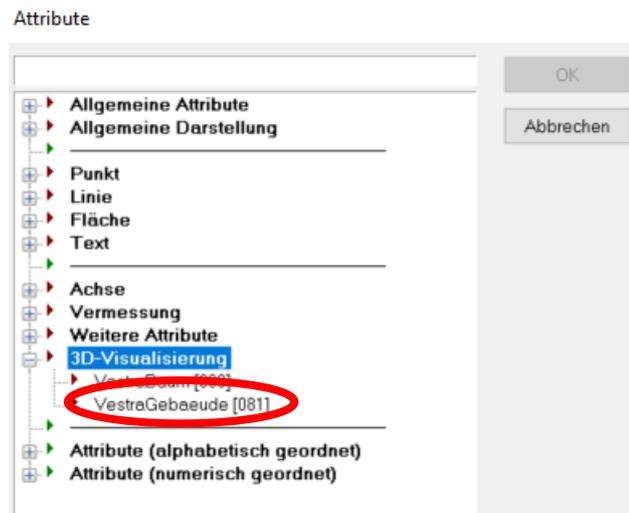
5. Darauf öffnet sich dieses Fenster. Klickt man auf den Wert der Fachbedeutung gelangt man wieder zu dem Fenster aus Punkt 2.

Objekteigenschaften	
Alle VESTRA-Objekte (1)	
Attribut	Wert
VESTRA-Typ	Vermessungspunkt
Y	-67125.977
X	214823.677
Z	0.000
Winkel	0.0000
Layer	_Bruchkante
Fachbedeutung	5.0022
VESTRA-Id	ACAD;2434262137584;2434304131178
Fachobjekt-Typ	FoPunkt
Zeitstempel	21:24, 24.09.2018

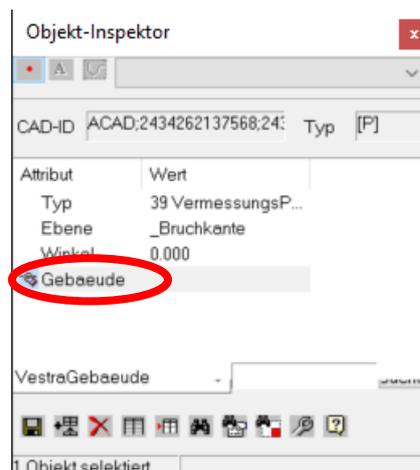
6. Gebäude befinden sich jedoch nicht in dieser Auswahl. Möchte man ein Gebäude einfügen wählt man den gewünschten Punkt aus und klickt mit gehaltener Shift-Taste auf den Button *Objekteigenschaften*.
7. Daraufhin öffnet sich der *Objekt-Inspektor*. Dort wählt man den Punkt *neues Attribut zu allen Objekten der aktuellen Selektion hinzufügen* aus.



8. Unter dem Reiter *3D-Visualisierung VestraGebaeude* auswählen.



9. Im *Objekt-Inspektor* nun das Attribut *Gebaeude* doppelt anklicken.



10. Zum Abschluss können die Eigenschaften für das Gebäude eingegeben werden. Wichtig dabei ist über den Winkel die Lage des Gebäudes auszurichten. Bäume können über den Objekt-Inspektor ebenfalls detaillierter definiert werden.

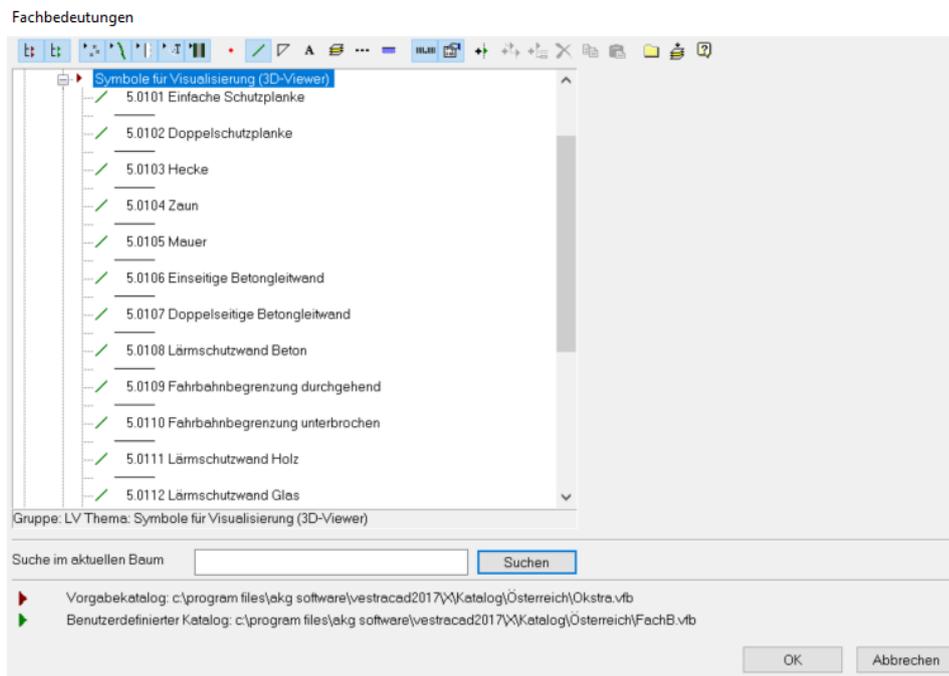


Linien-Möblierung:

1. Für die Linien-Möblierung den Pfeil neben der Linie auswählen.



2. Unter *Symbole für Visualisierung (3D-Viewer)* befinden sich alle Linien-Möblierungen. Die gewünschte Möblierung auswählen und mit OK bestätigen.



3. Jede mit Auto CAD neu gezeichnete 3D-Polylinie erhält nun das Attribut der vorhin ausgewählten Möblierung. Wichtig ist die Bestimmung der z-Koordinaten der gezeichneten 3D-Polylinie. Eine Veränderung des Attributs erfolgt ident zu vorhin über den Punkt *Objekteigenschaften*.

Gradiente der Radverkehrsachse trassieren & 3D-Visualisierung

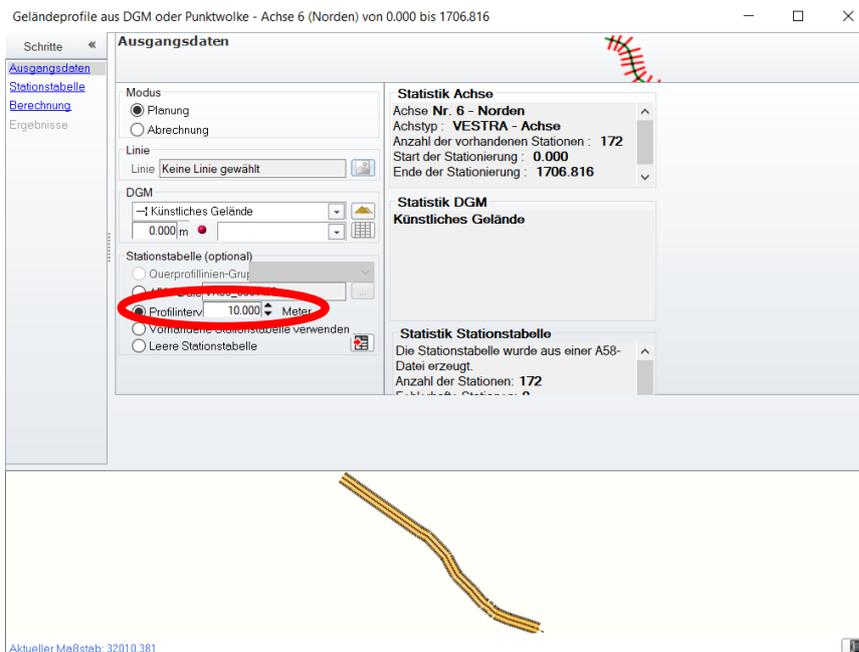
1. Zunächst wird für die Radschnellverbindung über den *Achsmanager* unter dem Reiter *Straße* eine Achse über die gesamte Route konstruiert.



2. Um die gezeichnete Achse nun mit dem digitalen Geländemodell zu verschneiden, die gezeichnete Achse auswählen und den Befehl *Geländeprofile aus DGM oder Punktwolke* ausführen.



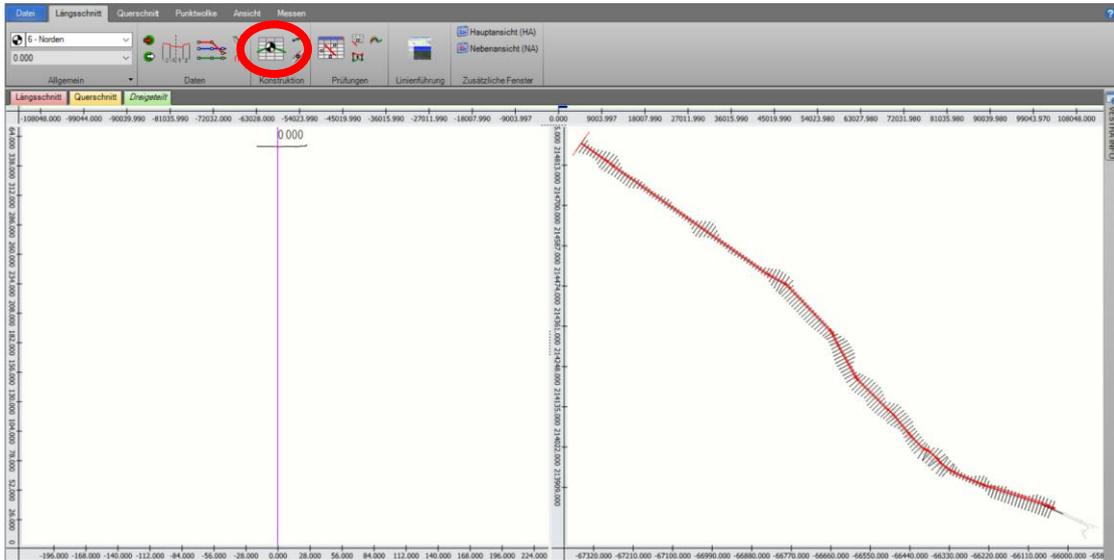
3. Das gewünschte Profilintervall eingeben und bestätigen.



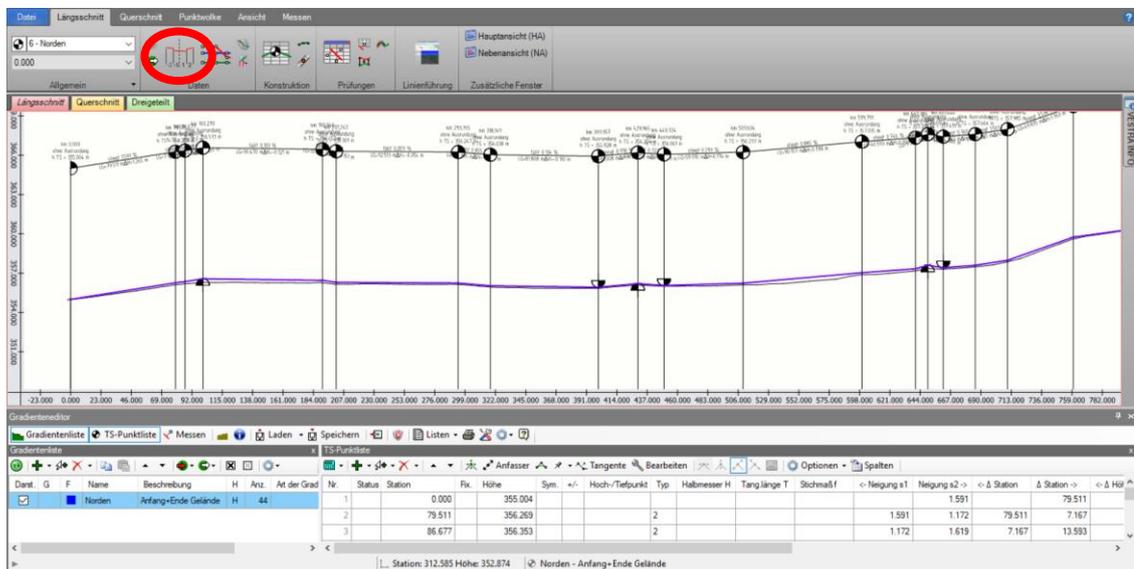
4. Um die Höhe der Gradiente dem Gelände anzupassen wird die *Dreigeteilte Ansicht* geöffnet.



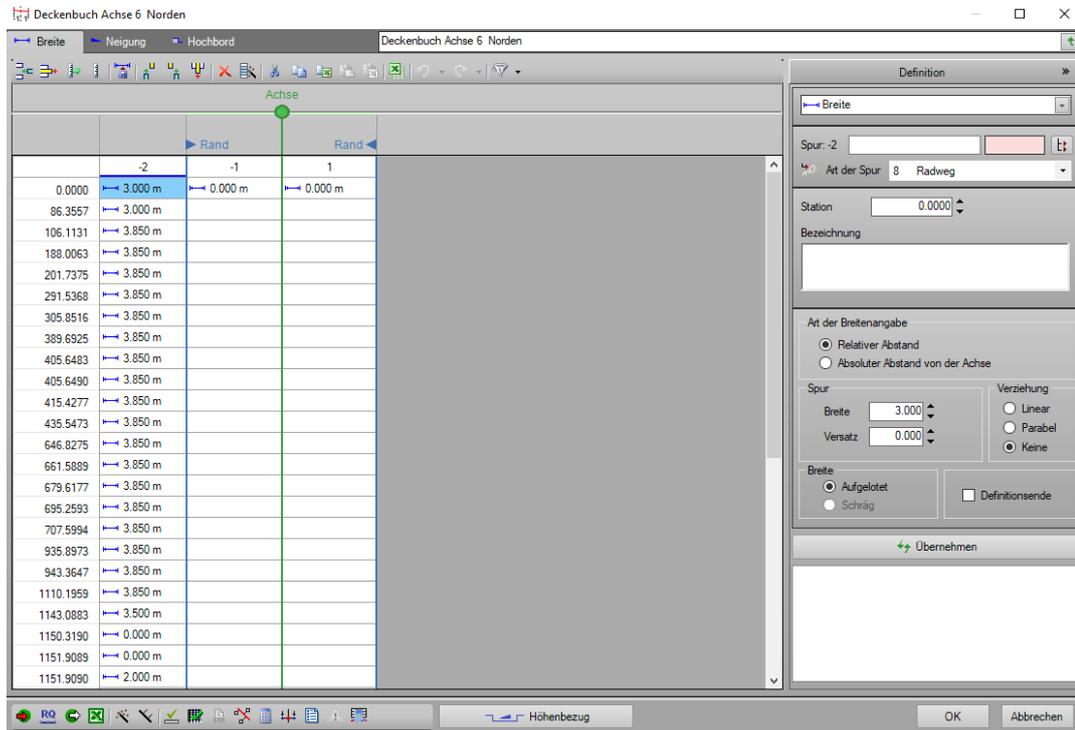
5. Daraufhin erscheint ein neues Fenster. Dort wird als nächstes der *Gradienteditor* ausgewählt.



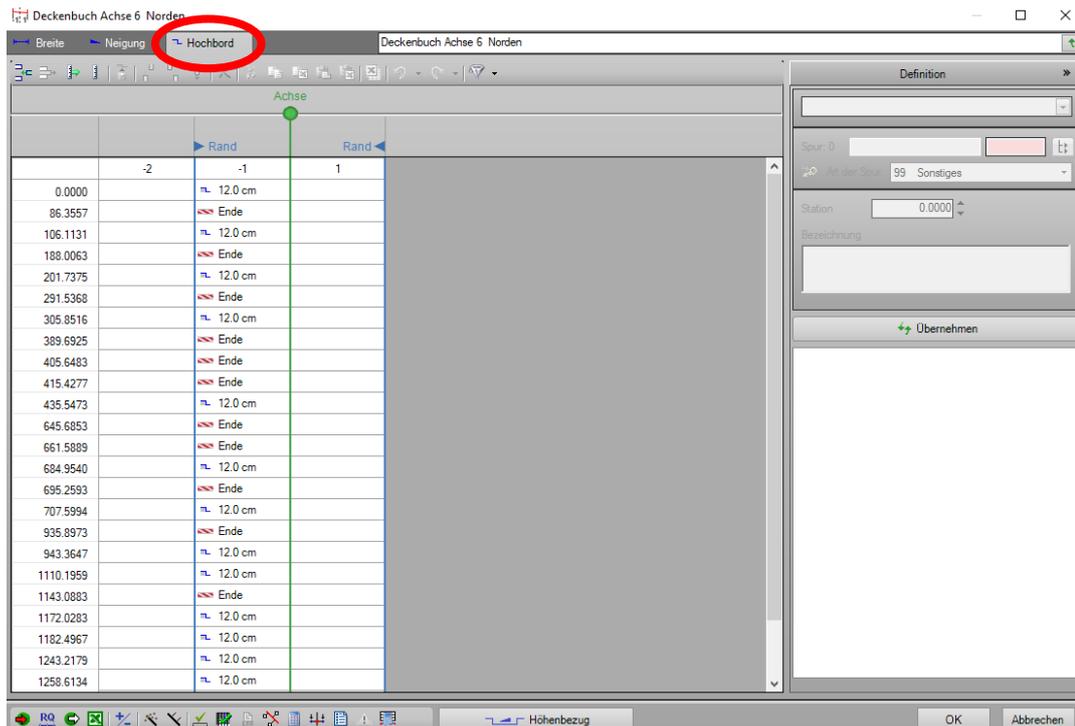
6. Nun kann über den *Gradienteditor* die gezeichnete Achse in der Höhe dem digitalen Geländemodell angepasst werden. Die in der Abbildung blau gefärbte Linie zeigt die gezeichnete Gradiente. Nach Abschluss der Gradientenkonstruktion wird als nächstes die Breite des Radweges festgelegt. Dazu wird der Befehl *Deckenbuch* ausgeführt.



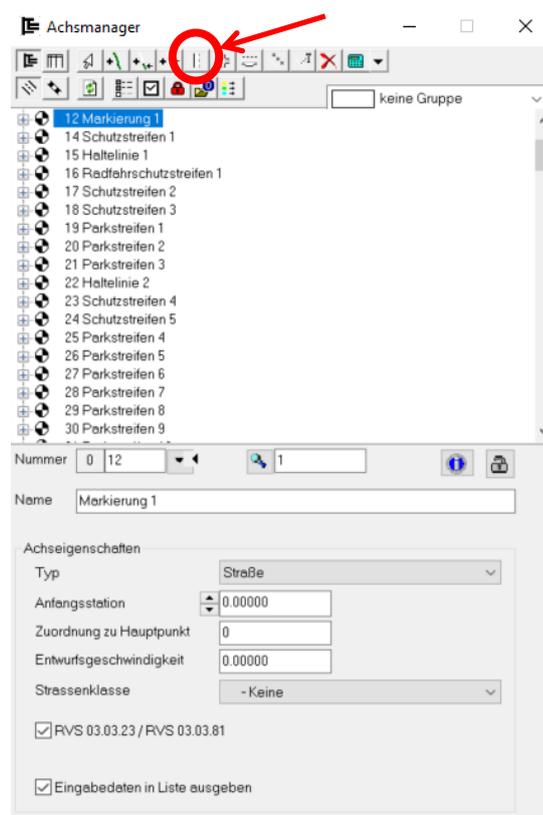
7. Im Deckenbuch kann nun die Breite des Radweges entlang der Achse über Stationen definiert werden.



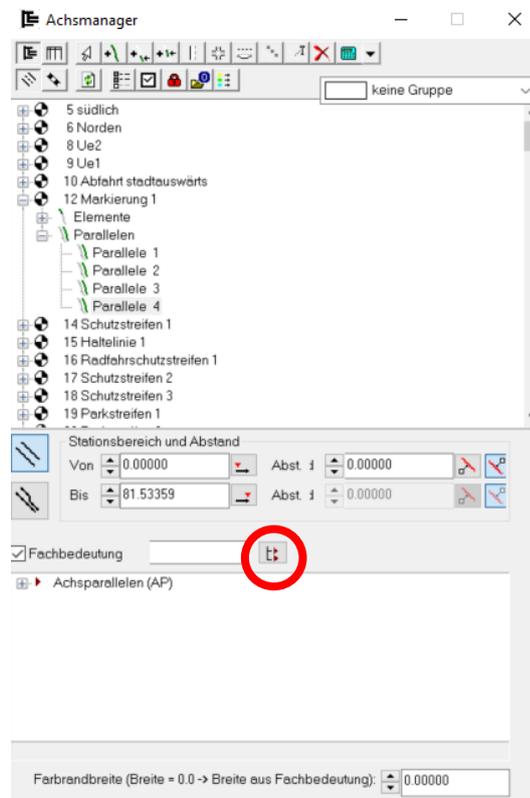
8. Unter dem Reiter *Hochbord* kann zusätzlich ein Niveauunterschied gegenüber der Fahrbahn bestimmt werden. Da es sich um einen Radweg handelt wird das Niveau um 12 cm gegenüber der Straße angehoben. An den Überfahrten senkt sich das Niveau auf Fahrbahnhöhe



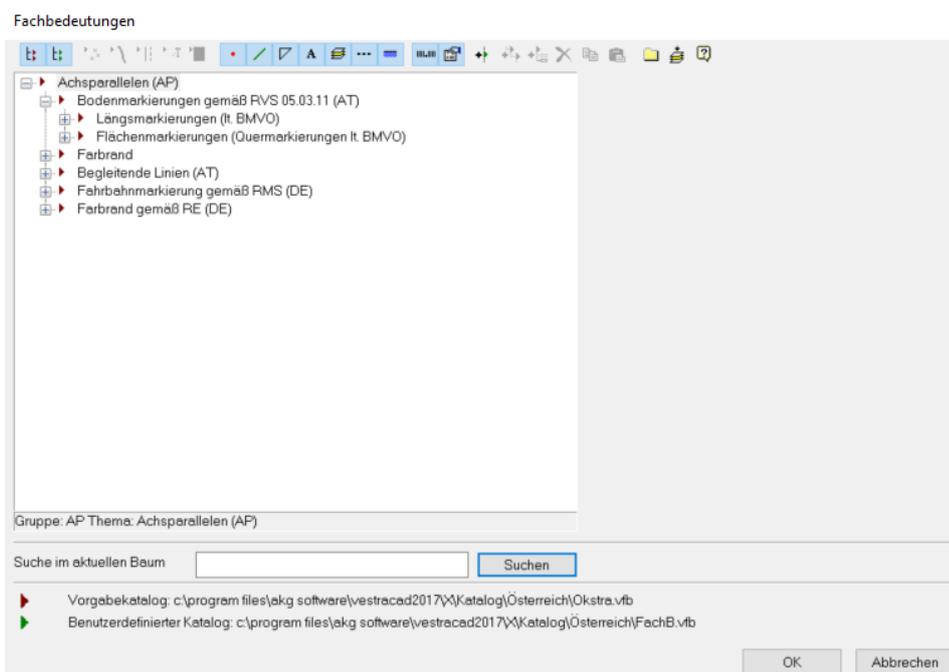
9. Somit ist die Radschnellverbindung fertig konstruiert. Zur Verfeinerung können nun noch Bodenmarkierungen für die 3D-Visualisierung eingefügt werden. Dafür werden wie zuvor über den *Achsmanager* Achsen eingezeichnet, die der Lage der jeweiligen Markierung entsprechen. Verläuft eine Bodenmarkierung parallel zur zuvor konstruierten Gradienten kann diese Achse dafür verwendet werden.
10. Als nächstes wird im *Achsmanager* die jeweilige Achse ausgewählt und der Befehl *Neue Parallele zu ausgewählter Achse hinzufügen* ausgeführt



11. Über *Stationsbereich und Abstand* kann die Position der Parallelen ausgerichtet werden. Für jede weitere parallele Markierung kann dadurch eine neue Parallele hinzugefügt werden, ohne eine neue Achse zeichnen zu müssen. Um nun den Parallelen eine Markierung zuzuordnen wird das Fenster neben *Fachbedeutung* ausgewählt.



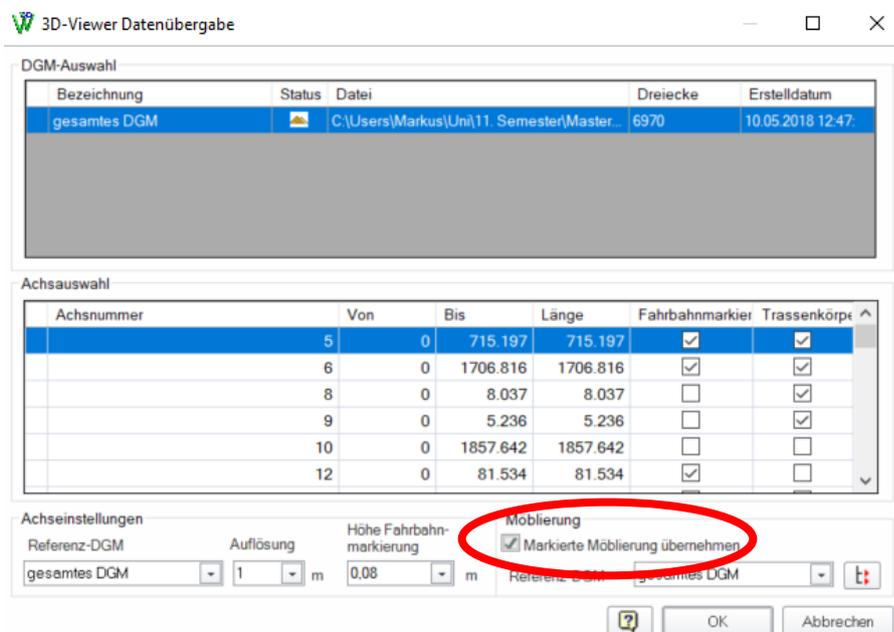
12. Daraufhin öffnet sich ein Fenster mit den Fachbedeutungen, wo nun Längs- und Flächenmarkierungen gemäß RVS ausgewählt werden können.



13. Um nun das gesamte konstruierte Modell auszugeben, muss zunächst die gesamte Möblierung in der Zeichnung ausgewählt werden. Danach wird unter dem Reiter *Straße* der *3D-Viewer* geöffnet.



14. In der *3D-Viewer Datenübergabe* muss nun unter *Achsauswahl* angegeben werden, welche Achsen als Fahrbahnmarkierung und welche als Trassenkörper ausgegeben werden sollten. Wichtig ist auch unter *Möblierung*, *Markierte Möblierung übernehmen* anzuhaken. Ist alles fertig eingestellt das Fenster mit OK bestätigen.



15. Über den *3D-Viewer* können nun noch unterschiedliche Einstellungen vorgenommen werden. Z.B. die Farben in der Darstellung oder die Beleuchtung in Abhängigkeit der Tageszeit können verändert werden. Zudem ist ein Abfahren der Radschnellverbindung unter Berücksichtigung der Parameter Geschwindigkeit, Augpunkt und Zielpunkt möglich, das zusätzlich aufgenommen werden kann.

