



Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Szenarien der Mobilitäts- und Siedlungsentwicklung am Beispiel von Graz

MASTERARBEIT

vorgelegt von

Jakob Ruzicka, BSc.

bei

Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, am 21. August 2017

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

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen / Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtliche und inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, _____

Jakob Ruzicka, 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.

Graz, _____

Jakob Ruzicka, BSc.

Aufgabenstellung für die Masterarbeit

von BSc. Ruzicka Jakob

Graz, 11.02.2016

Szenarien der Mobilitäts- und Siedlungsentwicklung am Beispiel von Graz

Problemstellung

Graz ist mit ca. 278.000 Einwohnern (Stand: 01.01.2016) die zweitgrößte Stadt Österreichs. Laut Prognoseberechnungen der Statistik Austria ist in Graz bis 2030 bundesweit mit dem prozentuell höchsten Bevölkerungswachstum zu rechnen. Bis 2030 soll die Stadt um rund 43.000 Personen wachsen. Auch im Umland von Graz ist mit einer positiven Bevölkerungsentwicklung zu rechnen. Wie in zahlreichen anderen hoch entwickelten Ländern ist eine Überlagerung von verstärkter Urbanisierung und weiter anhaltender Suburbanisierung zu erkennen.

Die Konzentrationsentwicklung auf urbane Räume in Städten und ihrem Umland führt zu Verkehrsproblemen in diesen Gebieten. Sowohl Arbeitswege als auch sonstige Wege steigen durch die wachsende Bevölkerung. Für die Arbeitswege weist die Pendler- und Erwerbsstatistik des Landes Steiermark von 2011 einen deutlichen Überhang an Arbeitsplätzen in der Stadt Graz auf. Täglich pendeln ca. 83.000 Personen nach Graz und 30.000 Grazer pendeln aus. Um künftig wachsende Pendlerströme stadtverträglich abwickeln zu können, fordert das regionale Verkehrskonzept von Graz und Graz Umgebung künftige Siedlungsgebiete im Grazer Umland hauptsächlich im Bereich von Haltestellen an hochrangigen öffentlichen Verkehrsachsen auszuweisen. Dadurch soll der Umstieg auf den öffentlichen Verkehr für Pendler attraktiver gemacht werden.

Um die Herausforderung des hohen Bevölkerungswachstums zu bewältigen, werden in Graz städtische Flächen für weiteren Wohnraum ausgewiesen und eine Wohnraumverdichtung vorgenommen. Im Westen der Stadt stehen mit den ehemaligen Industriearealen Reininghaus und Waagner Biro große Flächen für städtebauliche Entwicklungen zur Verfügung. Bei der Entwicklung weiterer Siedlungsareale regt sich häufig Widerstand aufgrund fehlender Reserven für den zunehmenden Straßenverkehr und öffentlichen Verkehr. Die Stadt begegnet diesem Argument, in den betroffenen Gebieten die Erreichbarkeit für den öffentlichen Verkehr zu verbessern und durch Mobilitätsverträge mit Immobilienentwicklern die Steigerungen im Kfz-Verkehrsaufkommen zu beschränken.

Bisher wurde nicht geprüft, wie die Mobilitätsentwicklung in Graz aussehen würde, wenn das zusätzliche Bevölkerungswachstum ausschließlich im Umland des Stadtgebietes stattfinden würde. Daher sollen in dieser Arbeit die Auswirkungen unterschiedlicher Szenarien der Siedlungsentwicklung auf die Mobilität im Großraum Graz untersucht werden. Anhand von Prognosefällen für das Jahr 2030 sollen mit einem Verkehrsmodell unterschiedliche Szenarien simuliert werden, um anhand verkehrlicher Kenngrößen die Auswirkungen der Siedlungsentwicklung aufzeigen zu können.

Aufgabenstellung

In der Masterarbeit sollen die verkehrlichen Wirkungen unterschiedlicher Prognosefälle von Bevölkerungs- und Siedlungsentwicklung im Großraum Graz berechnet werden. Es sollen geeignete verkehrliche Kenngrößen entwickelt werden, mit denen der Zusammenhang zwischen Siedlungsentwicklung in Stadt und Umland und deren Auswirkungen auf die Mobilität aufgezeigt wird. Alle Szenarien sollen sich auf das Prognosejahr 2030 beziehen. Es sind sowohl nachfrageorientierte Szenarien mit variierenden Strukturdaten wie Arbeitsplätze, Wohnbevölkerung und Einkaufsstandorte als auch Szenarien mit unterschiedlichem ÖPNV-Angebot in Graz zu berücksichtigen.

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

- Literaturrecherche zum Thema Siedlungsentwicklung und Verkehrsplanung sowie Prognosen zur Entwicklung von Strukturdaten,
- Kalibrierung des GUARD-Verkehrsmodells (u.a. mit der Pendlerstatistik) für das Basisjahr 2015 mit aktuellen Strukturdaten und dem aktuellen ÖV-Angebot
- Beschaffung und Aufbereitung von Strukturdaten zu Bevölkerungswachstum, Arbeitsplatzverteilung, Siedlungsstruktur und Mobilitätsraten im Planungsgebiet.
- Konzeptuelle Entwicklung von Prognoseszenarien zur Siedlungsentwicklung (Wohnstandorte, Arbeitsplätze, Einkaufsgelegenheiten u. sonstige Dienstleistungen) in Graz und Graz Umgebung
- Nachfrage- und Verkehrsbelastungsberechnungen für mIV und ÖV für das Jahr 2030 im GUARD-Nachfragemodell
- Entwicklung, Berechnung und Analyse verkehrlicher Kenngrößen für den Großraum Graz, mit denen die verkehrlichen Auswirkungen unterschiedlicher Siedlungsentwicklungen dargestellt und interpretiert werden können.

Die Arbeit erfolgt in enger Abstimmung mit dem Amt für Verkehrsplanung und der Stadtbaudirektion Graz.

Für die Anfertigung der Masterarbeit stehen die Verkehrsplanungssoftware Visum mit einem Aktivitäten-orientiertem Nachfragemodell der ptv AG am Institut für Straßen- und Verkehrswesen zur Verfügung. Der Diplomand verpflichtet sich, die Software sowie die bereitgestellten Daten ausschließlich zur Anfertigung der Masterarbeit zu nutzen und bei der Datenaufbereitung und Datenanalyse der zur Verwendung gestellten Daten Datenschutzrichtlinien einzuhalten.

Die Arbeit ist zweifach mit allen Anlagen in DIN A4 gebunden einzureichen. Ein Datenträger mit dem Masterarbeitstext, Präsentationen sowie allen Modelldaten ist beizulegen.

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf
Tel. 0316 873 - 6220
martin.fellendorf@tugraz.at
Institut für Straßen- und Verkehrswesen
TU Graz
Betreuer

Dipl.-Ing. Karl Hofer
Tel. 0316 873 - 6725
karl.hofer@tugraz.at
Institut für Straßen- und Verkehrswesen
TU Graz
Mitbetreuender Assistent

Kurzfassung

Szenarien der Mobilitäts- und Siedlungsentwicklung am Beispiel von Graz

137 Seiten, 34 Abbildungen, 48 Tabellen

Die Grazer Bevölkerung soll, laut Bevölkerungsprognose der Stadt Graz, bis zum Jahr 2030 um ca. 43000 Einwohner wachsen. Verglichen zum Jahr 2016 ergibt das eine Steigerung von 16% und somit das größte relative Wachstum aller österreichischen Städte. Mehr Bevölkerung bedeutet ein höheres Verkehrsaufkommen und somit eine weitere Verschärfung der bereits angespannten verkehrlichen Situation in der Stadt. Aus diesem Grund werden in dieser Masterarbeit verschiedene Ansiedlungsszenarien für das prognostizierte Bevölkerungswachstum in Graz und Graz Umgebung erstellt. In weiterer Folge wurden diese Szenarien in ein makroskopisches Verkehrsmodell implementiert um die verkehrlichen Auswirkungen, die dadurch entstehen zu analysieren.

Diese Masterarbeit beinhaltet die Erhebung und Beschaffung von Bevölkerungsprognosen, Strukturdaten, Baulandreserven, Informationen zu geplanten Siedlungsprojekten und Informationen über das geplante zukünftige Verkehrsangebot der Stadt Graz. Weiters wurden Pendlerstatistiken, Zählraten von Fahrbahndektoren und Beförderungszahlen von öffentlichen Verkehrsmitteln zur Kalibrierung des Verkehrsmodells beschafft. Auf dieser Datengrundlage konnten fünf Ansiedlungsszenarien erstellt werden. Drei der fünf Ansiedlungsszenarien gehen davon aus, dass die prognostizierten Einwohner in der Kernstadt aufgenommen werden können. Die zwei restlichen Ansiedlungsszenarien betrachten das Szenario, dass Graz keine neuen Wohnkapazitäten lukrieren kann und das Bevölkerungswachstum daher ausschließlich in Graz Umgebung stattfindet. Aufbauend auf den kalibrierten Basisfall wurden sechs Prognosereferenzfälle und vier Maßnahmenplanfälle erstellt, die unterschiedliche Verbesserungen im ÖV-Angebot enthalten. Für die insgesamt elf Projektfälle wurde die Verkehrsnachfrage berechnet und auf das Verkehrsnetz umgelegt. In weiterer Folge wurden sechs der elf Projektfälle weiterverfolgt und genauer ausgewertet, sowie deren Ergebnisse analysiert.

Diese Arbeit bestätigt, dass die Bevölkerungsansiedlung Auswirkung auf das Verkehrssystem hat. Die Ansiedlungsszenarien, die von einer Bevölkerungsansiedlung in der Kernstadt ausgehen und ein auf das Bevölkerungswachstum angepasstes ÖV-Angebot besitzen, zeigten die verträglichsten Ergebnisse für die Verkehrsinfrastruktur. Die Ansiedlungsszenarien, die von einer Bevölkerungsansiedlung in Graz Umgebung ausgingen, zeigten die höchste Verkehrsleistung bei Fahrzeugkilometern, Verschlechterungen des ÖV – Anteils im Modal Split und die größte Reisezeiterhöhung auf den Zufahrtsstraßen nach Graz aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens und begrenzter Kapazitäten.

Abstract

Development of Urban Sprawl and Mobility in Graz

137 pages, 34 figures, 48 tables

According to the population forecast made by the City of Graz, the population of Graz will increase to approximately 43,000 until 2030. In this master thesis, several different settlement-scenarios for the prognosticated population growth were generated. Additionally, the scenarios were implemented in a macroscopic transport model and the traffic impact that results from the population growth were calculated and analyzed.

For this, a lot of different data were collected. To write this thesis, population forecasts, structural data, reserves of building land, information about planned settlement projects and information about planned public transportation were collected. Furthermore, commuter statistics, count data from induction-loop vehicle detectors, and passenger numbers from public transportation were used to calibrate the transport model.

These data were used to generate five scenarios of settlement. Three of the five scenarios assume that the prognosticated population growth take place in the urban core. The other two scenarios deal with the possibility that Graz cannot generate more residential capacity and thus the population growth can only take place in the suburban area of Graz.

On the basis of a calibrated base-case, 6 prognosticated reference-cases and four action-plan-cases were generated. The action-plan cases differ concerning the improvement of line management and service of public transport. For these eleven project-cases, the traffic demand was calculated and applied to the transport network. Furthermore, six of the eleven project-cases were investigated closely and the findings were analyzed.

Through this thesis it could be shown that the different settlement possibilities have an impact on the traffic system. The settlement-scenarios that assume the population growth in the urban core in combination with an improvement of the service of public transport, show the most compatible results concerning the transport infrastructure. The settlement-scenarios that deal with the population growth in the suburban area of Graz, show the highest traffic load. They also show a deterioration in the share of public transportation in the Modal Split and the highest travel time increase on the entrance roads to Graz, because of the high traffic volume and the limited capacity of the roads.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	iv
1 Einleitung und Aufbau der Arbeit	7
2 Grundlagen der Siedlungsentwicklung	9
2.1 Urbanisierung	9
Ursachen der Urbanisierung.....	9
2.2 Suburbanisierung.....	10
Ursachen der Suburbanisierung.....	11
2.3 Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf den Verkehr	11
2.3.1 Pendlerverkehr.....	11
2.3.2 Überlastung der Verkehrsinfrastruktur in der Kernstadt	11
2.3.3 Emissionen	12
3 Grundlage der Verkehrsmodelle	13
3.1 Allgemein.....	13
3.1.1 Grad der Disaggregation	14
3.1.2 Planungsraum, Untersuchungsgebiet und Verkehrszellen.....	14
3.1.3 Verkehrsangebot.....	15
3.1.4 Verkehrsnachfrage	17
3.1.5 Berechnungsalgorithmus	18
3.2 Vier-Stufen-Modell	18
3.2.1 Verkehrserzeugung	18
3.2.2 Verkehrsverteilung.....	19
3.2.3 Verkehrsaufteilungsmodelle (Verkehrsmittelwahlmodell)	21
3.2.4 Verkehrsumlegungsmodelle	22
4 Verkehrsmodell für den Großraum Graz (GUARD)	24
4.1 Überblick über das Verkehrsmodell	24
4.2 Untersuchungsgebiet	25
4.3 Zeitliche Abgrenzung	27
4.4 Modellierung des Verkehrsangebots	27
4.4.1 Strecken	27
4.4.2 Knotenpunkte	28
4.4.3 Abbieger	28
4.4.4 Anbindungen.....	29
4.4.5 Haltepunkte	30
4.4.6 ÖV – Linien und Haltepunkte	30
4.4.7 Bezirke.....	31
4.5 Modellierung der Verkehrsnachfrage	31
4.5.1 Datenmodell.....	32
4.5.2 Verkehrserzeugung	34
4.5.3 Kombinierte Verkehrsverteilung/Verkehrsmittelwahl	35

4.5.4	Verfahrensablauf	40
4.5.5	Verkehrsumlegung.....	42
5	Erhebung der Datengrundlage	43
5.1	Siedlungsszenarien	43
5.2	Verkehrsangebot	47
5.3	Verkehrsnachfrage	50
5.4	Kalibrierung	53
6	Entwicklung von Siedlungsszenarien und Implementierung in das Verkehrsmodell	55
6.1	Entwicklung der Siedlungsszenarien	55
6.2	Aufbereitung der Strukturdaten.....	62
6.2.1	Arbeitsplatzpotenziale	62
6.2.2	Schulplätze	64
6.2.3	Einkaufsmöglichkeiten	64
6.2.4	Freizeitmöglichkeiten.....	65
6.3	Definition der Prognosereferenz- bzw. Maßnahmenplanfälle	65
6.3.1	Basisfall	66
6.3.2	Prognosereferenzfälle.....	73
6.3.3	Maßnahmenplanfälle.....	74
6.4	Festlegung der auszuwertenden Prognosereferenz- und Maßnahmenplanfälle	78
7	Auswertung & Analyse	80
7.1	Modal Split.....	80
7.1.1	Modal Split Graz.....	80
7.1.2	Modal Split Graz Umgebung.....	85
7.2	Fahrzeugkilometer.....	91
7.3	Personenkilometer	93
7.4	Reisezeit von GU nach G.....	95
7.5	Streckenbelastungen	96
7.6	Differenznetze	97
8	Zusammenfassung & Ausblick	100
	Literaturverzeichnis	103
	Anhang.....	106

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Definition des Untersuchungsgebietes, Planungsraum und die Verkehrsarten	15
Abbildung 2: CR-Funktion des Typs BRP mit $a = 0,5$	16
Abbildung 3: Verkehrsnachfragemodelle und deren Teilmodelle	18
Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Captive Driver, Captive Riders und Choice Riders	22
Abbildung 5: Aufbau des Verkehrsmodells	25
Abbildung 6: Untersuchungsgebiet mit der Verkehrszelleneinteilung und den politischen Bezirken	26
Abbildung 7: Abbiegezeitberechnung und Funktion der Abbiegebelastung	29
Abbildung 8: Tagesganglinie der Aktivitätenpaare WA und AW in GUARD	33
Abbildung 9: Häufigkeit der Durchführung einer Wegekette von der Person einer Personengruppe	34
Abbildung 10: Mobilitätsraten	35
Abbildung 11: Widerstandsfunktion mit unterschiedlichen Alpha-Werten	37
Abbildung 12: Verfahrensablauf	41
Abbildung 13: Zusammenfassung der Datengrundlage	43
Abbildung 14: Bevölkerungsprognose für die Steiermark vor und nach der Flüchtlingswelle	45
Abbildung 15: Baulandreserven im Bereich von Reininghaus	46
Abbildung 16: Übersichtsplan Lückenschluss Südgürtel	48
Abbildung 17: Straßennetz und Straßenhierarchie im Bereich Reininghaus	49
Abbildung 18: Szenarienübersicht der Modellrechnung Graz-West	50
Abbildung 19: Studierendenzahlen bis 2032	52
Abbildung 20: Vergleich der Siedlungsszenarien anhand der angenommenen Bevölkerung.	60
Abbildung 21: Verteilung der Einwohner nach dem Gemeindegewachstum	61
Abbildung 22: Anpassung der Bevölkerungsdaten von 2016 an die alte Gemeindestruktur	67
Abbildung 23: Ablaufplan der Kalibrierung	68
Abbildung 24: Vergleich des Modal Split zwischen dem Verkehrsmodell und der Mobilitätserhebung	69
Abbildung 25: Unkalibrierte Zugangszeiten (links), Kalibrierte Zugangszeiten (rechts)	70
Abbildung 26: Lage der Fahrbahndetektoren	72
Abbildung 27: Mittlere Wegelänge der Verkehrsmodi	73
Abbildung 28: Linienübersicht im Grazer Westen von der Variante 2030A	75
Abbildung 29: Linienübersicht im Grazer Westen von der Variante 2030D	77
Abbildung 30: Einteilung des Bezirkes Graz Umgebung in 5 Zonen	86
Abbildung 31: Änderung der Fahrzeugkilometer bezogen auf den Prognosereferenzfall 3m	92
Abbildung 32: Änderung der Personenkilometer bezogen auf den Prognosereferenzfall 3m	94
Abbildung 33: Vergleich der Querschnittsbelastung zwischen den MPF 1b und MPF 2	98
Abbildung 34: Vergleich der Querschnittsbelastung zwischen den MPF 2 und MPF 3	99

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Bezirke im Untersuchungsgebiet mit den jeweiligen Flächen und Einwohnern	26
Tabelle 2: Anbindungstypen im Verkehrsmodell	30
Tabelle 3: Anbindungslängenabhängige Verkehrsmittelwahl und deren Luftliniengeschwindigkeit	30
Tabelle 4: ÖV - Angebot im Verkehrsmodell (Basisfall 2016)	31
Tabelle 5: Verhaltenshomogene Personengruppen in GUARD	32
Tabelle 6: Aktivitäten	33
Tabelle 7: Zuordnung der Alphawerte zu den verhaltenshomogenen Personengruppen und Aktivitäten	37
Tabelle 8: Verkehrsmittel im Verkehrsmodell	38
Tabelle 9: Kenngrößen zur Bestimmung des Modal Splits	40
Tabelle 10: Widerstandswerte der Bedienungshäufigkeit	40
Tabelle 11: Bevölkerungsvergleich zwischen den Prognosen für das Jahr 2030	45
Tabelle 12: Baulandreserven in den Oberbezirken	47
Tabelle 13: Arbeitsplatzentwicklung in der Steiermark	51
Tabelle 14: Schulausbauten in den Grazer Siedlungsgebieten	52
Tabelle 15: Geplante Verkaufsflächen der Grazer Siedlungsgebiete	53
Tabelle 16: Bevölkerungsentwicklung der Landeshauptstadt Graz	56
Tabelle 17: Baulandreserven und das daraus mögliche Bevölkerungswachstum der Grazer Stadtbezirke	57
Tabelle 18: Bevölkerungszuordnung für das geschätzte Bevölkerungswachstum westlich der Mur nach Siedlungsprojekten bis 2030; Graz Ost ohne Aufteilung auf Siedlungsprojekte	58
Tabelle 19: Bevölkerungswachstum östlich der Mur	59
Tabelle 20: Aufteilung des erwarteten Bevölkerungswachstums	62
Tabelle 21: Arbeitsplätze am Arbeitsort	63
Tabelle 22: Arbeitsplatzzahlen von 2008 und mögliche Arbeitsplatzzahlen von 2030	63
Tabelle 23: Erwartete Schulplätze im Nahbereich der Siedlungsgebiete	64
Tabelle 24: Aufteilung der Verkaufsflächen auf die Bezirke	64
Tabelle 25: Überblick der Projektfälle	66
Tabelle 26: Vergleich der Linienbeförderungen mit den erhobenen Einsteigern	70
Tabelle 27: Vergleich der Streckenbelastungen mit den Zählwerten	71
Tabelle 28: Fahrplanangaben für die Taktung der Variante 2030A	76
Tabelle 29: Fahrplanangaben für die Taktung der Variante 2030D	78
Tabelle 30: Modal Split Vergleich zwischen Basisfall und Prognosereferenzfall 3 für Graz	81
Tabelle 31: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1a für Graz	82
Tabelle 32: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1b für Graz	83
Tabelle 33: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 1b und Maßnahmenplanfall 2 für Graz	84
Tabelle 34: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 2 und Maßnahmenplanfall 3 für Graz	85
Tabelle 35: Zuordnung der Gemeinden zu den 5 Zonen	86
Tabelle 36: Modal Split Vergleich zwischen Basisfall und Prognosereferenzfall 3 für Graz Umgebung	87
Tabelle 37: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1a für Graz Umgebung	88
Tabelle 38: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1b für Graz Umgebung	88
Tabelle 39: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 1b und Maßnahmenplanfall 2 für Graz Umgebung	89
Tabelle 40: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 2 und Maßnahmenplanfall 3 für Graz Umgebung	90
Tabelle 41: Vergleich der Fahrzeugkilometer zwischen den Projektfällen in Graz	91
Tabelle 42: Vergleich der Fahrzeugkilometer zwischen den Projektfällen in Graz Umgebung	92
Tabelle 43: Vergleich der Personenkilometer zwischen den Projektfällen in Graz	93
Tabelle 44: Vergleich der Personenkilometer zwischen den Projektfällen in Graz Umgebung	95
Tabelle 45: Reisezeitvergleich zwischen den Projektfällen von Graz Umgebung nach Graz im Tagesmittel	95
Tabelle 46: Reisezeitvergleich zwischen den Projektfällen von Graz Umgebung nach Graz in den Spitzenstunden	96
Tabelle 47: Veränderung der Streckenbelastungen zwischen den Projektfällen	97
Tabelle 48: Vergleich der Verkehrsleistung und der Reisezeit zwischen den Projektfällen	101

1 Einleitung und Aufbau der Arbeit

Der Großraum Graz erlebt in den letzten Jahrzehnten einen starken wirtschaftlichen Aufschwung und hat sich als Hauptwirtschaftsraum der Steiermark profiliert. Diese Entwicklung spiegelt sich in einer Erhöhung des Arbeitsplatzangebots und einem Bevölkerungswachstum in der Region wider. Laut der „Bevölkerungsprognose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz“ wird die Bevölkerungszahl der Stadt Graz auch in Zukunft wachsen. Zwischen dem Jahr 2016 und 2030 soll die Bevölkerung in Graz um ca. 43.000 Personen bzw. 16% zunehmen.¹ Für Graz Umgebung wird bis 2030 ein Bevölkerungswachstum von 12.100 Personen prognostiziert.² Das Bevölkerungswachstum in Graz Umgebung entsteht einerseits aus Zuzug aus ländlichen Regionen und andererseits aus Zuzug aus der Kernstadt, der sogenannten Suburbanisierung. Die negativen Folgen dieses Wachstums sind eine erhöhte Belastung für Infrastruktur und öffentliche Güter. Insbesondere wirken sich die erhöhte Verkehrsnachfrage und die steigenden Pendlerverkehre auf die Verkehrsinfrastruktur aus.

Das Regionale Verkehrskonzept (RVK) Graz und Graz Umgebung soll ein Leitbild, Prioritäten und Handlungsfelder für eine zukunftsorientierte Regionalverkehrspolitik definieren. Eines der Hauptforderungen im RVK Graz, Graz Umgebung ist neben kompakten Raumstrukturen und der Angebotssteigerung im öffentlichen Verkehr, ein Paradigmenwechsel. Dies bedeutet: „Nicht mehr die Infrastruktur folgt der Siedlungsentwicklung, sondern die Siedlungsentwicklung muss an die Infrastruktur gekoppelt werden.“³ Weiters sollen laut RVK räumliche „Vorrangzonen Siedlungsentwicklung“ definiert werden. Diese Zonen sollen im Einzugsbereich von 1.500 m von S-Bahn-Haltestellen und im Einzugsbereich von 500 m von ÖV-Hauptlinien sein. Auch das Steiermärkische Raumordnungsgesetz beschreibt in §3, dass Siedlungsstrukturen an der Infrastruktur und im Einzugsbereich von öffentlichen Verkehrsmittel entwickelt werden sollen.

Um das hohe Bevölkerungswachstum aufnehmen zu können, werden in der Stadt Flächen für den Wohnbau ausgewiesen. Besonders große Flächen für den Wohnbau stehen im Westen der Stadt zu Verfügung. Bei großen Siedlungsprojekten, wie Reininghaus und Smart City - Waagner Biro, regt sich häufig Widerstand mit dem Argument der fehlenden Reserven im Straßenverkehr und öffentlichen Verkehr. Die Abteilung für Verkehrsplanung der Stadt Graz versucht mit einem verbesserten ÖV-Angebot dieser Problematik entgegenzuwirken. Bislang wurde auch nicht abgeschätzt, welche Auswirkungen es auf den Verkehr hätte, wenn die Kernstadt das Bevölkerungswachstum nicht aufnehmen kann und daher ein zusätzliches Bevölkerungswachstum im Grazer Umland auftritt.

In dieser Arbeit sollen daher die verkehrlichen Auswirkungen von unterschiedlichen Bevölkerungsansiedlungen im Großraum Graz untersucht werden. Dazu werden mittels eines Verkehrsmodells Prognosefälle mit unterschiedlichen Szenarien für das Jahr 2030 erstellt. Die Auswirkungen der Siedlungsentwicklung können mittels verkehrlicher Kenngrößen dargestellt werden.

¹ Vgl. (Bevölkerungsprognose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz, 2015)

² Vgl. (Regionales Verkehrskonzept Graz und Graz – Umgebung, Endbericht)

³ Vgl. (Steiermärkisches Raumordnungsgesetz 2010 – StROG)

Diese Arbeit gliedert sich in acht Kapitel. In Kapitel 2, Grundlagen der Siedlungsentwicklung, wird auf die Thematik der Urbanisierung und Suburbanisierung eingegangen. Kapitel 3 soll die Grundlagen der Verkehrsmodelle vermitteln. Dazu wurde das Kapitel in zwei Teile geteilt. Der erste Teil soll allgemeine Grundlagen wie der Grad der Disaggregation, Planungs- und Untersuchungsraum, sowie das Verkehrsangebot, die Verkehrsnachfrage und den Berechnungsalgorithmus näherbringen. Der zweite Teil erklärt das Vier-Stufen-Modell. Darunter fallen die Verkehrserzeugung, die Verkehrsverteilung, die Verkehrsaufteilungs- und Verkehrsumlegungsmodelle. In Kapitel 4 wird das Verkehrsmodell für den Großraum Graz (GUARD) erläutert, um die Prozesse der Simulation genauer zu verstehen. Darin enthalten ist eine Modellierung der Verkehrsnachfrage mit dem VISEM-Nachfragemodell. Kapitel 5 zeigt die Erhebung der Datengrundlage. Zu dieser Datengrundlage gehören Bevölkerungsprognosen, Daten über Baulandreserven, Strukturdatenerhebungen, ÖV-Angebotsplanungen und Messwerte für die Kalibrierung. Kapitel 6 ist der Hauptteil dieser Arbeit. Am Anfang des Kapitels wurden fünf unterschiedliche Ansiedlungsszenarien entwickelt. Von den fünf Ansiedlungsszenarien gehen drei davon aus, dass das Grazer Bevölkerungswachstum in Graz aufgenommen werden kann. Die anderen zwei Szenarien gehen davon aus, dass Graz keine weiteren Wohnkapazitäten bekommt und das Grazer Bevölkerungswachstum im Bezirk Graz Umgebung aufgenommen werden muss. Als nächstes wurden die Strukturdaten aufbereitet. Dabei wurden die Strukturdaten so bearbeitet, dass sie in das Verkehrsmodell eingespielt werden können. Zuletzt wurde die Projektstruktur erstellt. Somit entstand der Basisfall, sechs Prognosereferenzfälle und vier Maßnahmenplanfälle. Bei der Erstellung des Basisfalles wurde das Verkehrsmodell kalibriert. In Kapitel 7 erfolgt die Auswertung der Fälle und die Analyse der Ergebnisse, um verkehrliche Kenngrößen zur Bewertung der Ansiedlungsszenarien zu erhalten. In Kapitel 8 wird die Arbeit zusammengefasst und ein Ausblick für zukünftige Arbeiten zu diesem Themengebiet gegeben.

2 Grundlagen der Siedlungsentwicklung

In den letzten drei bis vier Jahrzehnten entwickelten sich in Österreich besonders stark die Städte und Umlandregionen. Dadurch entstanden positive und negative Auswirkungen auf die Verkehrs- und Umweltbelastung.

In diesem Kapitel soll zunächst definiert werden, was Urbanisierung und Suburbanisierung bedeutet. Zusätzlich zu der Definition wird auf die Ursachen dieser zwei Siedlungsentwicklungen eingegangen. Am Ende dieses Kapitels werden die Auswirkungen der Urbanisierung und Suburbanisierung auf die Stadt und Stadt-Umlandregion behandelt. Insbesondere wird dabei auf die Auswirkungen auf den Verkehr eingegangen.

2.1 Urbanisierung

Der Begriff Urbanisierung kommt aus dem englischen Sprachraum und wird häufig mit dem Begriff Verstädterung gleichgesetzt. Gemeint ist damit die Vermehrung, Ausdehnung oder Vergrößerung von Städten anhand ihrer Anzahl, Fläche oder Einwohner. Dies bedeutet eine Ausbreitung der städtischen Lebens-, Wirtschafts- und Verhaltensweise sowohl absolut als auch im Verhältnis zur ländlichen Bevölkerung. Gleichzeitig bewirkt die Urbanisierung die sogenannte „Landflucht“. Sie beschreibt Wanderungsbewegungen der ländlichen Bevölkerung in Stadtregionen. Insbesondere junge Menschen ziehen aus dem ländlichen Raum in die Ballungszentren.⁴

Gemessen wird die Urbanisierung anhand von vier demografischen Kennziffern.

1. Anteil der Stadtbevölkerung an der Gesamtbevölkerung einer Region (Verstädterungsquote, Verstädterungsgrad)
2. Wachstum der Stadtbevölkerung einer Region (Zuwachsrate der städtischen Bevölkerung)
3. Erhöhung der Zahl der Städte innerhalb einer Region (Städteverdichtung)
4. Räumliches Städtewachstum und Umverteilung der Bevölkerung innerhalb von Stadtregionen (Stadt und Umland)⁵

Ursachen der Urbanisierung

Die Ursache der Urbanisierung lässt sich durch ein Push- und Pull-Faktor Modell erklären. Push Faktoren sind jene, die die Bevölkerung dazu bewegt, ihre Heimat zu verlassen, um in die Stadt zu ziehen. Pull Faktoren hingegen sind jene, welche die Bevölkerung in die Stadt ziehen.⁶

⁴ Vgl. (Bähr,2011)

⁵ Vgl. (Bähr,2011)

⁶ Vgl. (Bähr,2008)

Pull Faktoren:

- bessere Arbeitsbedingungen und ein höherer Verdienst
- Schul- und Ausbildungsangebot
- größere Auswahl an Konsumgütern
- ein weniger von Familie und Gesellschaft reglementiertes Leben
- Freizeitmöglichkeiten

Push Faktoren:

- Landwirtschaft verliert an Bedeutung
- endliche Besitzstruktur
- unzureichende Wohnverhältnisse
- mangelhafte Infrastruktur
- fehlende Arbeitsplätze und Ausbildungsmöglichkeiten⁷

2.2 Suburbanisierung

Am Beginn sei festgestellt, dass es keine eindeutige Definition des Begriffes „Suburbanisierung“ gibt. Gaebe definiert den Begriff der „Suburbanisierung“ mit den folgenden drei verschiedenen Begriffsdefinitionsmöglichkeiten:⁸

- „alle Verlagerungen und Neugründungen von Haushalten und Betrieben außerhalb der Kernstadt“ ..., „sofern sie nur funktional mit der Kernstadt eng verflochten bleiben“⁹
- „Verlagerung von Nutzungen und Bevölkerung aus der Kernstadt, dem ländlichen Raum oder anderen metropolitanen Gebieten in das städtische Umland bei gleichzeitiger Reorganisation der Verteilung von Nutzungen und Bevölkerung in der gesamten Fläche des metropolitanen Gebietes“¹⁰
- Die „Zunahme des Anteils der Umlandgemeinden an Bevölkerung, Arbeitsstätten oder Beschäftigten in der Region“¹¹

Weiters versteht Gaebe unter „Bevölkerungssuburbanisierung“ eine „Bevölkerungsverschiebung von der Kernstadt in das Umland“, wenn „der Bevölkerungsanteil im Umland des Verdichtungsraumes zunimmt“.¹²

⁷ Vgl. (Bähr,2008)

⁸ Vgl. (Gaebe,1987)

⁹ Vgl. (Gaebe,1987)

¹⁰ Vgl. (Gaebe,1987)

¹¹ Vgl. (Gaebe,1987)

¹² Vgl. (Gaebe,1987)

Ursachen der Suburbanisierung

Die Ursachen der Suburbanisierung bestehen einerseits aus Gründen für den Fortzug aus der Kernstadt und Gründen für den Zuzug in den suburbanen Raum. Diese Gründe können sein:

- **Unzureichendes Wohnungsangebot in der Kernstadt:** Der Bedarf an Menge und Art des Wohnungsangebotes wird schlecht abgedeckt. Der Wohnbedarf verändert sich im Lebenszyklus durch Ansprüche an Größe, Ausstattung, Lage, Wohnkosten oder dem Wunsch nach dem eigenen Haus. Die Kernstadt bietet oft kaum eine bessere, aber nicht zu teure Wohnung.
- **Mängel an der Bausubstanz und der Wohnumwelt:** Durch mangelhafte Instandhaltung oder Beeinträchtigung des Lebens durch die Wohnumgebung auf Grund von Industrie, Straßenlärm, Smog oder durch das Fehlen von Erholungsgebieten entsteht der Wunsch an eine „bessere“ Bausubstanz und Nachbarschaft.
- **Wohnungsangebot im suburbanen Raum:** Staatliche Förderungen und günstige Grundpreise lassen die Attraktivität des suburbanen Raumes stark steigen.
- **Einkommensentwicklung:** Ein höheres Einkommen lässt einerseits die Ansprüche an die Größe, Lage und Ausstattung der Wohnung steigen und andererseits können größere Distanzen durch eine höhere Motorisierung bequem zurückgelegt werden.
- **Standortpräferenzen:** Soziale Aspekte und der Wunsch nach dem Wohnen in „schöner Lage“, bezogen auf die Landschaft, spielen oft eine entscheidende Rolle bei der Wahl des Wohnstandortes.¹³

2.3 Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf den Verkehr

2.3.1 Pendlerverkehr

Eine der negativen Folgen der Suburbanisierung ist die Steigerung des Pendlerverkehrs. Unter Pendlerverkehre fallen einerseits Berufspendler und andererseits Ausbildungspendler. Sie wohnen außerhalb ihres Arbeits- bzw. Ausbildungsortes und legen den Weg zu ihrem Arbeits- bzw. Ausbildungsort in der Regel täglich (Tagespendler) oder wöchentlich (Wochenpendler) zurück. In der Wohngemeinde werden diese als Auspendler und am Arbeits- bzw. Ausbildungsort als Einpendler gezählt. Die Differenz zwischen Ein- und Auspendlern in einer Gemeinde wird als Pendlersaldo bezeichnet.¹⁴

2.3.2 Überlastung der Verkehrsinfrastruktur in der Kernstadt

Durch den Zuzug erhöht sich das Verkehrsaufkommen in der Kernstadt. Das wachsende Verkehrsaufkommen belegt Kapazitäten im öffentlichen und im Individualverkehr. Werden

¹³ Vgl. (Gaebe,1987)

¹⁴ Vgl. (Friedrichs,1978)

diese Kapazitäten in den Spitzenstunden überlastet, kommt es zu Staus und Verzögerungen. Um dies zu verhindern, sind Investitionen in das Verkehrssystem notwendig. Weiters kann die Verkehrsinfrastruktur durch die dichte Bebauung oftmals nicht mehr erweitert werden.¹⁵¹⁶

2.3.3 Emissionen

Durch das zunehmende Verkehrsaufkommen in Stadtregionen kommt es zu einer erhöhten Belastung durch Luftschadstoffe und Lärm. Die Abgase verursachen eine Vielzahl von Luftschadstoffen und Treibhausgasen. Durch Verbesserungen in der Fahrzeugtechnologie konnte der Schadstoffausstoß erheblich verringert werden. Bei den Treibhausgasen wurde diese Verbesserung durch das wachsende Verkehrsaufkommen und die steigende Anzahl an zurückgelegten Kilometern aufgehoben. Der Straßenverkehr wird am häufigsten als Ursache für die Störung durch Lärm genannt. Die Senkung von Lärmemissionsgrenzwerten für Fahrzeuge und Reifen steht einem steigenden Verkehrsaufkommen gegenüber. Weiters kann der Verkehrslärm durch Reduktion der Geschwindigkeit oder einem geräuscharmen Fahrbahnbelag verringert werden.¹⁷

¹⁵ Vgl. (Rösch,2015)

¹⁶ Vgl. (Nehrling,1985)

¹⁷ Vgl. (www.umweltbundesamt.at, 2017)

3 Grundlage der Verkehrsmodelle

In diesem Kapitel wird zuerst allgemein auf die Grundlagen der Verkehrsmodelle eingegangen. Diese beinhalten die Erläuterungen zu Verkehrsnachfragemodellen, Verkehrsflussmodellen, makroskopische und mikroskopische Verkehrsmodelle, Grad der Disaggregation, den Planungsraum, sowie das Verkehrsangebot und die Verkehrsnachfrage. Anschließend wird das Vier-Stufen-Modell erklärt. Darunter fällt die Verkehrserzeugung, die Verkehrsverteilung, die Verkehrsaufteilung und die Verkehrsumlegung.

3.1 Allgemein

Ein Modell ist eine vereinfachte Darstellung der Realität. Diese Vereinfachung muss einerseits nachvollziehbar sein und andererseits müssen die wesentlichen Zusammenhänge noch enthalten sein. Verkehrsmodelle sind mathematische Modelle, die zur Analyse des Verkehrs dienen. Diese mathematischen Modelle bestehen aus Algorithmen und numerischen Verfahren. Verkehrsmodelle werden dann eingesetzt, wenn die Auswirkungen einer Änderung im Verkehrssystem in der Zukunft betrachtet werden soll oder wenn eine Erhebung durch zu hohen Aufwand nicht möglich ist. Dadurch können Planfälle entwickelt werden und deren Wirkungen abgeschätzt werden. Prinzipiell gilt, je umfangreicher die implementierten Daten im Verkehrsmodell sind, desto höher ist die Genauigkeit des Modells. Weiters können auch prognostizierte Größen in das Modell fließen, um die Realität zu beschreiben.¹⁸

In der Verkehrsplanung wird eine Vielzahl von Verkehrsmodellen verwendet. Hauptsächlich kommen jedoch **Verkehrsnachfragemodelle** und **Verkehrsflussmodelle** zum Einsatz.

- Unter einem **Verkehrsnachfragemodell** versteht man Modelle, die Entscheidungen wie Aktivitätenwahl, Zielwahl, Verkehrsmittelwahl und Routenwahl des Personenverkehrs nachbilden und die Verkehrsbelastung der einzelnen Strecken berechnen.
- **Verkehrsflussmodelle** ermitteln Geschwindigkeiten, Fahrstreifenwahl und Abstandswahlverhalten der Verkehrsteilnehmer und bilden sie im Modell nach.

Schütte unterscheidet zwei große Verkehrsnachfragemodellgruppen. Die eine Gruppe sind die makroskopischen Verkehrsnachfragemodelle, die andere Gruppe sind die mikroskopischen Verkehrsnachfragemodelle. Weiters gibt es auch Mischformen, wie zum Beispiel die mesoskopischen Verkehrsnachfragemodelle.¹⁹

1. Makroskopische Verkehrsnachfragemodelle berechnen die Verkehrsgrößen für eine wenig differenzierte Menge von Personen eines Verkehrsbezirks mit Strukturgrößen und analytischen Funktionen. Hierbei wird entweder das Verkehrsverhalten von allen Personen gemeinsam betrachtet oder die Personen werden in verhaltenshomogene Gruppen eingeteilt und es wird das Verkehrsverhalten jeder Gruppe betrachtet.
2. Mikroskopische Verkehrsnachfragemodelle betrachten das Verkehrsverhalten von Einzelpersonen und bilden dieses durch Wahrscheinlichkeiten oder stochastische

¹⁸ Vgl. (Köhler,2014)

¹⁹ Vgl. (Schütte,2000)

Simulationsverfahren nach. Die Monte-Carlo-Simulation ist ein solches Simulationsverfahren, das für mikroskopische Verkehrsmodelle verwendet wird.

3.1.1 Grad der Disaggregation

Da es sich im Verkehr um individuell getroffene Entscheidungen handelt, wird hier kurz der Grad der Disaggregation beschrieben. Je disaggregierter ein Verkehrsmodell ist, umso mehr werden die Entscheidungen jedes Einzelnen berücksichtigt.²⁰

Ein aggregiertes Verkehrsmodell betrachtet den Verkehr wenig differenziert und makroskopisch. Es wird hier davon ausgegangen, dass sich bei einer großen Betrachtungseinheit die individuelle Streuung ausgleicht.

Ein disaggregiertes makroskopisches Verkehrsmodell berücksichtigt hingegen das Verkehrsverhalten von verhaltenshomogenen Personengruppen. Dabei wird mittels Wahrscheinlichkeiten die Aktivitätswahl, das Verkehrsaufkommen und die Moduswahl der Personengruppe beschrieben.

Ein disaggregiertes mikroskopisches Verkehrsmodell stellt das Verkehrsverhalten von Einzelpersonen dar, das ebenfalls über Wahrscheinlichkeiten beschrieben wird. Dadurch werden sehr differenzierte Aussagen zum Verkehrsverhalten von verschiedenen Personen möglich.²¹

3.1.2 Planungsraum, Untersuchungsgebiet und Verkehrszellen

Der Planungsraum ist das räumliche Gebiet, in dem Änderungen im Verkehrssystem vorgenommen werden. Der Planungsraum umfasst meist den Raum der Gebietskörperschaft. Das Untersuchungsgebiet stellt einen größeren Bereich als der Planungsraum dar. Es soll so gewählt werden, dass der grenzüberschreitende Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr vernachlässigbar gegenüber dem Binnenverkehr im Untersuchungsgebiet ist. Falls noch weitere relevante Verkehrsbeziehungen nicht im Untersuchungsgebiet liegen, müssen diese betrachtet und gesondert berücksichtigt werden. Für die Berechnungen des Verkehrsmodells wird das Untersuchungsgebiet in Verkehrszellen aufgeteilt. Die Verkehrszellen sollen so gewählt werden, dass die Ergebnisse in erforderlicher Genauigkeit wiedergegeben werden können. Das bedeutet, dass Verkehrszellen ähnliche Nutzungsbedingungen aufweisen sollen. Weiteres sollen die Verkehrszellen so gewählt werden, dass der Binnenverkehr vernachlässigt werden kann. Abbildung 1 stellt den Untersuchungsraum mit dem Planungsraum und den vier Verkehrsarten dar. Diese vier Verkehrsarten werden als Quell-, Ziel-, Binnen- und Durchgangsverkehr bezeichnet. Unter Quellverkehr versteht man Ortsveränderungen, die im Untersuchungsraum beginnen und außerhalb des Untersuchungsraums enden. Zielverkehre sind das Gegenstück dazu. Sie beginnen außerhalb des Untersuchungsraums und enden im Untersuchungsraum. Binnenverkehre sind Ortsveränderungen innerhalb des

²⁰ Vgl. (Lohse, 1997)

²¹ Vgl. (Lohse, 1997)

Untersuchungsraums und Durchgangsverkehre starten und enden außerhalb des Untersuchungsraums, durchqueren jedoch das Untersuchungsgebiet.²²

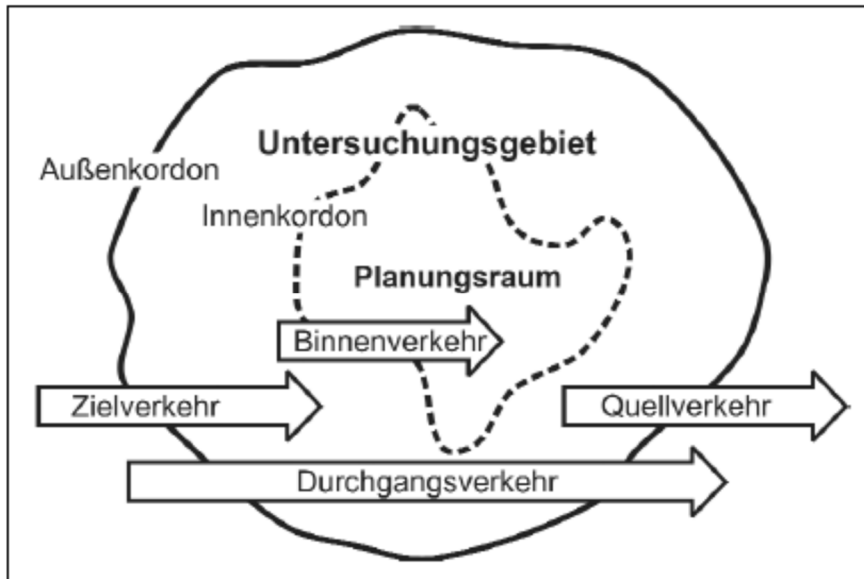


Abbildung 1: Definition des Untersuchungsgebietes, Planungsraum und die Verkehrsarten²³

3.1.3 Verkehrsangebot

Alle Güter und Leistungen, die für einen Ortswechsel zur Verfügung gestellt werden, werden unter Verkehrsangebot zusammengefasst. Darunter versteht man Elemente wie die Verkehrsinfrastruktur (Strecken, Haltestellen, VLSA), Verkehrsmittel (Fahrrad, Pkw, Bus) sowie nicht greifbare Elemente wie Fahrpläne.²⁴

In Verkehrsmodellen setzt sich das Verkehrsangebot für den Individualverkehr aus Strecken, die am Anfang und am Ende durch einen Knoten begrenzt werden, Abbiegern zwischen den Strecken und Anbindungen von Verkehrszellen zu den Strecken zusammen. Die Reisezeit zwischen zwei Verkehrszellen wird daher aus der Zu- und der Abgangszeit, der Fahrzeit und der Abbiegezeit ermittelt. Die Fahrzeit ist hierbei vom Auslastungsgrad der Strecke abhängig. Die Kapazität q_{max} besagt wieviel Verkehrsstärke q eine Strecke aushält bis kein flüssiger Verkehrsfluss mehr möglich ist. Je größer die Verkehrsstärke q auf einer Strecke wird, desto länger wird auch die Reisezeit. Der Zusammenhang zwischen der Kapazität, der Verkehrsstärke und der Reisezeit wird über die Capacity-Restraint-Funktion hergestellt. In weiterer Folge wird die Capacity-Restraint-Funktion als CR-Funktion abgekürzt und im Deutschen wird sie als Kapazitätsbeschränkungsfunktion bezeichnet. Die CR-Funktion ermöglicht die Modellierung von realitätsnahen Reisezeiten, wenn die Verkehrsstärke q zwischen Null und der Kapazitätsgrenze liegt ($0 \leq q \leq q_{max}$). Sobald die Verkehrsstärke q die

²² Vgl. (Steierwald, et al, 2005)

²³ Vgl. (Steierwald, et al, 2005)

²⁴ Vgl. (Schiller, 2007)

Kapazität q_{max} übersteigt ($q \geq q_{max}$), wächst die Reisezeit stark an. Die folgende Gleichung stellen die CR-Funktion mathematisch dar.^{25,26}

$$t_{akt} = t_0 * \left(1 + a * \left(\frac{q}{q_{max}} \right)^b \right) \quad (1)$$

mit

- t_0 Fahrzeit bei freiem Verkehrsfluss
- t_{akt} aktuelle Fahrzeit im belasteten Netz
- q Verkehrsstärke des Netzelementes
- q_{max} Kapazität des Netzelementes
- a Funktionsparameter a
- b Funktionsparameter b

Somit ist t_{akt} die Fahrzeit, die benötigt wird, um die belastete Strecke zu durchqueren und t_0 die Fahrzeit, die benötigt wird, um die unbelastete Strecke zu durchfahren. a und b sind Parameter, um die Funktion an die vorhandene Verkehrssituation anzupassen. Dadurch kann die Steigung der Funktion an die örtliche Gegebenheit angepasst werden. Der Parameter a berücksichtigt die Zeitdauer des Untersuchungszeitraums und beeinflusst den Anstieg des ersten Teils der Kurve und wird in der Regel als Dämpfungselement gewählt. Der Parameter b wird auch Scharparameter genannt und verschiebt den Bogenansatz entlang der Abszisse. Abbildung 2 stellt die CR-Funktion mit dem Parameter a = 0.5 und unterschiedlichen Funktionsparametern b graphisch dar.^{27,28}

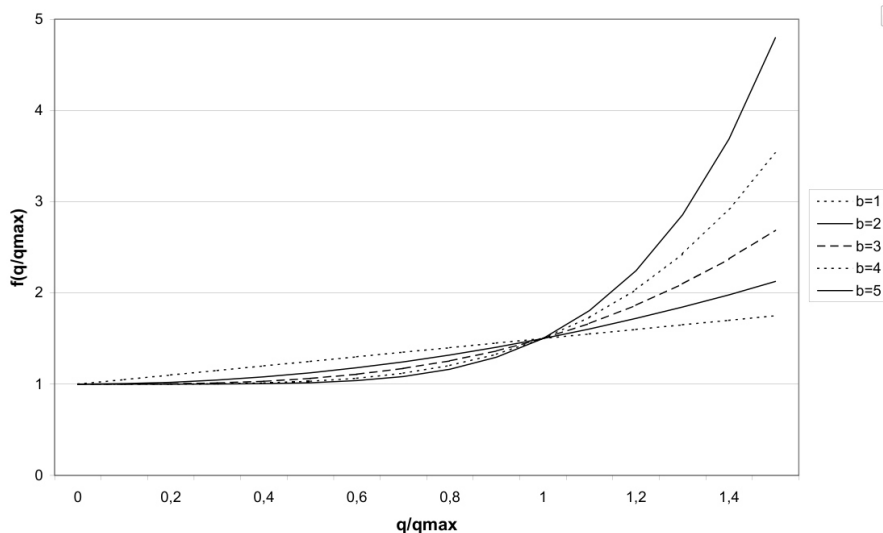


Abbildung 2: CR-Funktion des Typs BRP mit a = 0,5.²⁹

²⁵ Vgl. (Fellendorf, Skript)

²⁶ Vgl. (Schiller, 2004)

²⁷ Vgl. (Fellendorf, Skript)

²⁸ Vgl. (Schiller, 2004)

²⁹ Vgl. (Fellendorf, Skript)

Beim Verkehrsangebot des öffentlichen Verkehrs kommen zu dem bereits genannten Strecken, Abbiegern und Anbindungen noch Haltestellen und Fahrplandaten hinzu. Je attraktiver der Fahrplan ist, desto größer ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass Personen im Verkehrsmodell den ÖV als Modus wählen.^{30,31}

3.1.4 Verkehrsnachfrage

Unter Verkehrsnachfrage versteht man die Befriedigung des Bedürfnisses der Fortbewegung. Da Menschen nicht alle Aktivitätsbedürfnisse an ein und demselben Ort durchführen können, sind dafür räumliche Ortsveränderungen notwendig. Typische Aktivitäten, die meist nicht am Wohnort durchgeführt werden können, sind zum Beispiel Arbeiten, Einkaufen, Bildung und Freizeit. In der Regel stehen mehrere örtliche Ziele zur Stillung des Aktivitätsbedürfnisses zur Verfügung, wodurch die Entscheidung für die Wahl des Ziels durch den Aufwand (Widerstand) zur Erreichung des Ziels und der Nutzenqualität zur Befriedigung des Aktivitätsbedürfnisses fällt. Der Aufwand zur Erreichung des Ziels wird über das Verkehrsangebot definiert. Dabei gilt, je geringer der Aufwand wird ein Ziel zu erreichen, umso attraktiver wird das Ziel. Nutzenqualität wird durch die Nutzungsfunktion definiert, wobei hier die Ziele, an der die Aktivität ausgeführt werden kann, miteinander über ihre Strukturgröße verglichen werden. Je größer hierbei die Strukturgröße ist, desto interessanter ist das Ziel. Um diese Wahlmöglichkeiten zu berechnen, werden Berechnungsalgorithmen verwendet, die nun beschrieben werden.³²

³⁰ Vgl. (Fellendorf, Skript)

³¹ Vgl. (Schiller, 2004)

³² Vgl. (Schiller, 2007)

3.1.5 Berechnungsalgorithmus

Die Verkehrsnachfragemodelle können nach ihrem Berechnungsalgorithmus in ein Vier-Stufen-Modell oder ein Zwei-Stufen-Modell aufgeteilt werden. Abbildung 3 stellt die Nachfragemodelle dar und gliedert sie in Teilmodelle auf.

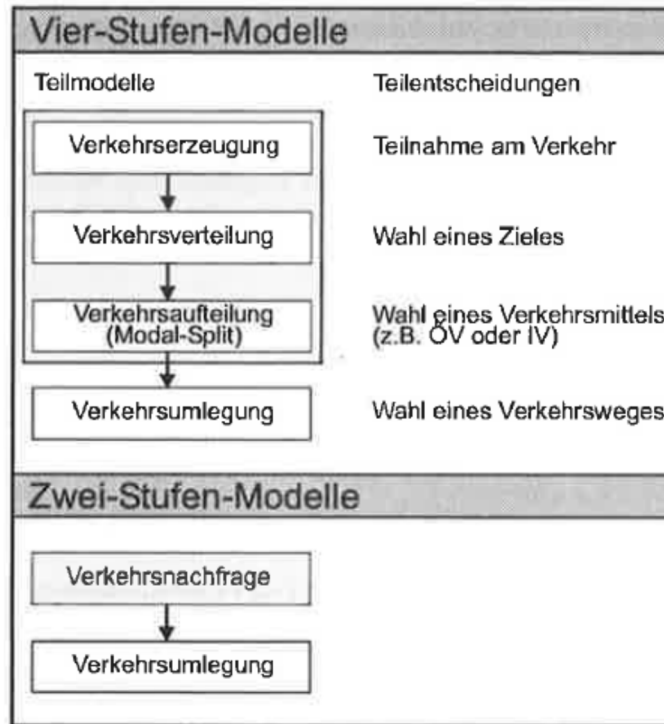


Abbildung 3: Verkehrsnachfragemodelle und deren Teilmodelle³³

Das Vier-Stufen-Modell besteht aus der Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsaufteilung und Verkehrsumlegung. Das Zwei-Stufen-Modell fasst die Verkehrserzeugung, die Verkehrsverteilung und die Verkehrsaufteilung zu einem Teilschritt zusammen, der Verkehrsnachfrage heißt.³⁴

3.2 Vier-Stufen-Modell

In weiterer Folge werden nun die vier Stufen des Vier-Stufen-Modells genauer beschrieben:

3.2.1 Verkehrserzeugung

Das Verkehrsaufkommen eines Untersuchungsraumes wird mit Hilfe von Verkehrserzeugungsmodellen ermittelt. Grundlegend wird dabei zwischen **Raumaggregatsmodellen** und **Individualmodellen** unterschieden. Das Unterscheidungsmerkmal sind die unterschiedlichen Bezugsgrößen zur Berechnung des Verkehrsaufkommens.³⁵

³³ Vgl. (Schütte, 2000)

³⁴ Vgl. (Schütte, 2000)

³⁵ Vgl. (Schütte, 2000)

Raumaggregatmodelle (strukturorientierte Modelle)

Ein Raumaggregatmodell ermittelt einerseits die Gesamtanzahl aller Wege, die den Untersuchungsraum verlassen. Diese Wege werden auch als Quellverkehr bezeichnet. Andererseits wird auch die Gesamtanzahl aller Wege, die den Untersuchungsraum als Ziel haben, berechnet. Diese Wege werden in weiterer Folge als Zielverkehr bezeichnet. Dieser Quell- und Zielverkehr einer Verkehrszelle wird über Strukturgrößen ermittelt, die meist aus Einwohnern, Arbeitsplätzen, Mobilitätsraten und anderen Strukturgrößen bestehen. Der Quell- und Zielverkehr wird wie folgt berechnet.³⁶

Quellverkehr Q:

$$Q_i = P_i = p_1 * X_{1i} + p_2 * X_{2i} + \dots + p_n * X_{ni} \quad (2)$$

Zielverkehr Z:

$$Z_i = A_i = a_1 * X_{1i} + a_2 * X_{2i} + \dots + a_n * X_{ni} \quad (3)$$

mit

X_{ni} Strukturgröße der Zelle i
 p_n, a_n Koeffizienten, die den Einfluss der Größe X_n auf das erzeugte bzw. angezogene Verkehrsaufkommen angeben. Dieser Wert ist für alle Zellen gleich, kann aber für unterschiedliche Personengruppen verschiedene Werte annehmen.³⁷

Individualverhaltensmodelle (verhaltensorientierte Modelle) werden in drei weitere Unterkategorien an Modelltypen unterteilt.

- Personengruppenmodelle
- ökonomische Modelle
- Individualfaktorenmodelle

Das Personengruppenmodell, auch soziodemographisches Modell genannt, ermittelt das Verkehrsaufkommen der Verkehrszellen aus verhaltenshomogenen Personengruppen und Verhaltensmuster. Das ökonomische Modell errechnet das Verkehrsaufkommen aus der Nutzenmaximierung des jeweiligen Individuums. Das Individualfaktorenmodell berücksichtigt individuelle Merkmale und deren Wirkungen auf die Aktivitätennachfrage und berechnet damit das Verkehrsaufkommen der einzelnen Individuen.³⁸

3.2.2 Verkehrsverteilung

Verkehrsverteilungsmodelle ermitteln das Verkehrsaufkommen von einer Verkehrszelle i zu einer Verkehrszelle j. Hierbei werden am häufigsten das **Gravitationsmodell** und das **Nutzenmaximierungsmodell** angewendet.

³⁶ Vgl. (Schütte, 2000)

³⁷ Vgl. (Fellendorf, Skript)

³⁸ Vgl. (Schütte, 2000)

Gravitationsmodell

Das Gravitationsmodell entstand aus dem Ansatz des Newtonschen Gravitationsgesetzes, das davon ausgeht, dass ein Massepunkt auf einen anderen Massepunkt mit einer Gravitationskraft einwirkt. Analog dazu wird in der Verkehrsverteilung davon ausgegangen, dass die Anzahl der Fahrten zwischen zwei Verkehrszellen i und j („Anziehungskraft“), abhängig von der Attraktivität der beiden Zellen („Massen“) und der Distanz zwischen den zwei Zellen („Abstand der Massen“) ist.³⁹

$$F_{ij} = k * Q_i * Z_j * f(w_{ij}) \quad (4)$$

mit

F_{ij}	Fahrten je Zeiteinheit zwischen den Verkehrszellen i und j
k	empirisch ermittelte Konstante (Verteilungsfaktor)
Q_i	„Masse“ (Potential) der Verkehrszelle i
Z_j	„Masse“ (Attraktivität) der Verkehrszelle j
$f(w_{ij})$	Widerstandsfunktion $f(w_{ij}) = w_{ij}^{-\alpha}$ mit w_{ij} als Widerstand zwischen Verkehrszelle i und j

Da die Randsummen der Nachfragematrix, die in der Verkehrserzeugung ermittelt werden, noch nicht eingehalten werden, muss der Verteilungsfaktor k so gewählt werden, bis dieser die Randbedingung erfüllt.⁴⁰

$$\sum_j F_{ij} = Q_i \quad \text{und} \quad \sum_i F_{ij} = Z_j \quad (5)$$

Wenn beide Randbedingungen eingehalten werden, ist das Modell Quell-Ziel-gekoppelt. Damit ergeben sich die folgenden Formeln:

$$F_{ij}^Q = Q_i * \frac{Z_j * f(w_{ij})}{\sum_{j=1}^n Z_j * f(w_{ij})} \quad \text{und} \quad F_{ij}^Z = Z_j * \frac{Q_i * f(w_{ij})}{\sum_{i=1}^n Q_i * f(w_{ij})} \quad (6)$$

mit

Q_i	Quellverkehrsaufkommen der Verkehrszelle i [Pers/h]
Z_j	Zielverkehrsaufkommen der Verkehrszelle j [Pers/h]
$f(w_{ij})$	Widerstandsfunktion = $w_{ij}^{-\alpha}$

Nutzenmaximierungsmodell

Das Nutzenmaximierungsmodell geht vom Ansatz des homo oeconomicus aus. Hier wird davon ausgegangen, dass jeder Verkehrsteilnehmer vor der Entscheidung Kenntnis über alle möglichen Alternativen hat und sich dadurch für die beste Alternative entscheidet. Daraus

³⁹ Vgl. (Schütte, 2000)

⁴⁰ Vgl. (Schütte, 2000)

entsteht ein Gesamtmaximum aller Ortsveränderungen mit dem geringsten Widerstand. Die allgemeine Formel für das Verteilungsmodell ist:

$$F_{ij} = Q_i * \frac{Z_j * \exp(-w_{ij})}{\sum_j Z_j * \exp(-w_{ij})} \quad (7)$$

Die Randsummen der Nachfragematrix stimmen im Nutzungsmaximierungsmodell sofort mit den Randsummen der Verkehrserzeugung überein.

Beide dieser Verkehrsverteilungsmodelle beinhalten Widerstandsfunktionen, wodurch Verkehrszellen mit hohem Reisewiderstand weniger attraktive Ziele sind. Dieser Reisewiderstand kann durch die Reisezeit, die Reisekosten und die Entfernung beeinflusst werden. Häufige Widerstandsfunktionen sind:⁴¹

$$\begin{aligned} f(w) &= \exp(-\alpha * w) & (\alpha > 0) \\ f(w) &= w^{-\alpha} & (\alpha > 0) \\ f(w) &= w^{-\alpha} * \exp(-\beta * w) & (\alpha > 0, \beta > 0) \\ f(w) &= \exp(-\alpha * w^2) & (\alpha > 0) \end{aligned}$$

3.2.3 Verkehrsaufteilungsmodelle (Verkehrsmittelwahlmodell)

Verkehrsaufteilungsmodelle teilen die Wege zwischen Verkehrszellen auf die zur Verfügung stehenden Verkehrsmittel auf. Diese Aufteilung hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab:

- Lage einer Verkehrszelle
- Qualität des Verkehrsnetzes
- Angebot des öffentlichen Verkehrs
- Reisezeiten zwischen den Verkehrszellen
- Kosten der Fahrt mit dem jeweiligen Verkehrsmittel
- Verfügbarkeit der Verkehrsmittel
- subjektive Einschätzung der Verkehrsteilnehmer

Bei den Verkehrsaufteilungsmodellen wird häufig zwischen dem bimodalen Split und dem multimodalen Split unterschieden. Der bimodale Split ermöglicht lediglich die Wahl zwischen Pkw und öffentlichem Verkehr (ÖV). Der multimodale Split hingegen ermöglicht neben der Wahl zwischen Pkw und ÖV weitere Modi wie Fuß, Rad, Park & Ride und Pkw-Mitfahrer. Nicht jeder Verkehrsteilnehmer hat die Wahl zwischen jedem Verkehrsmittel. Verkehrsteilnehmer, die nicht die Möglichkeit besitzen, einem Pkw zu lenken, werden „Captive Rider“ genannt. Der Grund dafür kann zum Beispiel kein Führerscheinbesitz, kein verfügbarer Pkw oder mangelnde Parkmöglichkeiten sein. Im Gegensatz dazu verwenden die „Captive Driver“ keine öffentlichen

⁴¹ Vgl. (Schütte, 2000)

Verkehrsmittel und benützen daher den Individualverkehr. Die Beweggründe des „Captive Drivers“ können eine unzureichend attraktive ÖV-Anbindung, keine Information über den ÖV-Fahrplan oder einfach die nicht vorhandene ÖV-Affinität sein. Verkehrsteilnehmer, die freie Wahl zwischen den Verkehrsmitteln haben, werden „Choice Riders“ genannt. Abbildung 4 zeigt neben den „Captive Drivers“ und den „Captive Riders“ das Entscheidungsverhalten der „Choice Riders“.⁴²

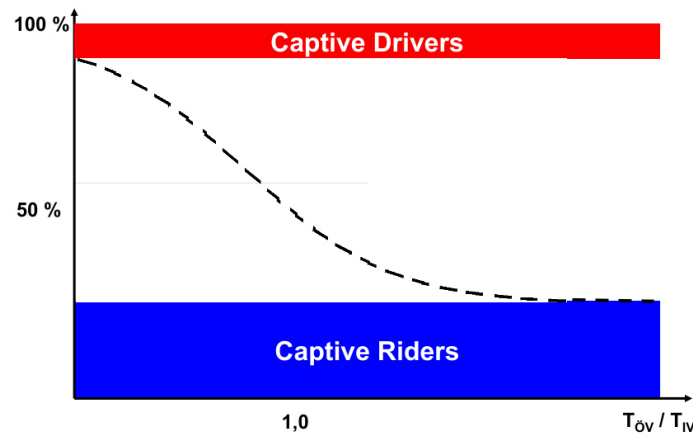


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Captive Driver, Captive Riders und Choice Riders⁴³

Als Verkehrsmittelwahlmodell wird häufig der Logit-Ansatz verwendet.

$$P_{gijm} = \frac{e^{V_{gijm}}}{\sum_{k=1}^M e^{V_{gijk}}} \quad (8)$$

i, j	Indizes der Verkehrszellen
P_{gijm}	Auswahlwahrscheinlichkeit für Modus m durch Personengruppe g
V_{gijm}	objektiver Nutzenbetrag von Modus m für Personengruppe g
M	Zahl der alternativen Modi

Mit diesem Ansatz können die wahlfreien Verkehrsteilnehmer (Choice Riders) einfach berechnet werden. Jedoch wird dabei nur der objektive Teil der Nutzenfunktion berücksichtigt. Um das Logit-Modell zu kalibrieren, werden daher Haushaltsbefragungen durchgeführt, um das Verkehrsverhalten der Choice Rider zu berücksichtigen.⁴⁴

3.2.4 Verkehrsumlegungsmodelle

Da die Quell-Zielströme und die Moduswahl bereits abgeschlossen sind, folgt nun die Umlegung des Verkehrsaufkommens auf das Verkehrsnetz. Einerseits werden die möglichen Routen ermittelt, andererseits wird das Routenwahlverhalten der Verkehrsteilnehmer nachgebildet.⁴⁵

⁴² Vgl. (Fellendorf, Skript)

⁴³ Vgl. (Fellendorf, Skript)

⁴⁴ Vgl. (Fellendorf, Skript)

⁴⁵ Vgl. (Schütte, 2000)

Häufig genannte Routenwahlmodelle sind:

- klassische Bestwegverfahren (Alles oder Nichts)
- klassischen Mehrwegverfahren (Alternativroutensuchverfahren)
- belastungsabhängige Mehrwegverfahren (Sukzessivverfahren)
- Gleichgewichtsmodelle

Die klassischen Bestwegverfahren suchen für jeden Verkehrsteilnehmer den kürzesten Weg zum Ziel. Die Verkehrsteilnehmer beeinflussen sich gegenseitig nicht, daher wird dieses Umlegungsverfahren für den Radverkehr verwendet.

Die klassischen Mehrwegverfahren, auch Alternativroutenverfahren genannt, verwenden den Ansatz des Kirchhoffschen Gesetzes aus der Elektrizitätslehre, um den Verkehr umzulegen.

Das Sukzessivverfahren verwendet Iterationsschritte, um das Verkehrsaufkommen umzulegen und steigert mit jedem Iterationsschritt das Verkehrsaufkommen auf dem Straßennetz und berechnet nach jedem Durchlauf den Streckenwiderstand neu. Zu Beginn ist das Verkehrsnetz leer und wird mit einem Teil der Verkehrsteilnehmer belastet. Diese Verkehrsteilnehmer benutzen bei einer freien Strecke den kürzesten Weg zu ihrem Ziel. In weiterer Folge werden durch die entstandene Streckenbelastung die Streckenwiderstände neu berechnet. Im zweiten Iterationsschritt wird der nächste Teil der Verkehrsteilnehmer auf das belastete Verkehrsnetz gelegt. Durch die neuen Streckenwiderstände bilden sich neue kürzeste Wege, die mit den neuen Verkehrsteilnehmern belastet werden. Darauf werden wieder die Streckenwiderstände neu berechnet. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis alle Verkehrsteilnehmer auf das Verkehrsnetz umgelegt wurden. Sollte das Sukzessivverfahren nur einen Iterationsschritt haben, wird das gesamte Verkehrsaufkommen auf den kürzesten Weg umgelegt und man spricht von einem Bestwegverfahren.

Das Gleichgewichtsmodell legt die Verkehrsbelastung so auf das Verkehrsnetz um, dass eine Zielfunktion erreicht wird. Diese Zielfunktionen lassen sich in zwei Ansätze unterteilen, die Wardropsche-Prinzipien genannt werden.

- Das Nutzeroptimum: Dieses Optimum ist erreicht, wenn alle Verkehrsteilnehmer auf den Alternativrouten denselben Reisewiderstand erreichen und der Reisewiderstand auf den nicht benützten Alternativrouten höher ist. Kein Verkehrsteilnehmer kann einen Vorteil erzielen, wenn er eine Alternativroute wählt. (1. Wardropsche - Prinzip)
- Das Systemoptimum: Hier wird die Gesamtreisezeit und der Routenwiderstand aller Verkehrsteilnehmer minimiert, damit das Optimum für das Verkehrsnetz erreicht wird. Dadurch kann ein Verkehrsteilnehmer nur einen persönlichen Vorteil erzielen, wenn ein oder mehrere andere Verkehrsteilnehmer einen Nachteil erleiden. (2. Wardropsche – Prinzip)^{46 47}

⁴⁶ Vgl. (Schütte, 2000)

⁴⁷ Vgl. (Lohse, Schnabel, 2011)

4 Verkehrsmodell für den Großraum Graz (GUARD)

In diesem Kapitel wird das Verkehrsmodell für den Großraum Graz (GUARD) genauer erklärt. Neben einem Überblick über das Verkehrsmodell wird die räumliche und die zeitliche Abgrenzung erläutert. In der Modellierung des Verkehrsangebots wird genau auf die Strecken, Knotenpunkte, Abbieger, Anbindungen, Bezirke, Haltepunkte, ÖV-Linien und Fahrpläne eingegangen. Bei der Modellierung der Verkehrsnachfrage mit VISEM wird auf das Datenmodell eingegangen. Dazu gehören im Detail die verhaltenshomogenen Gruppen, die Strukturgrößen und die Mobilitätsraten. Zusätzlich beinhaltet die Verkehrsnachfrage den Verfahrensablauf, sowie den 4-Stufen-Algorithmus bestehend aus: Verkehrserzeugung, Verkehrsverteilung, Verkehrsmittelwahl und Umlegung. Die in diesem Kapitel vorkommenden Informationen und Abbildungen über das Verkehrsmodell wurden aus den an der TU Graz erstellten Arbeiten entnommen. Diese Arbeiten sind:

- Masterarbeit: Fahrplanverknüpfung zwischen Fern- und Nahverkehr an zentralen Knoten - Fallstudie am Beispiel Graz Hauptbahnhof von Stefan Höfler (2013)
- FFG - Endbericht GUARD (2011)
- FFG – Endbericht Ropeway (2016)
- GKB-Weißbuch Endbericht (2014)

4.1 Überblick über das Verkehrsmodell

Das Verkehrsmodell für den Großraum Graz wurde im Rahmen des Forschungsprojekts GUARD entwickelt. GUARD bedeutet Guaranteed Ride Home und ist ein multimodales, makroskopisches, disaggregiertes Verkehrsmodell. Entwickelt und erstellt wurde es vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen der TU Graz und dem Ingenieurbüro Verkehrplus GmbH. Zur Erstellung und zum Betrieb benötigt GUARD die Verkehrssimulationssoftware Visum von der PTV AG. Wie die meisten Verkehrsmodelle besteht auch GUARD aus einem Verkehrsangebot und einer Verkehrsnachfrage. Das Verkehrsangebot besteht einerseits aus der Netztopologie und andererseits aus dem ÖV Angebot. In die Verkehrsnachfrage fließen soziodemographische Daten und Verhaltensdaten ein. Die Verkehrsnachfrage wird mit dem Berechnungsalgorithmus VISEM berechnet, welcher die ersten 3 Stufen des 4-Stufen-Algorithmus beinhaltet. Das Ergebnis der Verkehrsnachfrage sind stundenfeine verkehrsmittelabhängige Matrizen mit den Verkehrsströmen. In der Umlegung werden die berechneten Nachfragematrizen auf das Verkehrsnetz umgelegt. Nach der Verkehrsumlegung werden die belastungsabhängigen Widerstände iterativ für die Nachfrageberechnung wiederverwendet, bis der Prozess in einen Gleichgewichtszustand fällt. Anschließend erfolgt eine Modellkalibrierung durch Vergleich modellierter mit empirisch erhobenen Werten. Im Kalibrierungsschritt wurden Widerstandsparameter des Zielwahlmodells und Parameter des Logit Verkehrsmodells so verändert, dass die Differenz zwischen modellierten und gemessenen Querschnittsbelastungen des Kfz-Verkehrs, die Einsteiger- und Aussteiger des

öffentlichen Verkehrs und die Fahrweitenverteilung aus der Grazer Mobilitätsbefragung ein Minimum ergibt. Abbildung 5 stellt den gerade beschriebenen Aufbau des Verkehrsmodells dar.

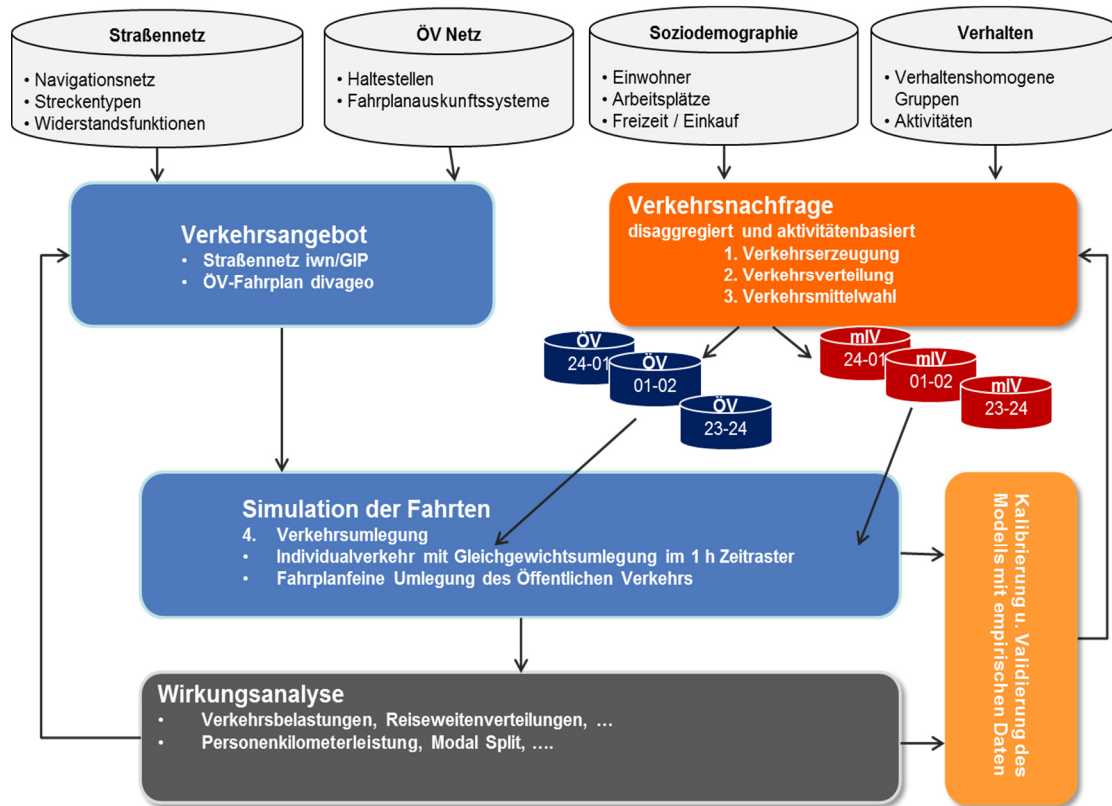


Abbildung 5: Aufbau des Verkehrsmodells⁴⁸

4.2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet des Verkehrsmodells umfasst die West-, Ost- und Südsteiermark sowie die Region Graz. Somit wird das Untersuchungsgebiet im Norden von der Obersteiermark, im Osten durch Ungarn und dem Burgenland, im Süden durch Slowenien und im Westen durch Kärnten begrenzt. Daher umfasst das Verkehrsmodell die Bezirke Graz, Graz-Umgebung, Voitsberg, Deutschlandsberg, Leibnitz, Südost-Steiermark, Hartberg-Fürstenfeld und Weiz. Die Tabelle 1 zeigt die Fläche und die Einwohnerzahl der einzelnen Bezirke im Untersuchungsgebiet. Abbildung 6 stellt das Betrachtungsgebiet mit den Bezirken dar.

⁴⁸ [Quelle] Ropeway Endbericht, 2016

Bezirke	Einwohner 2016	Fläche [km ²]
Graz	277.815	127 km ²
Graz Umgebung	147.097	1.086 km ²
Voitsberg	51.702	679 km ²
Deutschlandsberg	60.404	864 km ²
Leibnitz	80.449	727 km ²
Südoststeiermark	85.884	1.009 km ²
Weiz	88.702	1.098 km ²
Hartberg - Fürstenfeld	90.364	1.228 km ²
Untersuchungsgebiet	882.417	6.818 km²

Tabelle 1: Bezirke im Untersuchungsgebiet mit den jeweiligen Flächen und Einwohnern⁴⁹

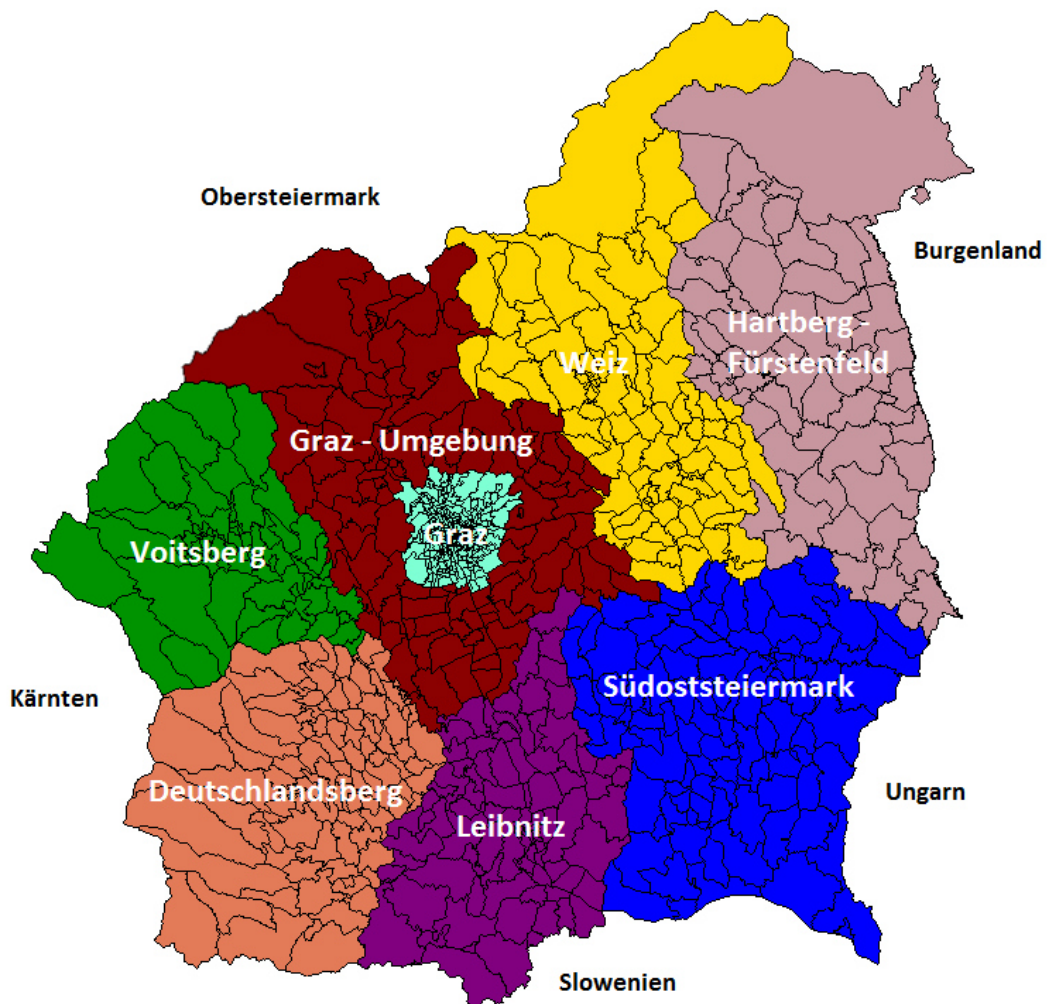


Abbildung 6: Untersuchungsgebiet mit der Verkehrszelleneinteilung und den politischen Bezirken.

⁴⁹ [Quelle] ÖROK – Regionalprognose 2014, 2015

4.3 Zeitliche Abgrenzung

Das Verkehrsmodell beinhaltet zwei Zeitbereiche:

- ein „mittlerer Werktag“ (Di.-Do.)
- ein „mittlerer Samstag“

Ein „mittlerer Werktag“, auch als „Normalwerktag“ bezeichnet, sind Dienstage bis Donnerstag in Normalwochen in den Monaten April, Mai, Juni, September und Oktober. Als Normalwoche wird eine Woche ohne Feiertage und ohne Schulferien bezeichnet. Ebenso soll der „mittlere Samstag“ einen Durchschnitt über alle Samstage in einem Jahr darstellen. In dieser Arbeit wird lediglich der „mittlere Werktag“ betrachtet, um den Fokus auf die Siedlungsszenarien zu legen. Der „mittlere Samstag“ wird meist verwendet, um das Verkehrsaufkommen bei Einzelhandelsgroßobjekten und Freizeitgroßeinrichtungen zu analysieren, da an Samstagen meist dort die Verkehrsstromspitzen auftreten. Die OD-Matrizen (Herkunfts-Ziel-Matrizen) werden in Zeitscheiben zu je einer Stunde berechnet. Dadurch wird eine stundenfeine, zeitlich variable Darstellung des Verkehrsgeschehens ermöglicht.

4.4 Modellierung des Verkehrsangebots

Das Verkehrsangebot besteht in diesem Verkehrsmodell aus Strecken, Knotenpunkten, Abbiegern, Anbindungen, Haltepunkten, ÖV-Linien & Fahrplänen sowie den Verkehrszellen. Diese werden nun genauer beschrieben, um eine detaillierte Darstellung des Verkehrsangebots zu geben.

4.4.1 Strecken

Das Verkehrsnetz wurde im Jahre 2008 aus den Straßen- und Wegenetzgraphen der Graphenintegrationsplattform (GIP) Steiermark herausgelesen und in das Programm Visum importiert. Im Laufe weiterer Projekte wurde das Verkehrsnetz immer wieder erweitert und aktualisiert. Da Visum mit Knoten arbeitet, ist eine Strecke die Verbindung zweier Knoten. Aktuell umfasst das Netz ca. 54.450 Knoten und ca. 137.750 Strecken. Die Strecken sind nach Informationen des Streckentyps, IV-Kapazität, Fahrstreifenanzahl, der zulässigen Geschwindigkeit und zulässigen Verkehrssysteme in Streckentypen eingeteilt. Diesen Streckentypen wurden Obergruppen zugeordnet und somit werden folgende Obergruppen unterschieden:

- Sonstige Strecken
- Autobahnen
- Schnellstraßen
- Landesstraßen B
- Landesstraßen L
- Stadtstraßen
- Kreisfahrbahnen u. sonstige ÖV-Strecken

4.4.2 Knotenpunkte

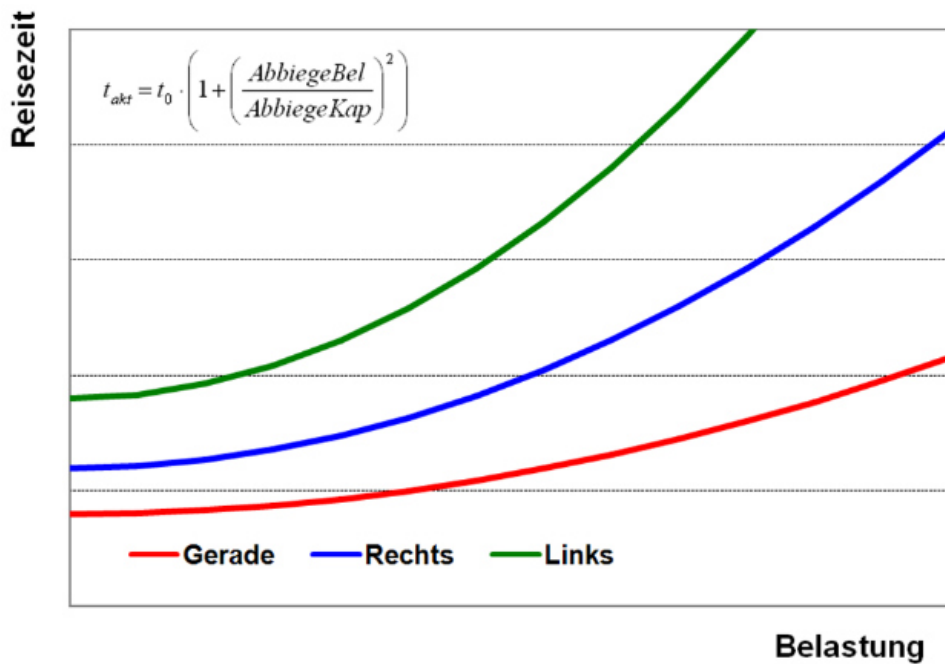
Wie erwähnt, befinden sich im Verkehrsmodell 54.450 Knoten. Davon sind 147 Knotenpunkte in Graz signalgeregelt und mit einem eigenen Knotentyp versehen. Wiederum davon sind 9 Knotenpunkte mit einem Signalsteuerungsprogramm versehen. Die Zufahrtsbereiche der 9 Knotenpunkte wurden detailliert abgebildet und berücksichtigen daher Aufweitungen für zusätzliche Fahrstreifen. Jede Signalgruppe beinhaltet Signalzeiten der Spitzenstunden. Kreisverkehre sind im Verkehrsmodell aufgelöste Elemente, die aus der Kreisfahrbahn, Zu- und Abfahrten bestehen. Zum Einbiegen wurde eine Grundwartezeit von 10 Sekunden angenommen. Komplexe Knotenpunkte wurden als Oberknoten eingegeben und detailliert modelliert. Dies bedeutet, dass einzelne Abbiegestreifen als eigene Strecken modelliert wurden. Um den Abbiegewiderstand für eine Abbiegebeziehung gesamt zu definieren, sind Oberknoten notwendig.

4.4.3 Abbieger

Durch Abbieger wird definiert, welche Fahrbeziehungen an einem Knotenpunkt zugelassen sind. Weiters werden auch Kapazitäten und Abbiegezeitzuschläge festgelegt, um den Einfluss einer Kreuzung auf die Leistungsfähigkeit des Verkehrsnetzes darzustellen.

Bei Knotenpunkten mit Verkehrslichtsignalanlagen wird grundsätzlich eine Wartezeit für geradeaus Fahrende von 10 Sekunden, für Rechtseinbieger oder Rechtsabbieger eine Wartezeit von 15 Sekunden und bei Linkseinbieger oder Linksabbieger eine Wartezeit von 20 Sekunden angenommen. Bei geradeaus Fahrenden, Rechtsein- und Rechtsabbiegern beträgt die Abbiegekapazität in eine niederrangige Strecke 50%, in eine gleichrangige Strecke 40% und in eine höherrangige Strecke 30 % der Streckenkapazität. Linksein- und Linksabbieger besitzen hingegen ein 30% Abbiegekapazität zu niederrangigen Strecken, 25 % zu gleichrangigen Strecken und 15% zu höherrangigen Strecken.

Die vorrangeregeltten Knotenpunkte besitzen ebenfalls eine Abbiegewartezeit und eine Abbiegekapazität. Die Abbiegewartezeit ergibt sich aus dem Zusammenhang der Grundwartezeit t_0 , der Abbiegekapazität und der Abbiegebelastung. Dieser Zusammenhang wird über eine Widerstandsfunktion gebildet. Abbildung 7 zeigt die Formel zur Berechnung der Wartezeit sowie den Zusammenhang zwischen Belastung und Reisezeit.

Abbildung 7: Abbiegezeitberechnung und Funktion der Abbiegebelastung⁵⁰

4.4.4 Anbindungen

Eine Anbindung ist eine Verknüpfung zwischen Bezirk und Verkehrsnetz. Jeder Bezirk verfügt über mindestens eine Anbindung für den öffentlichen Verkehr und eine Anbindung für den motorisierten Individualverkehr. Die Anbindungen für den motorisierten Individualverkehr verbinden den Bezirksschwerpunkt mit einem Netzknoten an einer Landes- oder Gemeindestraße. Beim öffentlichen Verkehr verbindet die Anbindung einen Bezirksschwerpunkt mit einem Haltepunkt. Jede Anbindung verfügt über eine Anbindungslänge und eine Anbindungszeit. Die Anbindungslänge ist die Luftliniendistanz zwischen Bezirksschwerpunkt und dem Netzknoten. Die Anbindungszeit ist jene Zeit, die benötigt wird, um die Entfernung zwischen dem Bezirksschwerpunkt und dem Knoten zurückzulegen. Die Anbindungen sind in Anbindungstypen unterschieden. Diese unterscheiden sich in Gebiet und Verkehrssystem. Die Tabelle 2 zeigt die Kategorisierung der Anbindungen.

⁵⁰ [Quelle] Ropeway Endbericht, 2016

Typ Nr.	Gebiet	Verkehrssystem	Anzahl im VM-Netz	Anmerkung
0	Graz + Steiermark	Zug	532	
1	Graz	Tram	658	
2	Graz	Bus	1.072	
3	Steiermark	Bus	1.724	
4	Graz	IV	948	
5	Steiermark (Städte)	IV	378	
6	Steiermark	IV	2.352	
7	Graz	Bus	324	Ergänzung für Anbindung jeder Haltestelle
8	Park & Ride	Bus	743	
9	Steiermark	IV	160	Kordonanbindungen

Tabelle 2: Anbindungstypen im Verkehrsmodell

Weiters wurden Park + Ride Verkehre realistisch dargestellt. Diese Darstellung geht davon aus, dass der private Pkw oder eine Mitfahrgelegenheit genutzt wird, um die ÖV-Haltestelle zu erreichen. Zusätzlich wird davon ausgegangen, dass kurze Entfernungen zu Fuß, mittlere Entfernungen mit dem Fahrrad und größere Entfernungen mit dem Pkw zurückgelegt werden. Aus diesem Grund werden die Anbindungszeiten mittels Anbindungsgeschwindigkeiten erarbeitet. Die Luftliniengeschwindigkeit liegt unter den realen Reisegeschwindigkeiten, um die Umwegfaktoren zu berücksichtigen. In Tabelle 3 sind die angenommenen Verkehrsmittel und die dazugehörigen Luftliniengeschwindigkeiten berücksichtigt.

Verkehrsmittel	Entfernung	Luftliniengeschwindigkeit
Fußgänger	<500 m	4 km/h
Rad	<2000 m	15 km/h
KFZ	>2000 m	30 km/h

Tabelle 3: Anbindungslängenabhängige Verkehrsmittelwahl und deren Luftliniengeschwindigkeit

4.4.5 Haltepunkte

Um den komplexen Ablauf der Haltestellen in GUARD nachzubilden, besteht jede Haltestelle aus einem oder mehreren Haltestellenbereichen, die wiederum ein oder mehrere Haltepunkte aufweisen können. Das Verkehrsmodell beinhaltet 5.754 Haltestellen, 6.238 Haltestellenbereiche und 12.157 Haltepunkte. Davon liegen 523 Haltestellen, 794 Haltestellenbereiche und 1.646 Haltepunkte in Graz. Die Haltepunkte müssen im Modell entweder auf Knoten oder Strecken liegen. Die Fahrgäste werden über Anbindungen vom Bezirksschwerpunkt an den Haltepunkt in das Verkehrsnetz eingespeist. Sollte eine Haltestelle aus mehreren Haltestellenbereichen bestehen, beinhaltet das Verkehrsmodell Übergangsgehzeiten zwischen den Haltestellenbereichen, die der realen Gehzeit entspricht.

4.4.6 ÖV – Linien und Haltepunkte

Das ÖV-Angebot setzt sich aus allen Linien mit ihren Linienroutenverläufen und Fahrplänen zusammen. Der Fahrplan beinhaltet Fahrzeitprofile, Fahrzeitprofil-Verläufe und Servicefahrten. Diese Daten sind durch den Steirischen Verkehrsverbund aus DIVA (dialoggesteuertes Verkehrsmanagement und Auskunftssystem) entnommen und zur

Verfügung gestellt worden. Die Datensätze wurden in das Modell implementiert und spiegeln das ÖV-Angebot des Jahres 2016 wieder. Die Tabelle 4 zeigt das implementierte ÖV-Angebot.

	Bus	Tram	Zug	Gesamt
Linien	698	10	55	763
Linienrouten	6.879	211	638	7.728
Fahrzeitprofile	6.972	211	638	7.821
Fahrplanfahrten	32.448	5.511	29.829	67.788

Tabelle 4: ÖV - Angebot im Verkehrsmodell (Basisfall 2016)

Jede Linie muss mindestens eine Linienroute beinhalten. Jedoch sind mehrere Linienrouten notwendig, wenn sich die Kursverläufe und Fahrzeitprofilverläufe unterscheiden. Auch für Hin- und Rückrichtung gibt es unterschiedliche Linienrouten. Jede Linienroute beinhaltet ein oder mehrere Fahrzeitprofile und Fahrzeitprofilverläufe, welche die Fahrzeit zwischen den Haltepunkten beschreiben.

4.4.7 Bezirke

Der Untersuchungsraum des Verkehrsmodells wurde in Bezirke (=Verkehrszellen) aufgeteilt, da im Verkehrsmodell jede Ortsveränderung in einem Bezirk beginnt und endet. Um die Zielpotenziale und Nachfragegrößen zu ermitteln, sind den Bezirken Informationen über Einwohnerzahlen, Strukturgrößen sowie Zu- und Abgangszeiten hinterlegt. In der Stadt Graz wurden die Bezirke auf Basis der Zählsprenkel eingeteilt. Die Einteilung der Bezirke im ländlichen Raum wurde grundsätzlich nach den Gemeindeflächen bzw. Katastralgemeinden durchgeführt. Ausgenommen davon sind Gemeinden mit einer großen Anzahl an Einwohnern, da hier die Bezirke so gewählt wurden, dass ca. 1000 Einwohner auf einen Bezirk entfallen. Die Verkehrsbezirkseinteilung berücksichtigt somit:

- Strukturen im Planungsraum (Topographie, Verkehrsnetz und Flächennutzung)
- Verwaltungsgrenzen auf Gemeindeebene außerhalb von Städten
- Zellhomogenität hinsichtlich Einwohnerzahl, die zu einem Splitten von Verkehrszellen in städtischen Gebieten führt
- Raumzusammenhänge (zentralörtliche Gliederung, Art des Siedlungsraums) und
- die aufgabenspezifische Modellierung des öffentlichen Verkehrs (Auflösung der Verkehrszellen in Abhängigkeit von der Haltestellenlage).

Somit wurde der Untersuchungsraum in 983 Verkehrsbezirke unterteilt, wovon 290 in Graz liegen.

4.5 Modellierung der Verkehrsnachfrage

Das in dieser Arbeit verwendete Verkehrsmodell benutzt zur Nachfrageberechnung das auf Wegekettens basierende VISEM – Nachfrage Modell. VISEM bedeutet Verkehrs Informations System Erzeugungs Modell und ist ein aktivitätenkettenbasierendes Verkehrsnachfragemodell. Entwickelt wurde VISEM von der PTV-AG und in weiterer Folge wurde es in deren Verkehrssimulationssoftware Visum implementiert. VISEM ist ein

disaggregiertes verhaltensorientiertes Verkehrsnachfragemodell, das sozio-demografische und verkehrspolitische Einflüsse miteinbezieht. Die Basis der Berechnung stützt sich daher auf verhaltenshomogene Bevölkerungsgruppen und Aktivitätsketten.

4.5.1 Datenmodell

Um die Verkehrsnachfrage mit VISEM zu berechnen, benötigt GUARD verhaltenshomogene Personengruppen. Verhaltenshomogene Personengruppen sind Personengruppen, die annähernd dasselbe Mobilitätsverhalten aufweisen. Die Personengruppen sollten im Verhalten möglichst homogen sein und sich von den anderen Gruppen stark unterscheiden. Eingeteilt können diese Gruppen nach Alter, Ausbildung, Pkw – Besitz und/oder Erwerbstätigkeit werden. Um im Verkehrsmodell den Verkehr im Untersuchungsraum abbilden zu können, wurde die Bevölkerung in 13 verhaltenshomogene Personengruppen eingeteilt. Die Anzahl der Personen einer Personengruppe wird aus der Einwohnerzahl, der Altersverteilung, dem Motorisierungsgrad, der Erwerbstätigenquote und dem Bildungsweg (höhere Schule oder Ausbildung) berechnet. Die Anzahl der Personen je verhaltenshomogener Gruppe wird für jeden Bezirk angegeben. Je nach Personengruppe unterscheiden sich die Anzahl der Wege, die an einem Tag zurückgelegt werden, die Weglänge, das hauptsächlich dafür verwendete Verkehrsmittel und die hauptsächlich durchgeführten Aktivitäten. Tabelle 5 zeigt die 13 verhaltenshomogenen Personengruppen in GUARD.

VHG	Abkürzung	Personengruppe
VHG 1	K	Kinder
VHG 2	GSCH	Grundschüler
VHG 3	Sch	Schüler
VHG 4	Azubi	Auszubildende
VHG 5	Stud	Studenten
VHG 6	EmP	Erwerbstätige < 65 Jahre mit Pkw
VHG 7	EoP	Erwerbstätige < 65 Jahre ohne Pkw
VHG 8	NEmP	Nichterwerbstätige mit Pkw
VHG 9	NEoP	Nichterwerbstätige ohne Pkw
VHG 10	RJmP	Rentner unter 75 Jahren mit Pkw
VHG 11	RJoP	Rentner unter 75 Jahren ohne Pkw
VHG 12	RAmP	Rentner über 75 Jahren mit Pkw
VHG 13	RAoP	Rentner über 75 Jahren ohne Pkw

Tabelle 5: Verhaltenshomogene Personengruppen in GUARD

VISEM geht davon aus, dass außerhäusliche Aktivitäten der Grund der Ortveränderungen sind. Daher verwendet VISEM ein aktivitätskettenbasierendes Verkehrsnachfragemodell. Eine Aktivitätskette besteht aus einer Aneinanderreihung von Aktivitätspaaren. Ein Aktivitätspaar besteht wiederum aus zwei Aktivitäten, zwischen denen ein Ortswechsel notwendig ist. Eine Aktivität ist eine Handlung einer Person an einem bestimmten Ort. Eine typische Aktivitätsketten kann daher aus Wohnen-Arbeiten-Einkaufen-Wohnen (WAEW) bestehen. Dies bedeutet, dass hier drei Wege durchgeführt werden. Der erste Weg ist hierbei vom Wohnsitz zur Arbeitsstelle (WA), der zweite Weg ist vom Arbeitsplatz zu einer Einkaufsmöglichkeit (AE) und der dritte Weg ist von der Einkaufsmöglichkeit wieder zurück

zum Wohnsitz (EW). Eine Person kann an einem Tag mehrere Wegeketten zurücklegen. Im Verkehrsmodell wurden 8 verschiedene außerhäusliche Aktivitäten definiert und mit Strukturgrößen versehen. Der Wert der Strukturgröße wird aus entsprechenden Statistiken ermittelt und dient zur Berechnung des Zielpotenzials. Tabelle 6 stellt diese 8 Aktivitäten dar.

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

Tabelle 6: Aktivitäten

Die Aktivität Wohnen benötigt keine Strukturgröße, da es als Heimat definiert wurde und daher alle Wegeketten mit der Aktivität Wohnen beginnen und enden. Dadurch endet jede Wegekette im selben Bezirk, wie sie auch begonnen hat. Um den Rechenaufwand zu reduzieren, fließen im Modell Großraum Graz nur die am häufigsten getätigten Aktivitätenketten ein.

Da das Verkehrsmodell die Verkehrsnachfrage stundenfein berechnet, muss berücksichtigt werden, dass Aktivitäten zu gewissen Tageszeiten überdurchschnittlich häufig ausgeübt werden. Aus diesem Grund wurden den Aktivitätenpaaren Tagesganglinien hinzugeordnet. Abbildung 8 zeigt die Tagesganglinie der Aktivitätenpaare Wohnen-Arbeiten und Arbeiten-Wohnen. Dabei wird ersichtlich, dass das Aktivitätenpaar Wohnen-Arbeiten morgens zwischen 06:00 bis 09:00 Uhr gehäuft stattfindet und das Aktivitätenpaar Arbeiten-Wohnen nachmittags zwischen 16:00 bis 17:00 Uhr seinen Höhepunkt erreicht.

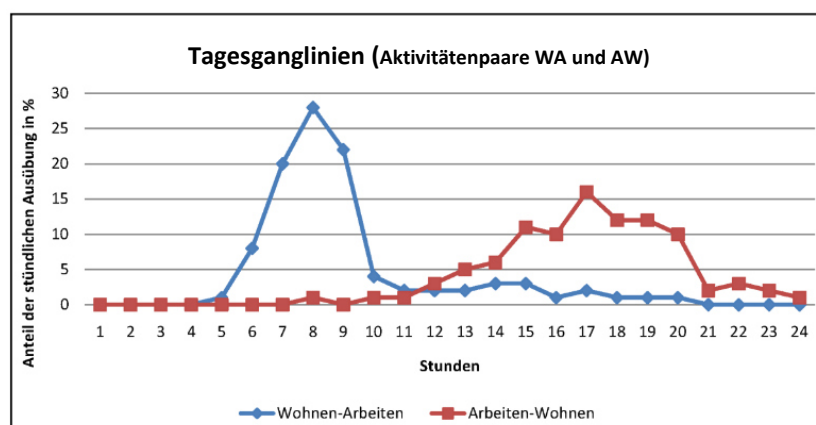


Abbildung 8: Tagesganglinie der Aktivitätenpaare WA und AW in GUARD⁵¹

⁵¹ [Quelle] Guard Endbericht, 2011

4.5.2 Verkehrserzeugung

Die Verkehrserzeugung berechnet das Quellaufkommen eines jeden Bezirks. Dazu verbindet VISEM Personengruppen mit Aktivitätenketten und erstellt damit Nachfragesegmente. Jedes Nachfragesegment besteht aus genau einer Aktivitätenkette und einer Personengruppe. Aus Mobilitätsuntersuchungen werden in weiterer Folge Wahrscheinlichkeiten entnommen, wie häufig eine Aktivitätenkette von einer Personengruppe durchgeführt wird.

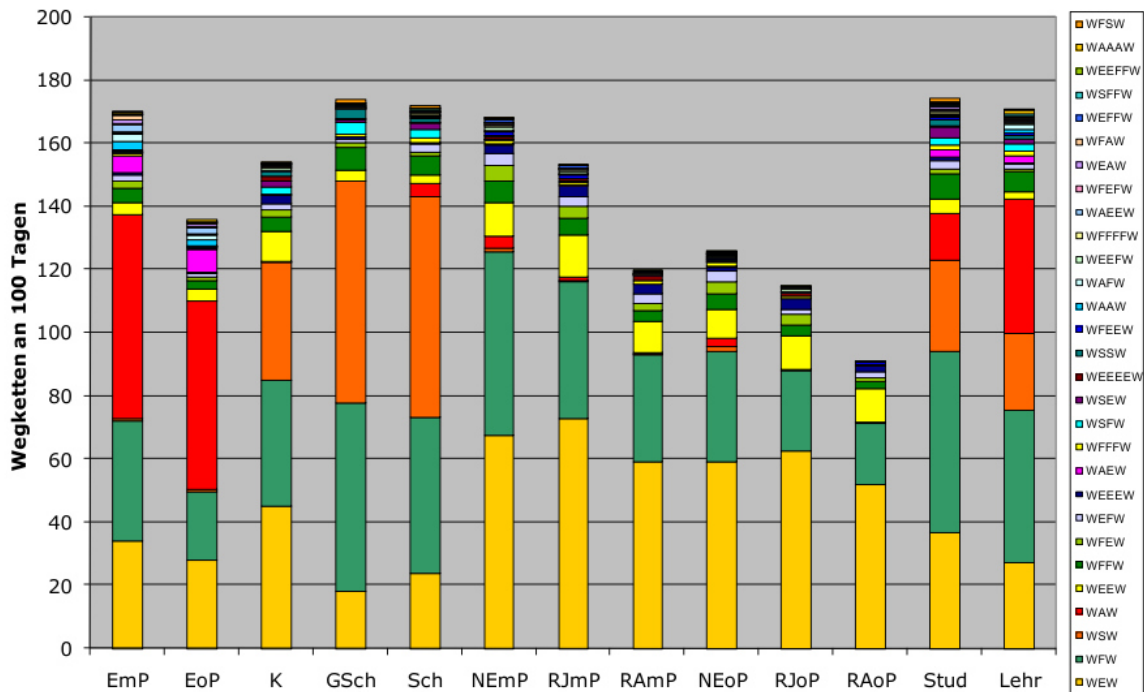


Abbildung 9: Häufigkeit der Durchführung einer Wegekette von der Person einer Personengruppe⁵²

Abbildung 9 und Abbildung 10 stellen jeweils diese Kombination aus Aktivitätenketten, verhaltenshomogenen Gruppen und Wahrscheinlichkeit ihrer Durchführung in einem Diagramm und tabellarisch für die 13 VHGs dar.

⁵² [Quelle] GKB – Weißbuch Endbericht, 2014

Wegekettens	Verhaltenshomogene Personengruppen												
	EmP	EoP	K	GSch	Sch	NEmP	RJmP	RAmP	NEoP	RJoP	RAoP	Stud	Azubi
WEW	34,12	27,82	45,05	18,17	23,78	67,60	72,88	59,19	59,28	62,40	51,75	36,71	27,09
WFW	37,89	21,62	39,90	59,63	49,34	57,88	43,57	34,05	34,77	25,48	19,83	57,36	48,25
WSW	0,00	0,00	0,00	0,00	70,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
WGW	0,68	0,93	37,60	70,38	0,00	1,26	0,10	0,18	1,64	0,00	0,00	0,00	0,00
WEEW	3,67	3,78	9,58	3,41	2,51	10,44	13,30	9,80	9,00	10,84	10,64	4,68	2,14
WFFW	4,68	2,88	4,67	7,18	6,36	6,86	5,32	3,52	4,81	3,16	2,22	7,90	6,43
WFEW	2,16	0,95	2,08	1,46	1,10	5,14	3,74	2,34	4,03	3,38	1,04	1,69	0,86
WEFW	1,79	1,13	1,78	1,30	2,38	3,68	3,26	2,82	3,18	1,53	2,03	2,55	1,63
WEEEW	0,87	0,47	2,69	0,56	0,37	2,54	3,40	3,12	1,42	3,39	2,08	1,01	0,25
WFFFW	1,19	0,60	0,66	0,82	1,61	1,66	1,09	1,20	1,29	1,04	0,05	1,66	1,34
WEEEW	0,28	0,21	1,60	0,28	0,08	0,92	1,10	1,81	0,45	0,98	0,30	0,24	0,00
WFFFFW	0,39	0,03	0,27	0,47	0,52	0,66	0,50	0,19	0,22	0,64	0,00	0,80	0,22
...													
Wege/Tag	3,81	3,03	3,50	3,78	3,74	3,86	3,55	2,77	2,86	2,66	2,05	3,93	3,76

Abbildung 10: Mobilitätsraten

In weiterer Folge werden diese Mobilitätsraten mit der Anzahl der Personen einer jeweiligen Personengruppe von einer Verkehrszelle multipliziert. Die Berechnung des Quellaufkommens für jeden Bezirk wird somit mit folgender Formel ermittelt:

$$Q_i = \sum_{m=1, n=1}^{M, N} G_{i,n} * P_{n,m} \quad (9)$$

mit

Q_i Quellaufkommen in Bezirk i

$G_{i,n}$ Personenanzahl einer verhaltenshomogene Gruppe n im Bezirk i

$P_{n,m}$ Zur Personengruppe n zugehörige Mobilitätsrate einer Aktivitätenkette m

n Index der Personengruppe (mit N als Anzahl der definierten Personengruppen)

m Index der Aktivitätenkette (mit M als Anzahl der festgelegten Aktivitätenketten)

4.5.3 Kombinierte Verkehrsverteilung/Verkehrsmittelwahl

Die Verkehrsverteilung und die Verkehrsmittelwahl werden mit VISEM kombiniert in einem Arbeitsschritt und somit simultan durchgeführt. Jedoch unterscheiden sich die Verkehrsverteilung und Verkehrsmittelwahl und werden daher getrennt beschrieben.

Verkehrsverteilung:

Um den Aktivitätenketten Zielbezirke zuzuordnen, wird ein Zielwahlmodell benötigt. Die Wahl des Zielbezirks hängt von folgenden Faktoren ab:

- Die Nutzenmatrix stellt den räumlichen und verkehrlichen Zusammenhang zwischen Quell- und Zielverkehrszelle dar. Der Nutzen ist daher umgekehrt proportional zu den Widerstandswerten von den Fahrzeiten und Distanzen. Daher gilt, je geringer die Fahrzeit oder Distanz, desto größer wird der Nutzen.
- Das Zielpotenzial der konkurrierenden Bezirke. Das Zielpotenzial entspricht der Strukturgröße der zugehörigen Aktivität im Vergleich zu den anderen Bezirken mit derselben Strukturgröße.

- Der Einfluss der Nutzenfunktion der jeweiligen Personengruppe. Der Nutzen einer Aktivität kann zwischen Personengruppen unterschiedlich sein.

Dieses Modell errechnet ein Zielpotential aus der Strukturgröße, das angibt, wie attraktiv ein Bezirk für eine jeweilige Aktivität ist. Die Nutzenfunktion im Zielwahlmodell beschreibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Zielbezirk neben allen alternativen Bezirken gewählt wird. Die folgenden Gleichungen zeigen die Berechnung des Zielwahlmodells:

$$F_{ij} = Q_i * P_{ij} \quad (10)$$

$$P_{ij} = \frac{Z_j * f(w_{ij})}{\sum_{k=1}^B Z_k * f(w_{ik})} \quad (11)$$

mit

F_{ij}	Anzahl der Wege von Bezirk i nach Bezirk j
Q_i	Quellaufkommen in Bezirk i
P_{ij}	Wahrscheinlichkeit der Wahl des Ziels j für Quellbezirk i
Z_j	Zielpotenzial in Bezirk j
k	Index der Bezirke (mit $k=1$ für die kleinste Bezirksnummer und B als Anzahl der Bezirke)
w_{ij}	Widerstand der Relation ij
$f(w_{ij})$	Widerstandsfunktion

Aus diesem Ansatz geht hervor, dass die Verkehrsverteilung im Wesentlichen vom Zielpotenzial eines Bezirks und den Entfernungen zwischen den Zellen bestimmt wird. Beide dieser Kriterien sind in der Widerstandsfunktion der Verkehrsverteilung verankert. In diesem Verkehrsmodell wird eine Widerstandsfunktion des Typs Logit verwendet, da es die Maximierung des subjektiven Nutzens wiedergibt. Definiert wird diese wie folgt:

$$f(w_{ij}) = e^{-\alpha * w_{ij}} \quad (12)$$

mit

$f(w_{ij})$	Widerstandsfunktion
w_{ij}	Widerstand der Relation ij
α	Parameter

α ist der Parameter, der angibt, wie groß der Einfluss des Widerstandes auf die Zielwahl ist. Wenn $\alpha = 0$ ist, beeinflusst der Widerstand w_{ij} die Zielwahl nicht. Je größer der Parameter α wird, umso größer wird auch der Einfluss des Widerstandes auf die Zielwahl. Um dies zu veranschaulichen, stellt die Abbildung 11 die Widerstandsfunktion mit unterschiedlichen Alphawerten graphisch dar.

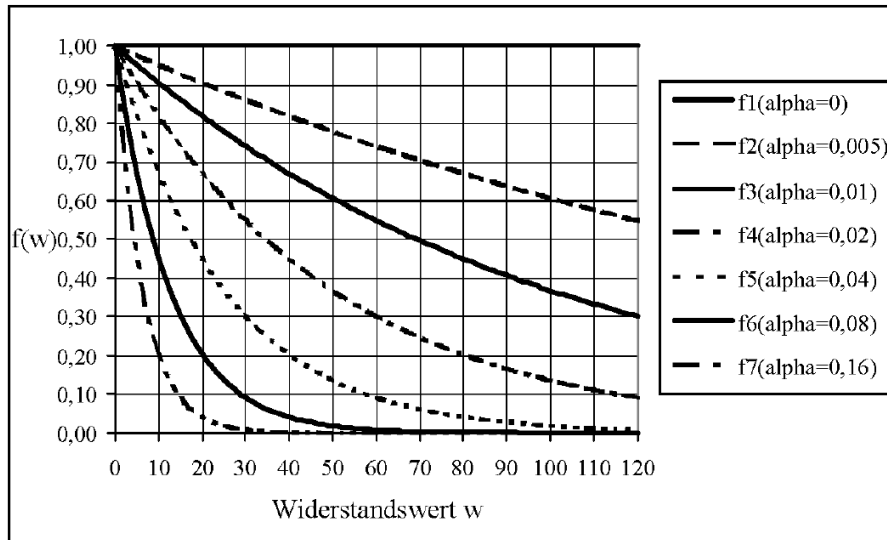


Abbildung 11: Widerstandsfunktion mit unterschiedlichen Alpha-Werten⁵³

Da VISEM mit Aktivitäten arbeitet, ordnet es somit den Quellverkehr einen Zielbezirk in Abhängigkeit von der Zielaktivität zu. Bezirke, in denen die Zielaktivität nicht ausgeführt werden kann, scheiden daher als Zielbezirk aus. Die restlichen Bezirke konkurrieren miteinander. Es setzt sich letztendlich der Zielbezirk mit dem höchsten Potenzial durch.

Die im Modell verwendete Distanzmatrix beinhaltet die Länge der kürzesten Verbindungen im Straßennetz zwischen den Bezirken. Um zu berücksichtigen, dass nicht für jede Aktivität dieselbe Bereitschaft, eine gewisse Distanz zurück zu legen, besteht, werden diese mit personengruppenabhängigen Alphawerten multipliziert. Im Verkehrsmodell wurden 13 Alphawerte verwendet. Damit konnte jede Kombination zwischen Personengruppe und Aktivität abgebildet werden. Tabelle 7 zeigt die im Verkehrsmodell verwendeten Alphawerte kombiniert mit den Personengruppen und deren Aktivitäten.

Alphawerte	Schlüssel (verhaltenshomogene Personengruppen / Aktivität)
0,16	Azubi/A, Azubi/B, EmP/A, NEmP/A, RAmP/A, RjMp/A, Stud/A,
0,34	Azubi/E, EmP/E, NEmP/E, RAmP/E, RjMp/E, Stud/E
0,56	Azubi/F, EmP/F, NEmP/F, RAmP/F, RjMp/F, Stud/F
0,605	K/A
0,8	Sch/A, Sch/S
0,9	GSch/E, GSch/F, Sch/E, Sch/F
1,05	EoP/A, NEoP/A, RAoP/A, RJoP/A
1,17	K/E
1,39	K/F
2	EoP/E, NEoP/E, RAoP/E, RJoP/E
2,22	EoP/F, NEoP/F, RAoP/F, RJoP/F

Tabelle 7: Zuordnung der Alphawerte zu den verhaltenshomogenen Personengruppen und Aktivitäten.

⁵³ [Quelle] Guard Endbericht, 2011

Auffällig ist hierbei die Kombination Kinder-Arbeit. Kinder dürfen zwar nicht arbeiten, können jedoch am Arbeitsplatz der Eltern betreut werden. Aus diesem Grund bleibt diese Kombination bestehen.

Verkehrsmittelwahl

Da das Verkehrsmodell ein multimodales Verkehrsmodell ist, stehen die in Tabelle 8 definierten Verkehrsmittel zur Verfügung.

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

Tabelle 8: Verkehrsmittel im Verkehrsmodell

Die Fuß, Rad und öffentlichen Verkehre werden in GUARD als belastungsunabhängige Verkehrssysteme betrachtet. Der Pkw Verkehr, Lkw Verkehr, Pkw-Wirtschaftsverkehr und Pkw-Fernverkehr sind hingegen belastungsabhängig. Weiters werden der Lkw- und der Pkw-Fernverkehr über Kordonbezirke eingespeist. Die Anzahl der Fahrten wurde aus dem Nationalen Verkehrsmodell Österreich entnommen. Der Pkw-Wirtschaftsverkehr wird gesondert aus den Erwerbstätigen und den Arbeitsplätzen berechnet.

Bei der Verkehrsmittelwahl werden den Wegeketten Verkehrsmittel zugeordnet. Die Verkehrsmittelwahl ist verhaltensorientiert und wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

- Die sozioökonomische Stellung und die Modusverfügbarkeit der Personengruppe
- Die Attribute durch das Nutzungsmodell
- Begrenzte Wahlfreiheit innerhalb von Wegeketten

Durch diese Faktoren entsteht ein Entscheidungsproblem, das in einem diskreten Aufteilungsmodell dargestellt wird, welches die Wahrscheinlichkeit für die Wahl eines Verkehrsmittels in einer Wegekette angibt. Um dieses Entscheidungsproblem zu lösen, muss eine Widerstandsfunktion für die unterschiedlichen Aktivitäten, Verkehrsmittel und Personengruppen ermittelt werden. Kenngrößen des Widerstands können zum Beispiel Fahrzeit, Zu- und Abgangszeit oder der Fahrpreis sein.

$$P_{ij}^m = \frac{f(w_{ij}^m)}{\sum_{k=1}^M f(w_{ij}^k)} \quad (13)$$

mit

i, j	Indizes der Verkehrsbezirke
m	Index der Modi (M = Gesamtanzahl)
P_{ij}^m	Wahrscheinlichkeit, bei der Fahrt von i nach j Modus m zu wählen
w_{ij}^m	Widerstand bei der Wahl von Modus m für die Fahrt von i nach j

Auch bei der Verkehrsmittelwahl wurde die Logit-Funktion als Widerstandsfunktion verwendet, die wie folgt definiert ist:

$$f(w_{ij}^m) = e^{-\alpha * w_{ij}^m} \quad (14)$$

mit

$f(w_{ij})$	Widerstandsfunktion
w_{ij}	Widerstand der Relation ij
α	Parameter

Der Widerstand w_{ij} ist eine lineare Funktion aus mehreren Komponenten bzw. Kenngrößen. Bei jedem Verkehrsmittel werden unterschiedliche Kenngrößen berücksichtigt, die mit Faktoren multipliziert werden. Beim öffentlichen Verkehr setzt sich die Widerstandsfunktion wie folgt zusammen:

$$w_{ij,\text{ÖV},n} = k_{1,n} * RZ + k_{2,n} * ZUAB + k_{3,n} * BDH \quad (15)$$

mit

w_{ij}	Widerstand der Relation ij mit dem Verkehrsmittel ÖV für die Personengruppe n
RZ	Reisezeit (belastungsunabhängig)
ZUAB	Zu- und Abgangszeit
BDH	Bedienungshäufigkeit/Takt
$k_{1-3,n}$	Faktoren in Abhängigkeit der Personengruppe n
n	Index der Personengruppe

Die Faktoren zur Berechnung des Widerstands w_{ij} für ein Verkehrsmittel variieren je nach verhaltenshomogener Personengruppe. Der zur Bildung der Widerstandsfunktion $f(w_{ij})$ notwendige Alphawert ist für jede Kombination aus Verkehrsmittel und verhaltenshomogener Personengruppe konstant mit 1 definiert. Tabelle 9 zeigt die Kenngrößen zur Bestimmung der Verkehrsmittelwahl.

	F	M	Ö	P	R
Pkw-Verfügbarkeit				x	
Angebotsparameter					
Bedienungshäufigkeit / Takt			x		
Widerstände					
Zu- und Abgangszeit		x	x	x	x
Parkraumangebot		x		x	
Reisezeiten (belastungsabhängig)		x		x	
Reisezeiten (belastungsunabhängig)	x		x		x

Tabelle 9: Kenngrößen zur Bestimmung des Modal Splits

F = Fußgänger, M = Pkw-Mitfahrer, Ö = öffentlicher Verkehr, P = Pkw – Selbstfahrer, R = Radfahrer

Um das ÖV-Angebot zu berücksichtigen, ist die Bedienungshäufigkeit der öffentlichen Verkehrsmittel von großer Bedeutung. Die Bedienungshäufigkeit wird bereits vor der Verkehrsumlegung berechnet und in Form einer Kenngrößenmatrix gespeichert. In dieser Matrix geben die Werte die Anzahl der ÖV-Verbindungen zwischen den Bezirken wieder. Die Anzahl der Verbindungen pro Stunde wird in einen Widerstand umgerechnet. Je höher die Bedienungshäufigkeit zwischen Bezirken ist, desto eher besteht die Wahrscheinlichkeit, dass der Weg mit den öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt wird. Daher ergibt sich, je höher die Bedienungshäufigkeit ist, desto geringer wird der Widerstand. In der Tabelle 10 ist die Relation Bedienungshäufigkeit zu Widerstandswert dargestellt.

Anzahl ÖV-Verbindungen zwischen Bezirken pro Stunde	Widerstandswert
0	100
1	25
2	11
3	6
4	4
5	3
6-7	2
8-13	1
>13	0

Tabelle 10: Widerstandswerte der Bedienungshäufigkeit

4.5.4 Verfahrensablauf

Das Verkehrsmodell Großraum Graz kann eine stundenfeine automatisierte Berechnung der Verkehrsnachfrage durchführen. Der Verfahrensablauf der stundenfeinen Nachfrageberechnung besteht aus zwei Schleifen. Die erste Schleife beinhaltet die Verkehrserzeugung, die simultane Verkehrsverteilungs- und Verkehrsmittelwahlberechnung, die Verkehrsumlegung, die Ermittlung der Kenngrößenmatrizen, die Mittelung der

Kenngrößenmatrizen, sowie den Konvergenztest. Die zweite Schleife speichert die Umlegungsergebnisse der gerade berechneten Stunde und stellt danach die Zeit um eine Stunde weiter, bis alle 24 Stunden durchgerechnet wurden. Abbildung 12 zeigt den Verfahrensablauf mit den zwei Schleifen als Flussdiagramm.

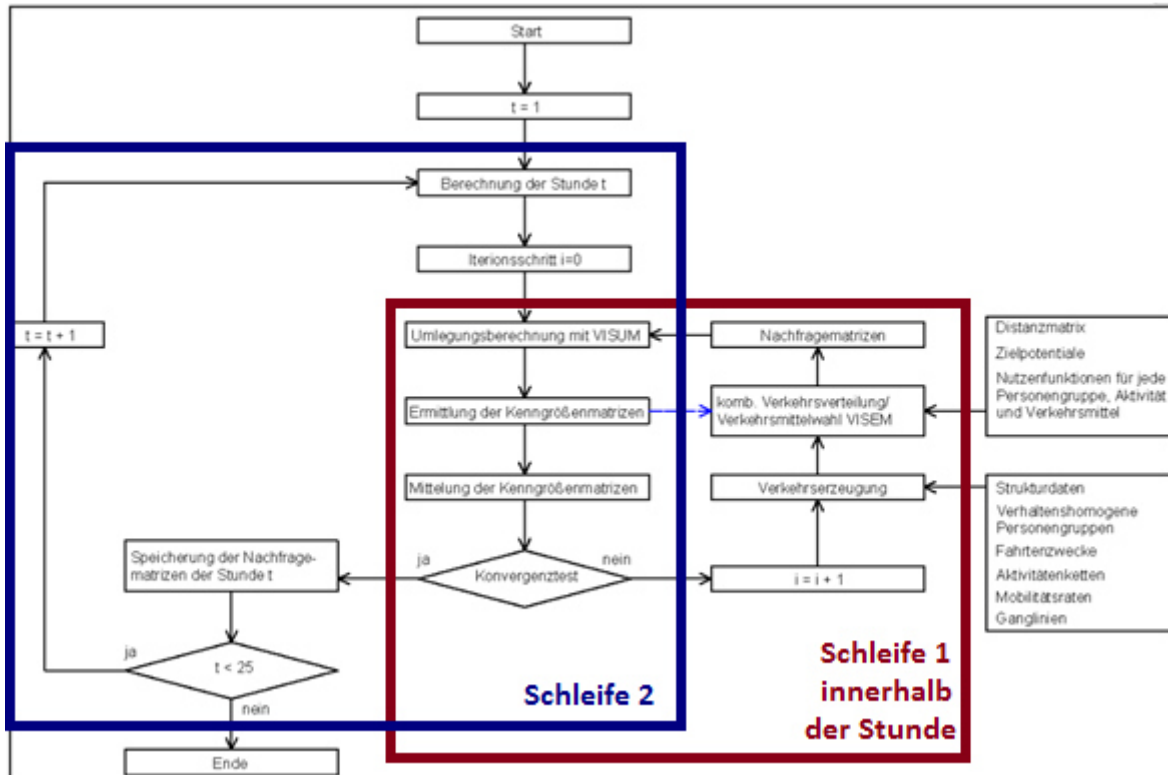


Abbildung 12: Verfahrensablauf⁵⁴

Da die Qualität eines Angebots die Verkehrserzeugung, die Verkehrsverteilung, die Verkehrsmittelwahl und die Umlegung beeinflusst, werden die Kenngrößen des Verkehrsangebots vorab mittels einer Nachfrageberechnung ermittelt. Zu diesen Kenngrößen gehören unter anderen die Bedienungshäufigkeit und die Reisezeit. Im ersten Iterationsschritt ist das mIV-Netz ohne Verkehrsbelastung. Daraus ergibt sich ein geringer Widerstand im Straßennetz und in weiterer Folge werden in der ersten Nachfrageberechnung zu viele Pkw-Fahrten und zu wenig Linienbeförderungen des öffentlichen Verkehrs berechnet. Im nächsten Schritt wird diese Nachfrageberechnung umgelegt. Aufgrund des hohen IV-Aufkommens steigen die Widerstände für den Pkw-Verkehr in der Kenngrößenmatrix an. In der darauffolgenden erneuten Nachfrageberechnung ergibt sich ein konträres Bild. Aufgrund des hohen IV-Widerstandes werden zu viele Linienbeförderungen und zu wenig IV-Fahrten produziert. Diese Iteration wird so lange durchgeführt, bis im Konvergenztest die Abweichungen zwischen zweier Nachfrageberechnungen einen gesetzten Wert unterschreiten oder die maximale Anzahl der Iterationen erreicht ist. Um die Anzahl der Iteration so gering wie möglich zu halten und die erforderliche Rechenzeit zu verkürzen, werden die Widerstandsmatrizen aus jedem Iterationsschritt miteinander gemittelt. Dadurch

⁵⁴ [Quelle] Ropeway Endbericht, 2016

klings die Schwankung der Nachfrageberechnung schnell ab und nähert sich asymptotisch an den Zielwert an. Aktuell werden aufgrund der langen Rechendauer nur zwei Iterationen durchgeführt. Um die Qualität der Ergebnisse noch zu steigern, sollten mehr Iterationsschritte durchgeführt werden.

4.5.5 Verkehrsumlegung

Die Verkehrsnachfrage wird letztlich auf das Verkehrsnetz umgelegt. Diese Umlegung wird sowohl für den Individualverkehr als auch für den öffentlichen Verkehr durchgeführt. Für die IV-Gleichgewichtsumlegung werden die Tages-Nachfragematrizen der Pkw-Selbstfahrer, des Lkw-Verkehrs, des Pkw-Fernverkehrs und des Pkw-Wirtschaftsverkehrs verwendet. Im öffentlichen Verkehr erfolgt die Umlegung stundenfein und fahrplanfein. Durch die fahrplanfeine Umlegung werden Abfahrts- und Ankunftszeiten aller Fahrten, sowie die Koordinierung des Fahrplans berücksichtigt. Es wird davon ausgegangen, dass alle Reisenden über alle Fahrplaninformationen verfügen und ihren Zugangszeitpunkt zur Haltestelle passend zum Abfahrtszeitpunkt wählen. Um die Nachfrage des ÖVs auf die möglichen ÖV-Verbindungen zu ermitteln, wird das Kirchhoff'sche Modell verwendet.

$$U = R^{-\beta} \quad (16)$$

mit

U	Nutzen
R	Widerstand
β	Parameter

Der Widerstand R soll dabei die empfundene Reisezeit wiedergeben. Darin sind die Zu- und Abgangszeit sowie die Umsteigehäufigkeit multipliziert mit Faktoren enthalten. Durch das Umlegungsergebnis wird ersichtlich, welche Routen bzw. Strecken für Ortsveränderungen gewählt werden. Dadurch können im Verkehrsmodell Streckenbelastungen errechnet werden. Für den öffentlichen Verkehr können wichtige Kenngrößen wie die Ein-, Aus- und Umsteiger an den Haltestellen, sowie Linienbeförderungen, Personenkilometer und Servicekilometer ermittelt werden.

5 Erhebung der Datengrundlage

Die Datengrundlage ist ein wichtiger Baustein für die Entwicklung von plausiblen und aussagekräftigen Siedlungsszenarien und hat große Auswirkung auf die darauffolgenden Ergebnisse der Nachfrageberechnung. Weiters wurden nicht nur Daten für die Entwicklung der Siedlungsszenarien gesammelt, sondern auch Daten für das Verkehrsmodell, um sowohl das Verkehrsangebot, als auch die Verkehrsnachfrage zu erweitern und zu kalibrieren. Die nachfolgende Abbildung 13 stellt die erhobenen Daten dar, die in diese Arbeit einfließen.

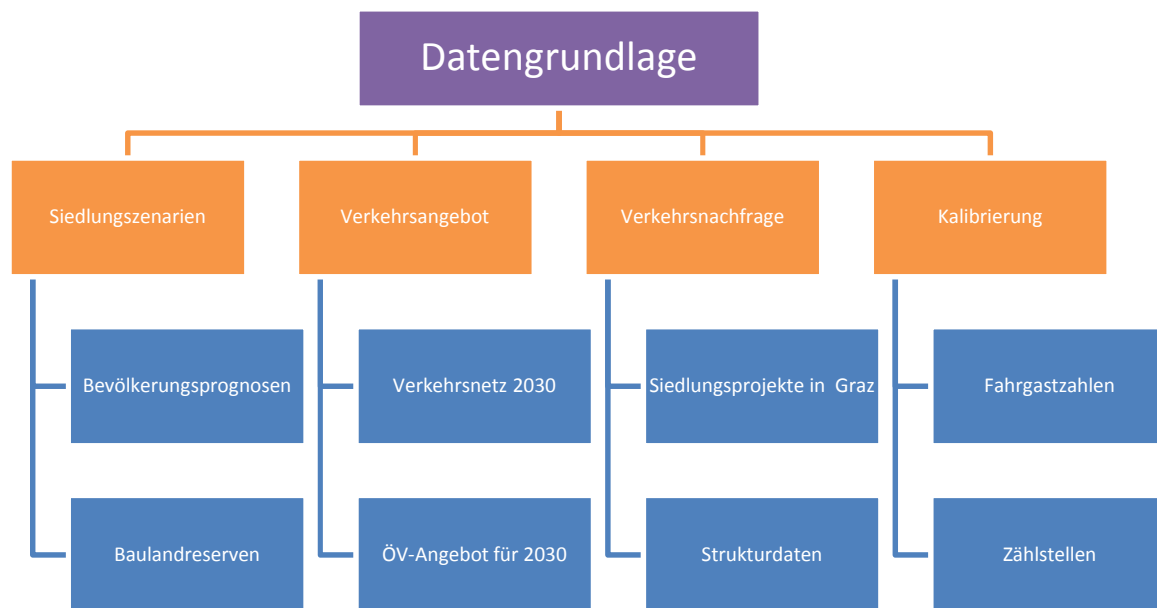


Abbildung 13: Zusammenfassung der Datengrundlage

5.1 Siedlungsszenarien

Um die Siedlungsszenarien zu entwickeln, wurden einerseits aktuelle Bevölkerungsprognosen, andererseits Baulandreserven herangezogen.

Bevölkerungsporgnosen:

Da Siedlungsszenarien für das Jahr 2030 entwickelt werden sollten, wurden Bevölkerungsporgnosen für die Stadt Graz und das Bundesland Steiermark erhoben. Das Ergebnis der Erhebung waren drei Prognosen, die nun in weiterer Folge beschrieben werden.

1. Bevölkerungsporgnose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz

Diese Prognose wurde von der Statistik Austria erstellt und im Juli 2015 durch den Magistrat Graz herausgegeben. Der Ausgangspunkt sind die Bevölkerungszahlen und Strukturen am 1.1.2014 und prognostiziert wird die Bevölkerung bis 1.1.2034. Die Prognose beinhaltet fünf Prognoseparameter, die aus der ÖROK-Regionalprognose entnommen wurden. Diese sind:

- Fertilität
- Mortalität
- Zuwanderung nach Graz
- Abwanderung aus Graz
- Binnenwanderung zwischen den 17 Grazer Bezirken

Das Ergebnis dieser Prognose sind altersabhängige, geschlechtsabhängige und bezirksabhängige Bevölkerungszahlen für jedes Jahr von 2015-2034. Diese Prognose wurde vom Referat für Statistik des Magistrats Graz für die Erstellung der Masterarbeit als Pdf-Datei in Berichtsform und als Excel-Datei in Tabellenform zur Verfügung gestellt.⁵⁵

2. Gemeindebevölkerungsprognose Winter 2015/2016

Diese Prognose wurde in Kooperation von Statistik Austria und der Landesstatistik Steiermark auf Gemeindeebene erstellt. Die Prognosedaten gehen vom Bevölkerungsstand am 1.1.2015 aus und als Prognoseparameter werden hier ebenfalls die Fertilität, Mortalität und die Wanderungsbewegungen aus der ÖROK-Regionalprognose verwendet. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass Prognosen auf Gemeindeebene stark abhängig von den getroffenen Annahmen und Daten der letzten Jahre sind. Zur Erstellung der Masterarbeit wurde die Gesamtbevölkerungszahl je Gemeinde für die Jahre 2015 und 2030 vom Land Steiermark zur Verfügung gestellt.⁵⁶

3. ÖROK-Regionalprognose 2014-2030

Die Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK) gibt seit 1971 regionale Bevölkerungsprognosen in Auftrag. Diesen Auftrag bearbeitete die Statistik Austria und aktualisierte die Bevölkerungsprognose von 2010. Die aktualisierte Prognose verwendet den Bevölkerungsstand vom 1.1.2014 als Ausgangspunkt. Prognostiziert wird die altersabhängige Bevölkerung in den NUTS-3-Regionen und den Bezirken bis 2030. NUTS ist Französisch und bedeutet „Nomenclature des unités territoriales statistiques“ und bezeichnet damit eine hierarchische Systematik zur eindeutigen Identifizierung und Klassifizierung der räumlichen Bezugseinheiten. Unter NUTS-3-Regionen versteht man die Aufteilung eines Bezugsraums in kleinere Regionen. Im Modellgebiet liegen drei NUTS-3-Regionen, die als „AT221 Graz“, „AT224 Oststeiermark“ und „AT225 West- und Südsteiermark“ bezeichnet werden. Darüber hinaus gibt diese Prognose einen Bevölkerungsausblick bis 2050. Diese Prognose wurde ebenfalls vom Land Steiermark zur Erstellung der Masterarbeit zur Verfügung gestellt.⁵⁷

Obwohl sich die Bevölkerungsprognose für die Landeshauptstadt Graz auf die ÖROK-Regionalprognose bezieht, unterscheiden sich die prognostizierten Bevölkerungszahlen für die Stadt Graz in den ÖROK – Regionalprognosen und in der Bevölkerungsprognose der

⁵⁵ Vgl. (Bevölkerungsprognose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz, 2015)

⁵⁶ Vgl. (Gemeindebevölkerungsprognose Winter 2015/2016, 2016)

⁵⁷ Vgl. (ÖROK-Regionalprognose 2014,2015)

Landeshauptstadt. Um dies zu veranschaulichen zeigt die nachfolgende Tabelle 11 die erwartete Gesamtbevölkerung der Stadt Graz für das Jahr 2030.

	Bevölkerungsprognose Graz	Gemeindebevölkerungsprognose	ÖROK-Regionalprognose
Graz	321.486	323.755	323.755

Tabelle 11: Bevölkerungsvergleich zwischen den Prognosen für das Jahr 2030⁵⁸

Es existiert noch eine Bundeslandprognose vom Herbst 2015, die ebenfalls von der Statistik Austria erstellt wurde. Diese unterscheidet sich von der Regionalprognose aufgrund der Entwicklung der Flüchtlingswelle im Laufe des Jahres 2015. Diese unvorhersehbare Entwicklung wurde darin somit bereits einbezogen. Die ÖROK – Regionalprognose wurde hingegen im Frühjahr 2015 errechnet. Die Bevölkerungsprognose der Stadt Graz und die Gemeindebevölkerungsprognose beziehen sich auf die ÖROK-Regionalprognose. Die Bundeslandprognose wurde in der Masterarbeit nicht berücksichtigt. Die Abbildung 14 zeigt die Bevölkerungsdifferenz der Bundeslandprognose zu der ÖROK-Regionalprognose. Aus dieser Abbildung wird ersichtlich, dass durch die Flüchtlingswelle der Trend der Bundeslandprognose einen steilen Anstieg besitzt und auch später abflacht, als der Trend der Regionalprognose. Diese ergibt sich aus der Geburtenbilanz und der Binnenwanderungsbilanz, die durch die internationale Zuwanderung positiver ausfällt. Dadurch ergibt sich eine Bevölkerungsdifferenz, wodurch sich die Prognosen im Jahr 2030 um 15.525 Einwohner und bis im Jahr 2050 um 40.623 Einwohner unterscheiden.⁵⁹

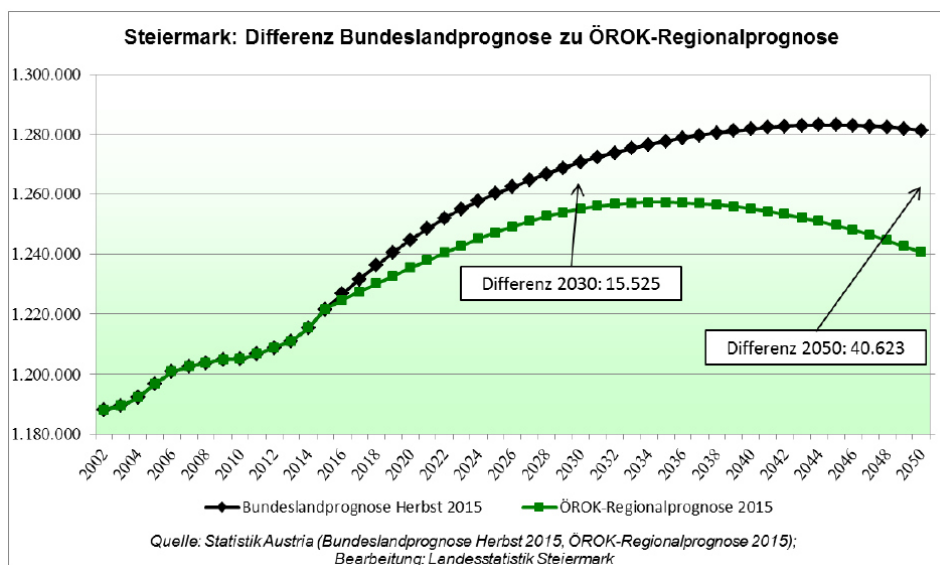


Abbildung 14: Bevölkerungsprognose für die Steiermark vor und nach der Flüchtlingswelle⁶⁰

⁵⁸ [Quelle] Bevölkerungsprognose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz, Gemeindebevölkerungsprognose Winter 2015/2016, ÖROK – Regionalprognose 2014

⁵⁹ Vgl. (Regionale Bevölkerungsprognose Steiermark 2015/2016)

⁶⁰ Vgl. (Regionale Bevölkerungsprognose Steiermark 2015/2016)

Baulandreserven der Stadt Graz:

Die Baulandreserven der Stadt Graz wurden vom Stadtplanungsamt in Form eines Shape-Files zur Verfügung gestellt. Dieses Shape-File enthält neben der Lage und geometrischen Form der Baulandreserve noch weitere Informationen wie den Flächeninhalt in Quadratmeter, den Umfang in Meter sowie die Flächenwidmung.

Um die Baulandreserven in das Verkehrsmodell GUARD an der richtigen Stelle zu implementieren, musste das Koordinatensystem mit ArcMap angepasst werden. Während dieser Bearbeitung wurden die Baulandreserven den Stadtbezirken zugeordnet. Daraufhin konnten die Baulandreserven fehlerfrei in das GUARD-Modell implementiert werden. Abbildung 15 zeigt die Baulandreserven um Reininghaus im Westen von Graz südlich des Hauptbahnhofs im Verkehrsmodell GUARD.



Abbildung 15: Baulandreserven im Bereich von Reininghaus

Die Flächenfarben und Nummern geben an, in welchem Oberbezirk sich die Baulandreserve befindet. In Tabelle 12 ist beschrieben, welche Nummer zu welchem Oberbezirk gehört. Zusätzlich zeigt die Tabelle, wie viele Flächen an Baulandreserven in welchem Oberbezirk vorhanden sind. Im Verkehrsmodell sind die Oberbezirke in Graz deckungsgleich mit den eigentlichen Stadtbezirken.

Oberbezirksnummer	Oberbezirksname	Anzahl der Baulandreserven	Gesamtfläche der Baulandreserven [m ²]
1	Mariatrost	271	641.289m ²
2	Gösting	124	277.722m ²
3	Andritz	389	986.110m ²
4	Ries	184	390.626m ²
5	Geidorf	150	452.573m ²
6	Eggenberg	176	667.125m ²
7	Lend	56	164.862m ²
8	St. Leonhard	25	65.640m ²
9	Gries	66	329.282m ²
10	Innere Stadt	1	1.045m ²
11	Jakomini	62	163.056m ²
12	Wetzelsdorf	132	290.142m ²
13	Liebenau	265	1.096.960m ²
14	Straßgang	188	1.043.043m ²
15	Puntigam	192	916.860m ²
33	St. Peter	341	1.095.337m ²
34	Waltendorf	196	487.572m ²
Summe	Graz	2818	9.069.244m²

Tabelle 12: Baulandreserven in den Oberbezirken⁶¹

5.2 Verkehrsangebot

Das Verkehrsangebot ist essenziell für die Verkehrsnachfrage- und Umlegungsberechnung in einem Verkehrsmodell. Daher wurde versucht, möglichst genau das geplante Verkehrsangebot und die Verkehrsziele für das Jahr 2030 zu erheben. Neben den möglichen Anpassungen des Verkehrsnetzes wurde auch das geplante ÖV-Angebot erhoben.

Verkehrsnetz:

Die erste große Veränderung des Verkehrsnetzes ist der Grazer Südgürtel. Der Grazer Südgürtel soll die Bezirke Puntigam und Webling besser verbinden und schließt eine Lücke im hochrangigen Straßennetz. Der Südgürtel ist bereits seit Mai 2017 fertiggestellt. Von der Webseite www.suedguertel.steiermark.at konnte ein Lageplan entnommen werden. Nach diesem Lageplan wurde der Südgürtel in das Verkehrsmodell implementiert. Abbildung 16 zeigt die Trassenführung des Südgürtels.⁶²

⁶¹ [Datengrundlage] Stadtplanungsamt Graz

⁶² Vgl. (www.suedguertel.steiermark.at, 2016)

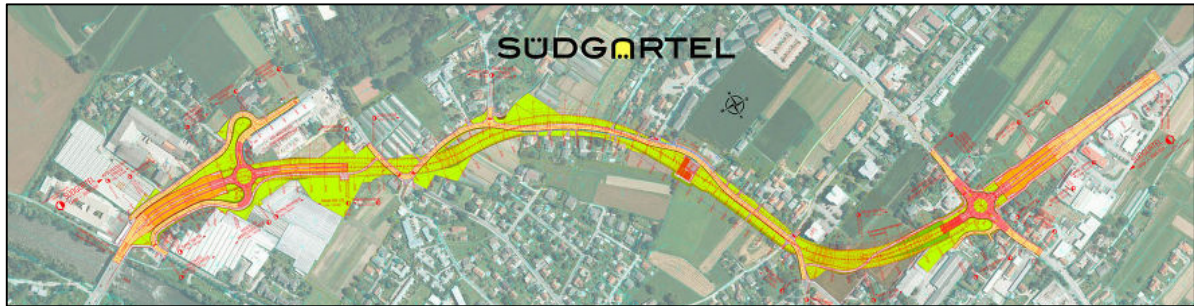


Abbildung 16: Übersichtsplan Lückenschluss Südgürtel⁶³

Weiters wird erwartet, dass die Reininghausgründe im Westen der Stadt für Wohnquartiere genutzt werden und sich dadurch das Verkehrsnetz in diesem Areal verändert. Das Verkehrsplanungsbüro Sammer und Partner hat dazu eine Verkehrsmodellrechnung für den Bereich Reininghaus durchgeführt. Der Untersuchungsraum erstreckte sich dabei von der Peter Tunner Gasse im Norden bis Don Bosco im Süden sowie zwischen der Karl Morre Gasse im Westen und dem Eggenberggürtel im Osten. Untersucht wurden dabei 2 Szenarien, die die Auswirkungen der neuen Nutzung von Reininghaus darstellen sollen. Außerdem wurde untersucht, wie sich eine zusätzliche Bahnunterführung im Bereich Josef Huber Gasse auswirkt. Aus dem Rahmenplan Graz-Reininghaus wurden die verkehrlichen Maßnahmen entnommen, ebenso die geplanten Verkehrserschließungen. Abbildung 17 zeigt schwarz eingezeichnet die bestehende Straßeninfrastruktur, in den Farben rot und blau ist die geplante Infrastruktur zu sehen.⁶⁴

⁶³ Vgl. (www.suedguertel.steiermark.at, 2016)

⁶⁴ Vgl. (Rahmenplan Graz-Reininghaus, 2010)

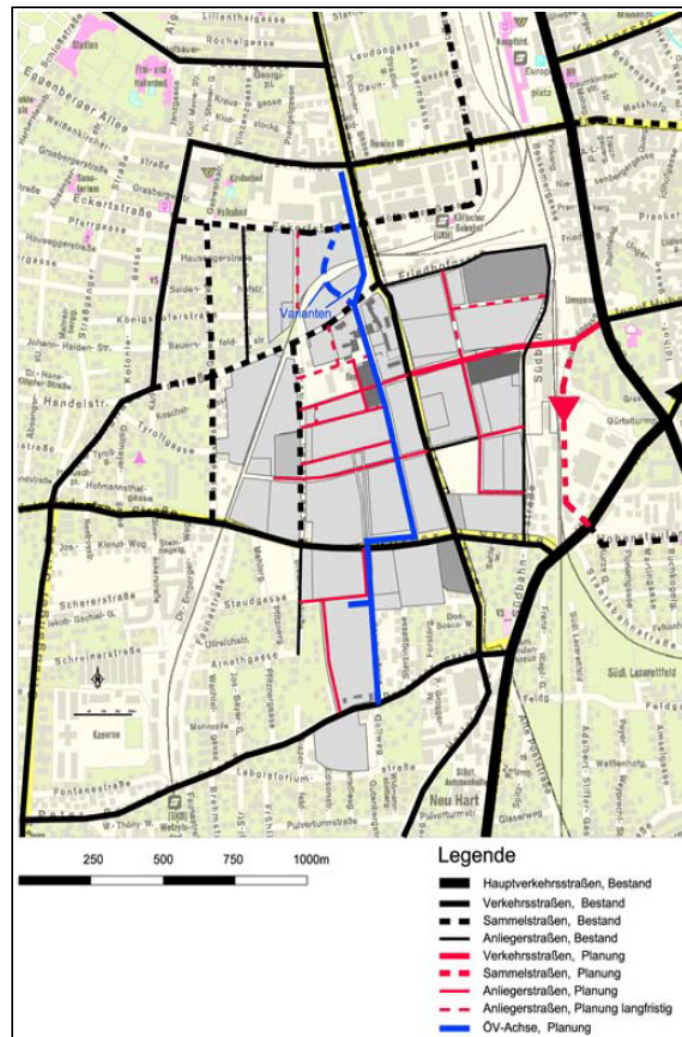


Abbildung 17: Straßennetz und Straßenhierarchie im Bereich Reininghaus⁶⁵

ÖV-Angebot für 2030:

Die Informationen für das geplante Verkehrsangebot kamen vom Amt für Verkehrsplanung der Stadt Graz. In einer Modellrechnung wurden drei mögliche ÖV-Varianten für den Grazer Westen untersucht. Diese drei Varianten sollen das ÖV-Angebot in drei Etappen im Grazer Westen bis 2030 umstrukturieren und die Stadtentwicklungsgebiete Reininghaus, Smart City - Waagner Biro, Gürtelturm und Straßgang (Martinhofsiedlung, Green City) besser mit ÖV-Linien erschließen. In der ersten Etappe wird das Grazer Busnetz bis 2018 umstrukturiert. Die zweite Etappe endet 2021 und sieht einen Ausbau der Straßenbahnlinie 3 bis zur Hummelskaserne und der Straßenbahnlinie 6 bis Smart City - Waagner Biro vor. Das Busnetz wird auf die Verlängerung der Straßenbahnlinien hin adaptiert. Ab 2030 soll in Variante 1 und 2 die neue Südwest-Straßenbahnlinie betrieben werden und es erfolgt eine neuerliche Anpassung des Busnetzes.⁶⁶

⁶⁵ Vgl. (Rahmenplan Graz-Reininghaus, 2010)

⁶⁶ Vgl. (Modellrechnung Graz-West, 2015)

- Variante 1 beinhaltet eine neue Straßenbahnlinie in den Grazer Süd-Westen und eine Neustrukturierung des Busliniennetzes. Neben der Änderung der Tangentiallinien 62 und 65 soll eine weitere Tangentiallinie vom Grazer Westen über Reininghaus nach St. Peter entstehen.
- Variante 2 beinhaltet ebenfalls die neue Straßenbahnlinie in den Grazer Süd-Westen. Jedoch soll das Busnetz möglichst aufrecht erhalten werden und nur in den neuen Siedlungsgebieten geändert werden.
- Variante 3 geht von zu hohen Investitionskosten für eine neue Straßenbahnlinie aus und erschließt den Grazer Süd-Westen mit einer Buslinie. Dadurch soll eine bessere wirtschaftliche Bewertung erzielt werden.

Abbildung 18 zeigt die drei Varianten mit den 3 Ausbautetappen des geplanten Verkehrsangebots.

Szenario	Variante 1	Variante 2	Variante 3
Nullfall	derzeitiges Netz	derzeitiges Netz	derzeitiges Netz
2018	Busnetz A	Busnetz B	Busnetz C
2021	Linie 3 bis Hummelkaserne, Linie 6 bis Smart-City		/
	Busnetz A adaptiert	Busnetz B adaptiert	/
2030	Linie 3 bis Hummelkaserne, Linie 6 bis Smart-City		
	SW-Linie bis Grottenhof		/
	Busnetz A adaptiert	Busnetz B adaptiert	Busnetz D

Abbildung 18: Szenarienübersicht der Modellrechnung Graz-West⁶⁷

5.3 Verkehrsnachfrage

Wesentliche Bestandteile der Verkehrsnachfrage sind die Strukturgrößen, Mobilitätsraten und die Anzahl der Personen. Da eine neue Bestimmung der Mobilitätsraten den Umfang dieser Arbeit sprengen würde, liegt das Hauptaugenmerk hier auf den Strukturgrößen.

Strukturgrößen:

Da Verkehrsmodelle für die Zielwahl Strukturgrößen benötigten, wurde versucht, die Strukturgrößen mit Prognosen zu unterstützen, um die Zielwahl für 2030 möglichst gut abbilden zu können.

Arbeitsplätze:

Um Arbeitsplatzprognosen zu erhalten, wurde bei der Wirtschaftskammer (WKO), Arbeiterkammer (AK) und beim Arbeitsmarktservice (AMS) angefragt. Dabei stellte sich

⁶⁷ Vgl. (Modelrechnung Graz-West, 2015)

heraus, dass das AMS und das AMS-Forschungsnetzwerk Arbeitsplatzstatistiken erstellen. Für die Steiermark erstellte das AMS-Steiermark die Arbeitsplatzprognosen. Dabei ist zu unterscheiden, ob die Arbeitsplätze nach Wohnort oder nach Arbeitsort erhoben werden. Da in Visum die Arbeitsplätze in den Zellen des Arbeitsorts zugeordnet werden, um ein Potential zu generieren, sind hier die Arbeitsplätze nach Arbeitsort notwendig. Da Arbeitsplätze schwer zu prognostizieren sind, gibt es für 2030 nur einen Gesamtwert für die ganze Steiermark. Die nachfolgende Tabelle 13 zeigt die prognostizierten Arbeitsplätze nach Wohnort und Arbeitsort von 2008 bis 2030.

WOHNORT	2008	2011	2016	2020	2025	2030
601-Bruck/Mur	23.352	22.645	22.513	22.254	21.933	21.758
603-Deutschlandsberg	23.907	23.823	23.730	23.885	24.207	24.289
604-Feldbach	32.677	32.771	32.281	32.433	32.775	32.609
606-Gleisdorf	16.119	16.687	17.273	17.949	18.820	19.570
607-Graz	152.048	154.736	162.690	167.672	174.307	181.996
609-Hartberg	36.456	36.384	36.275	36.561	37.252	37.209
610-Judenburg	16.518	16.190	16.112	16.132	16.140	16.104
611-Murau	10.774	10.765	10.549	10.498	10.465	10.349
613-Knittelfeld	10.848	10.711	10.819	10.974	11.188	11.314
614-Leibnitz	31.958	32.461	32.950	33.702	34.700	35.481
616-Leoben	23.611	22.683	22.399	21.932	21.804	21.226
618-Liezen	30.432	30.602	31.052	31.409	31.831	32.365
621-Mürzzuschlag	14.923	14.472	14.374	14.253	14.224	14.019
622-Voitsberg	19.996	19.672	19.676	19.851	20.316	20.331
623-Weiz	18.851	19.103	19.255	19.630	20.171	20.493
Wohnort Steiermark	462.471	463.707	471.948	479.134	490.132	499.114
Arbeitsort Steiermark	455.594	461.778	481.235	494.654	511.737	531.588

Tabelle 13: Arbeitsplatzentwicklung in der Steiermark⁶⁸

Schulplätze:

Um die Schulplätze für 2030 zu erheben, wurde beim Bundesministerium für Bildung, der Stadt Graz und beim Landesschulrat angefragt. Hierbei muss jedoch erwähnt werden, dass die Zuständigkeiten der einzelnen Schulen bei Gemeinden, Land, Bund verteilt sind und nur der Landesschulrat einen Überblick über die gesamten Schulausbauten besitzt. Da die Anfrage über die geplanten Schulausbauten bis 2030 vom Landesschulrat wegen Zeitmangels abgelehnt wurde, konnte diese Strukturgröße nicht im ganzen Projektgebiet angepasst werden. Jedoch konnten über das Stadtplanungsamt die geplanten Schulausbauten in den Entwicklungsbereichen der Stadt Graz erhoben werden. Tabelle 14 zeigt die Schulneubauten und Schulausbauten.

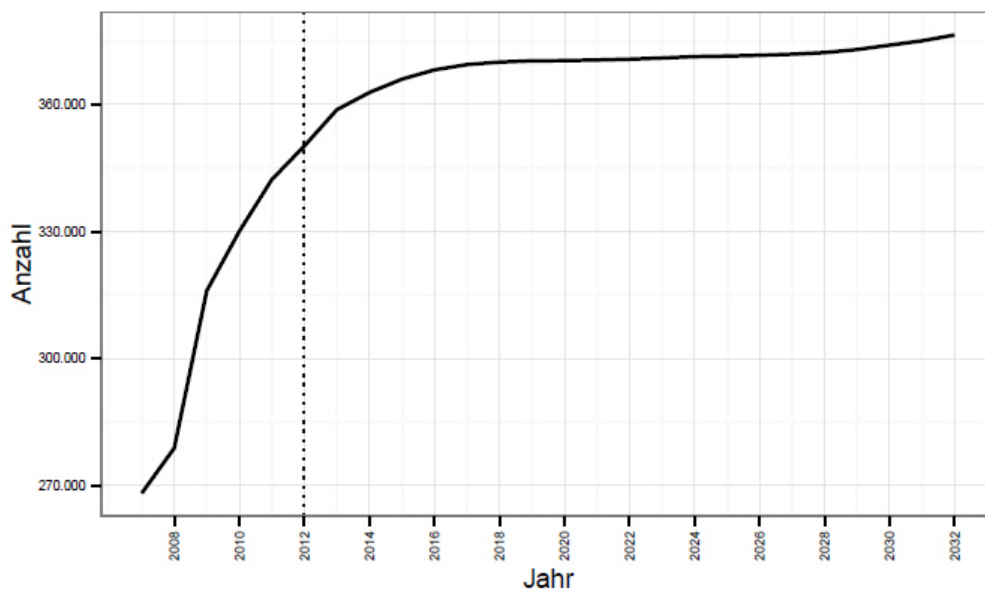
⁶⁸ [Quelle] AMS-Steiermark

Siedlungsprojekte	Einwohner	Schulklassen
Reininghaus	16.000	16 Klassen Volksschule 34 Klassen Allgemeine Höhere Schule
Smart City	3.500	16 Klassen Volksschule 16 Klassen Neue Mittelschule
Wohnpark West	2.600	Kein Schulstandort geplant
Green City Graz	2.000	Volksschule Straßgang wird von 8 auf 12 Klassen erweitert
Brauquartier	1.840	Kein Schulstandort geplant

Tabelle 14: Schulausbauten in den Grazer Siedlungsgebieten⁶⁹

Hochschulplätze:

Die Entwicklung der Studierenden wurde von der Statistik Austria für gesamt Österreich in der Hochschulprognose 2014 erhoben. Dabei wurde die Gesamtzahl aller Studierenden bis zum Wintersemester 2032/33 prognostiziert. Dabei wurden nicht nur Studierende an öffentlichen Universitäten miteinbezogen, sondern auch Studierende von Privatuniversitäten, Fachhochschulen, Pädagogischen Hochschulen, Kollegs und Akademien. Abbildung 19 stellt die Anzahl der Studierenden in Österreich in einem Diagramm dar.

Abbildung 19: Studierendenzahlen bis 2032⁷⁰

Die Zahl der Studierenden ist von Wintersemester 2007/08 von rund 268.000 Studierenden bis Wintersemester 2012/13 auf rund 350.000 Studierende stark gestiegen. Dies entspricht einem Zuwachs von 30%. Im WS 2018/19 soll die Gesamtzahl 370.000 Studierende erreichen. Erst 2021/22 soll mit einem moderaten Zuwachs die Studierendenzahl weiter steigen. Dabei wurde jedoch nicht erhoben, wie sich die Studentenzahlen der einzelnen Universitäten und Fachhochschulen entwickeln werden. Da das Wachstum der einzelnen Universitäten nicht

⁶⁹ [Datengrundlage] Stadtplanungsamt Graz

⁷⁰ [Quelle] Hochschulprognose 2014

prognostiziert wurde und es in vielen Studien einen freien Studienzugang gibt, konnten die Potenzialentwicklungen zwischen den Hochschulstandorten nicht erhoben werden.

Einkaufsmöglichkeiten:

Das Potenzial für Einkaufen wird in Visum durch die Verkaufsfläche in m² angegeben. Daher wurden in den geplanten Siedlungsgebieten die Brutto-Geschoßflächen für Geschäfte erhoben und in das Verkehrsmodell integriert. Die Tabelle 15 zeigt die von der Raumplanung der Stadt Graz zu Verfügung gestellten Verkaufsflächen in den Siedlungsgebieten.

Siedlungsprojekte	Einwohner	Verkaufsfläche für Geschäfte
Reininghaus	16.000	70.000m ²
Smart City	3.500	9.300m ²
Wohnpark West	2.600	10.300m ²
Green City Graz	2.000	7.000m ²
Brauquartier	1.840	5.000m ²

Tabelle 15: Geplante Verkaufsflächen der Grazer Siedlungsgebiete⁷¹

5.4 Kalibrierung

Um das Verkehrsmodell zu kalibrieren, wurde versucht, Vergleichswerte zu finden, die das Verkehrsaufkommen in Graz und Umgebung im Jahre 2016 abbilden. Das Ergebnis der Recherche waren Fahrgastzahlen, Streckenzählraten und die „Mobilitätserhebung der Grazer Wohnbevölkerung“.

Fahrgastzahlen:

Die meisten Verkehrslinien in Graz werden von der Holding Graz bedient. Aus diesem Grund wurde bei der Holding Graz nach Fahrgastzahlen angefragt. Die Holding Graz stellte in weiterer Folge diese Daten zur Verfügung. Diese Daten stellen die Einsteiger pro Linie an einem Werktag im Winter 2016 dar.

Auch für die S-Bahnlinien waren Fahrgastzahlen zur Kalibrierung des Modells notwendig. Diese wurden vom Ingenieurbüro „Der Knotenpunkt“ zur Verfügung gestellt. Die Daten enthalten die Einsteiger je Linie an einem Werktag in den Monaten Jänner, April, Oktober von 2007-2015.

Die erhaltenen Fahrgastzahlen können aus dem digitalen Anhang entnommen werden.

Zählstellen:

Um den Individualverkehr zu erheben, wurde beim Referat für Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung der Stadt Graz nach Daten von Zählstellen angefragt. Diese stellte Daten von Fahrbahndetektoren und Radarzählstellen zu Verfügung. Durch diese Detektoren sollen die Verkehrsströme an den Stadtein- und ausfahrten mit den Ergebnissen des Basisfalls

⁷¹ [Datengrundlage] Stadtplanungsamt Graz

kontrolliert werden. Die Detektorendaten wurden am 06.06.2016 aufgenommen. Es wurde die Verkehrsbelastung pro Stunde für die ausgewählten Querschnitte richtungsfein übergeben. Der digitale Anhang enthält die Rohdaten in stundenfeiner Auflösung für alle übergebenen Zählstellen.

6 Entwicklung von Siedlungsszenarien und Implementierung in das Verkehrsmodell

In diesem Kapitel wird erklärt, wie die erhobenen Daten aufbereitet, aus diesen Prognoseszenarien entwickelt und in weiterer Folge die Nachfrage- und Verkehrsbelastungsberechnungen durchgeführt wurden. Im ersten Teil wird dargestellt, wie die Siedlungsszenarien entwickelt wurden. Darauffolgend wird beschrieben, wie aus den Arbeitsplatzprognosen Arbeitsplatzpotenziale für die Nachfrageberechnung entstehen. Anschließend werden die geplanten neuen Schulstandorte in Bildungspotenziale umgerechnet. Auch auf die Strukturgrößen Einkaufsmöglichkeiten und Freizeitmöglichkeiten wird hier genau eingegangen. Der zweite Teil des Kapitels beschreibt, wie die Basis-, Referenz- und Planfälle entwickelt wurden. Abschließend wird auf den Berechnungsalgorithmus eingegangen.

6.1 Entwicklung der Siedlungsszenarien

Laut der „Bevölkerungsprognose der Landeshauptstadt Graz“ der Statistik Austria soll Graz bis 2030 um 43.672 Einwohner wachsen. Um die Auswirkungen des Bevölkerungswachstums in Graz und Umgebung auf den Verkehr abschätzen zu können, wurden Siedlungsszenarien entwickelt. Aus der Datengrundlage, bestehend aus den Bevölkerungsprognosen, Baulandreserven und nach Rücksprache mit der Verkehrsplanungsabteilung der Stadt Graz, wurden 5 Siedlungsszenarien entwickelt, die nun genauer erläutert werden:

Siedlungsszenario 1 - Prognose:

In diesem Szenario wurde angenommen, dass die Bevölkerung in Graz und Umgebung genau nach den drei Prognosen wächst. Dazu wurde für die Landeshauptstadt Graz die Bevölkerungsprognose „Bevölkerungsprognose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz“ herangezogen. Das bedeutet, dass für die Landeshauptstadt ein prognostiziertes Wachstum von 43.672 Einwohnern angenommen wird und die geplanten Siedlungsgebiete (z.B.: Reininghaus) nicht berücksichtigt werden. Für Graz Umgebung wurden die „ÖROK-Regionalprognose 2014-2030“ und die „Gemeindebevölkerungsprognose Winter 2015/2016“ verwendet. Da beide Prognosen bis zum Jahr 2030 reichen und die Gemeindebevölkerungsprognose auf die ÖROK-Regionalprognose 2014-2030 aufbaut, können diese zwei Prognosen zusammengekoppelt verwendet werden. Die Tabelle 16 zeigt die Grazer Stadtbezirke mit den jeweiligen prognostizierten Bevölkerungszahlen von 2030, der aktuellen Bevölkerung von 2016 und dem Bevölkerungswachstum. Das Bevölkerungswachstum im Umland von Graz kann aus dem digitalen Anhang entnommen werden.

Bezirk	Name	Einwohner Graz 2016	Einwohner Graz 2030	Bevölkerungswachstum nach Prognose:	Wachstum in Prozent
1	Innere Stadt	3.967	4.299	333	8,4 %
2	St. Leonhard	15.860	19.003	3.143	20,0%
3	Geidorf	24.560	28.322	3.762	15,3%
4	Lend	30.659	34.295	3.635	11,9%
5	Gries	27.561	32.221	4.660	19,9%
6	Jakomini	32.926	38.207	5.281	16,0%
7	Liebenau	13.549	15.556	2.007	14,8%
8	St. Peter	14.515	16.084	1.569	10,8%
9	Waltendorf	11.755	12.922	1.167	9,9%
10	Ries	5.743	6.346	604	10,5%
11	Mariatrost	9.483	10.371	888	9,4%
12	Andritz	19.076	20.853	1.777	9,3%
13	Gösting	10.877	12.576	1.698	15,6%
14	Eggenberg	19.535	24.315	4.779	24,5%
15	Wetzelsdorf	14.970	17.724	2.754	18,4%
16	Straßgang	14.933	18.061	3.128	20,9%
17	Puntigam	7.844	10.331	2.487	31,7%
Graz		277.815	321.486	43.672	15,7%

Tabelle 16: Bevölkerungsentwicklung der Landeshauptstadt Graz

Prozentual ist Puntigam mit 31,7 Prozent der Bezirk mit dem größten Wachstum. Durch genügend Baulandreserven und dem Siedlungsprojekt Brauquartier Puntigam kann dieser Bezirk das Wachstum auch aufnehmen. In absoluten Zahlen ist jedoch Jakomini der Bezirk mit dem größten Wachstum. Laut Prognose sollen 2030 um 5.281 Personen mehr in diesem Bezirk wohnen. Allerdings befinden sich im Bezirk kaum Baulandreserven und es ist auch kein größeres Siedlungsprojekt, mit Ausnahme eines Wohnprojektes am Areal der Grazer Messe, geplant.

Siedlungsszenario 2 - Baulandreserven:

Anstatt dem Bevölkerungswachstum der einzelnen Stadtbezirke der „Bevölkerungsprognose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz“ zu folgen, wurde hier der Fokus auf die Baulandreserven gelegt. Die 43.672 zusätzlichen Einwohner wurden daher nach den Flächen an Baulandreserven der jeweiligen Stadtbezirke verteilt. In der Umgebung von Graz wurden weiterhin die Bevölkerungsprognosen „ÖROK-Regionalprognose 2014-2030“ und „Gemeindebevölkerungsprognose Winter 2015/2016“ herangezogen. Tabelle 17 zeigt die Grazer Stadtbezirke mit den jeweiligen Baulandreserven und das daraus mögliche Bevölkerungswachstum im Verhältnis zu den Baulandreserven.

Bezirk	Name	Einwohner Graz 2016	Bauland- reserven (m ²)	Bevölkerungs- wachstum	Wachstum in Prozent	Einwohner Graz 2030
1	Innere Stadt	3.967	1.045	5	0,01%	3.972
2	St. Leonhard	15.860	65.640	316	0,72%	16.176
3	Geidorf	24.560	452.573	2.179	4,99%	26.739
4	Lend	30.659	164.862	794	1,82%	31.453
5	Gries	27.561	329.282	1.586	3,63%	29.147
6	Jakomini	32.926	163.056	785	1,80%	33.711
7	Liebenau	13.549	1.096.960	5.282	12,10%	18.831
8	St. Peter	14.515	1.095.337	5.274	12,08%	19.789
9	Waltendorf	11.755	487.572	2.348	5,38%	14.103
10	Ries	5.743	390.626	1.881	4,31%	7.624
11	Mariatrost	9.483	641.290	3.088	7,07%	12.571
12	Andritz	19.076	986.110	4.748	10,87%	23.824
13	Gösting	10.877	277.722	1.337	3,06%	12.214
14	Eggenberg	19.535	667.125	3.212	7,36%	22.747
15	Wetzelsdorf	14.970	290.142	1.397	3,20%	16.367
16	Straßgang	14.933	1.043.043	5.023	11,50%	19.956
17	Puntigam	7.844	916.860	4.415	10,11%	12.259
Graz		277.815	9.069.245	43.672	100%	321.487

Tabelle 17: Baulandreserven und das daraus mögliche Bevölkerungswachstum der Grazer Stadtbezirke

Durch diese Tabelle wird ersichtlich, dass Graz in den zentralen Bezirken wie Innere Stadt, Jakomini, Lend, St. Leonhard kaum Baulandreserven besitzt. Die meisten Baulandreserven liegen in den Bezirken Liebenau, St. Peter, Andritz, Straßgang und Puntigam. Dies zeigt, dass die meisten Baulandreserven an den Randbezirken der Stadt liegen. Verteilt man nun den Bevölkerungszuwachs nach den Baulandreserven, tritt in Liebenau mit 5.282 Personen das größte Bevölkerungswachstum auf. Die Innere Stadt würde hingegen nur ein Bevölkerungswachstum von 5 Personen aufweisen.

Siedlungsszenario 3 - Siedlungsprojekte:

In Zusammenarbeit mit der Stadt Graz wurde ein Szenario entwickelt, welche die geplanten Siedlungsprojekte berücksichtigt. Die 43.672 zusätzlichen Einwohner aus der Prognose der Stadt Graz wurden in diesem Szenario so verteilt, dass auf die Stadtteile westlich der Mur 2/3 des Gesamtwachstums fallen und die Stadtteile östlich der Mur um 1/3 des Gesamtwachstums anwachsen. Diese Annahme basiert darauf, dass in den westlichen Stadtteilen große Siedlungsgebiete entstehen und diese Siedlungsgebiete das Bevölkerungswachstum im Grazer Westen aufnehmen können.

Siedlungsprojekte	Neueinwohner 2016 - 2030	Zelle im Verkehrsmodell	Bezirk
Reininghaus	16.000	1363	Eggenberg
		1361	Gries
		1854	Eggenberg
		1871	Wetzelsdorf
Smart City – Waagner Biro	3.500	1851	Lend
Wohnpark Gösting	270	1251	Gösting
Wohnpark West	2.600	1342	Lend
Green City Graz	2.000	1473	Straßgang
Brauquartier Puntigam	1.840	1924	Puntigam
		1925	Puntigam
Wohnbau Triside	360	1857	Puntigam
Sterneckerweg	720	1446	St. Peter
Martinhofsiedlung	1.500	1473	Straßgang
Graz Ost	14.882	-	-
Summe	43.672		

Tabelle 18: Bevölkerungszuordnung für das geschätzte Bevölkerungswachstum westlich der Mur nach Siedlungsprojekten bis 2030; Graz Ost ohne Aufteilung auf Siedlungsprojekte

Die Tabelle 18 zeigt die angenommene Einwohnerkapazität der Siedlungsprojekte. Reininghaus ist das aktuell größte Siedlungsprojekt. Es liegt zwischen den Grazer Stadtbezirken Eggenberg, Gries und Wetzelsdorf auf einem 52 Hektar großen Areal. Im Endausbau soll dieses Siedlungsprojekt zwischen 12.000 und 20.000 Einwohner aufnehmen können. Für dieses Siedlungsszenario wurde für das Siedlungsprojekt Reininghaus, in Absprache mit dem Stadtplanungsamt der Stadt Graz, eine Einwohnerkapazität bis 2030 von 16.000 Einwohnern angenommen. Dies entspricht über ein Drittel des Grazer Bevölkerungswachstums bis 2030.⁷²

Das zweitgrößte Siedlungsgebiet Smart City – Waagner Biro soll westlich vom Hauptbahnhof im Umfeld der Helmut-List-Halle entstehen. Auf einem 127.000m² großen Areal sollen, neben Büroflächen, Einkaufsmöglichkeiten, einer neuen Volks- und Mittelschule, Wohnungen für 3.500 Einwohner errichtet werden.⁷³

Der Wohnpark West soll das drittgrößte Siedlungsprojekt sein. Es liegt westlich des Grazer Hauptbahnhofs, zwischen den Siedlungsgebieten Reininghaus und Smart City - Waagner Biro. In einem Gespräch mit dem Stadtplanungsamt der Stadt Graz wurde angenommen, dass sich bis 2030 ca. 2.600 Neueinwohner ansiedeln werden.⁷⁴

Im Süd-Westen von Graz im Stadtteil Straßgang sollen mit den Siedlungsgebieten Green City Graz und Martinhofsiedlung zwei weitere große Siedlungsprojekte entstehen. Das Siedlungsgebiet von Green City Graz besitzt eine Fläche von 26.000m². Auf diesem Areal sollen in bis zu 11 Stockwerken hohen Häusern 2.000 Einwohner einziehen. Die Martinhofsiedlung

⁷² Vgl. (Rahmenplan Graz Reininghaus)

⁷³ Vgl. (<http://www.smartcitygraz.at/moretext,2017>)

⁷⁴ Vgl. (<http://www.stadtentwicklung.graz.at/cms/beitrag/10138385/2852837/,2017>)

liegt an der Straßganger Straße in der Nähe des „Schloss St. Martin“. In dieser Siedlung sollen 800 Wohnungen entstehen und bis zu 1.500 Personen sollen darin wohnen können.⁷⁵

Das bis jetzt letzte große Siedlungsprojekt im Grazer Westen ist das Siedlungsprojekt Brauquartier Puntigam. Die C&P Immobilien AG baut neben der Brauerei Puntigamer, auf einer 65.000m² großen Fläche, eine rund 1.000 Wohnungen umfassende Wohnanlage.⁷⁶

Auch kleinere Siedlungsprojekte wie der Wohnpark Gösting und der Wohnbau Triside wurden in das Siedlungsszenario mit einbezogen.⁷⁷

Die angenommenen Einwohner der Siedlungsprojekte wurden in weiterer Folge den Verkehrsbezirken zugeordnet, in denen die neuen Siedlungsprojekte liegen werden. Dadurch kann die Bevölkerung in diesem Szenario sehr lokal zugeordnet werden.

In den östlichen Stadtbezirken soll das restliche Drittel des Bevölkerungswachstums aufgenommen werden. Dieses Drittel wurde einerseits nach Baulandreserven und andererseits nach der Bevölkerungsprognose aufgeteilt. Aus diesen Zahlen wurde dann ein Mittelwert gebildet, der die Verteilung des Bevölkerungswachstums auf die Bezirke ergibt. Tabelle 19 zeigt das Bevölkerungswachstum im Grazer Osten mit der Bildung des Mittelwertes.

Bezirk	Name	Einwohner Graz 2016	BLR [m ²]	BW nach BLR [Ew]	BW nach BP [Ew]	Mittelwert [Ew]	Einwohner Graz 2030	Wachstum des Bezirkes [%]
1	Innere Stadt	3.967	1.045	3	241	122	4.089	2,98%
2	St. Leonhard	15.860	65.640	182	2.278	1.230	17.090	7,20%
3	Geidorf	24.560	451.470	1.249	2.727	1.988	26.548	7,49%
6	Jakomini	32.926	163.056	451	3.828	2.140	35.066	6,10%
7	Liebenau	13.549	1.096.963	3.034	1.455	2.244	15.793	14,21%
8	St. Peter	14.515	1.095.337	3.029	1.137	2.083	16.598	12,55%
9	Waltendorf	11.755	487.572	1.348	846	1.097	12.852	8,54%
10	Ries	5.743	391.728	1.083	438	760	6.503	11,69%
11	Mariatrost	9.483	641.289	1.774	644	1.209	10.692	11,31%
12	Andritz	19.076	987.133	2.730	1.288	2.009	21.085	9,53%
Grazer Osten		151.434	5.381.233	14.882	14.882	14.882	166.316	8,95%

Tabelle 19: Bevölkerungswachstum östlich der Mur

mit

BLR Baulandreserven

BP Bevölkerungsprognose

BW Bevölkerungswachstum

⁷⁵ Vgl. (<http://www.stadtentwicklung.graz.at/cms/ziel/4089392/DE/,2017>)

⁷⁶ Vgl. (<http://www.brauquartier-puntigam.at,2017>)

⁷⁷ Vgl. (<http://ponggratz.at/projekt/triside/,2017>)

Das Bevölkerungswachstum für die Umgebung von Graz wurde weiterhin rein nach den Bevölkerungsprognosen gebildet.

Vergleich der ersten drei Siedlungsszenarien:

Um die Unterschiede der drei Szenarien darzustellen, wurden die Bezirksbevölkerungszahlen miteinander verglichen. Zur besseren Darstellung dient Abbildung 20, welche die Zahlen als Balkendiagramm darstellt.

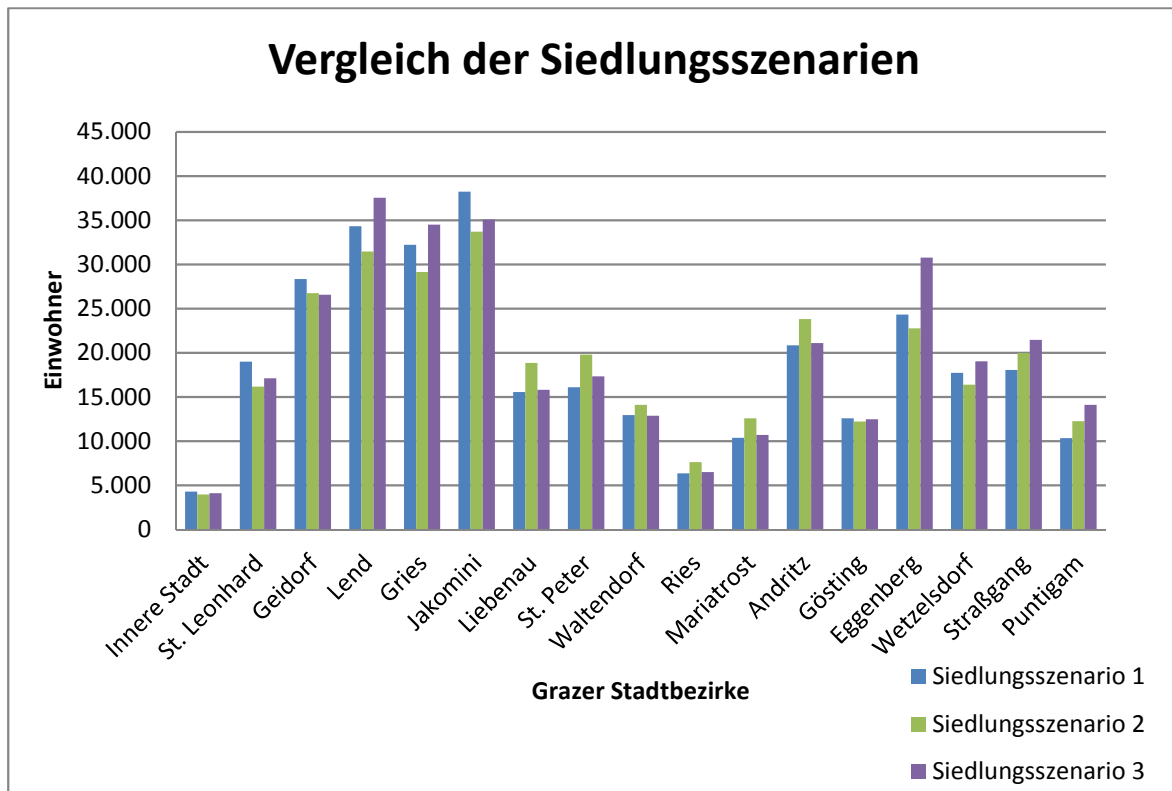


Abbildung 20: Vergleich der Siedlungsszenarien anhand der angenommenen Bevölkerung.

Dieses Diagramm zeigt, dass sich Bezirke wie die Innere Stadt und Gösting in der erwarteten Bevölkerung zwischen den Szenarien kaum unterscheiden. Im Gegensatz dazu unterscheidet sich Eggenberg zwischen Szenario 2 und 3 sehr stark, da sich das Siedlungsprojekt Reininghaus stark auf die Bezirksbevölkerung auswirkt. Die Bezirke Liebenau und St. Peter besitzen große Flächen an Baulandreserven, wodurch diese Bezirke in Szenario 2 stark wachsen. In Puntigam ist der prognostizierte Bevölkerungszuwachs, im Vergleich zur angenommenen Bevölkerung aus den Baulandreserven und den Siedlungsprojekten, am niedrigsten.

Siedlungsszenario 4 - Ansiedlung verteilt im Umland:

Gegensätzlich zu den ersten drei Siedlungsszenarien wurde hier angenommen, dass die Stadt Graz im Stadtgebiet nicht wächst und das Bevölkerungswachstum im Umland von Graz stattfindet. Diese Annahme basiert aufgrund des Effektes der Suburbanisierung. Um dies darzustellen, wurde in Graz für 2030 der Bevölkerungsstand von 2016 angenommen. Das erwartete Bevölkerungswachstum von 43.672 Einwohnern wurde daher dem Bezirk Graz-Umgebung zugeordnet. 2016 leben laut Prognose 146.892 Menschen in Graz-Umgebung. Bis 2030 soll die Bevölkerungszahl auf 158.919 Personen im Bezirk anwachsen. Das ergibt ein Wachstum von 8 Prozent. Sollten sich 43.672 Stadtbewohner zusätzlich in Graz-Umgebung ansiedeln, wäre das ein Wachstum um weitere 27,5 Prozent. Die Summe der Bevölkerung in Graz-Umgebung würde dann 202.590 Einwohner betragen. Da das erwartete Bevölkerungswachstum laut Prognose in jeder Gemeinde unterschiedlich ist, wurde dieser Aspekt in der Verteilung der 43.672 zusätzlichen Stadtbewohner berücksichtigt. Abbildung 21 zeigt den Ablauf der Verteilung der zusätzlichen Einwohner.

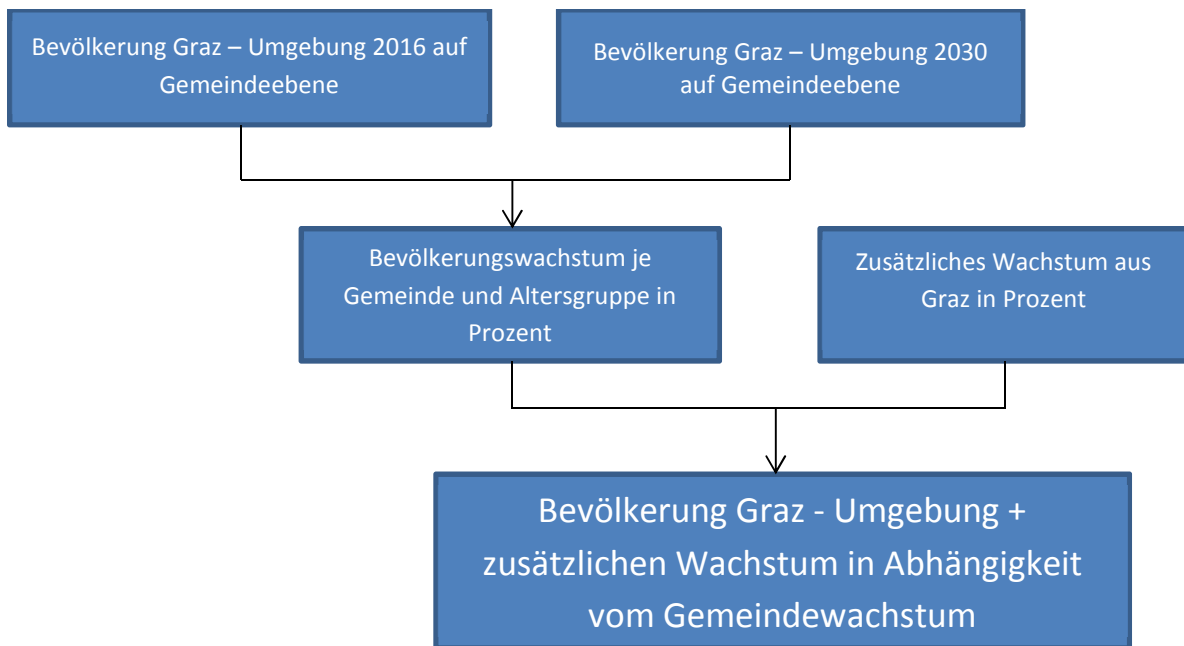


Abbildung 21: Verteilung der Einwohner nach dem Gemeindegewachstum.

Zuerst wurde aus der „Gemeindebevölkerungsprognose Winter 2015/2016“ die altersabhängige Gemeindebevölkerung für alle Gemeinden in Graz - Umgebung für das Jahr 2016 und 2030 entnommen. Aus diesen Daten wurde das Bevölkerungswachstum für jede Altersgruppe in der jeweiligen Gemeinde berechnet. Das Ergebnis davon ist eine im digitalen Anhang enthaltene Tabelle, die für jede Gemeinde in Graz – Umgebung das Bevölkerungswachstum für jede Altersgruppe in Prozent angibt. In weiterer Folge wurden die 27,5 Prozent aus dem zusätzlichen Bevölkerungswachstum dem Gemeindegewachstum zugerechnet. Dadurch wurden die 43.672 Einwohner alters- und gemeindegewachstumsabhängig aufgeteilt.

Ansiedlungsszenario 5 - Nach RVK:

Auch in diesem Szenario soll der Bevölkerungszuwachs in Graz-Umgebung aufgrund von Suburbanisierung angesiedelt werden, jedoch werden in diesem Szenario die vorrangigen Siedlungsentwicklungen des Regionalen Verkehrskonzepts Graz Graz-Umgebung berücksichtigt. Hierbei wird eine ÖV-verträgliche Ansiedlung in den Nahbereichen von S-Bahn-Haltestellen und im Einzugsbereich von ÖV-Hauptlinien angestrebt. Somit wird wieder in Graz der Bevölkerungsstand von 2016 angenommen. In den übrigen Regionen gelten wie bisher die Gemeindebevölkerungsprognose und die ÖROK-Regionalprognose. Zusätzlich dazu werden 70 Prozent der 43.672 Einwohner in Gemeinden angesiedelt, die eine Luftliniendistanz von weniger als 2 Kilometern zwischen dem Ortskern und einer S-Bahn-Haltestelle aufweisen. Die restlichen 30 Prozent werden von den übrigen Gemeinden in Graz – Umgebung aufgenommen. Tabelle 20 stellt die Bevölkerungszahlen dar und zeigt das durchschnittliche Wachstum der Gemeinden.

	Aufteilung	Zusätzliches Wachstum [Ew]	Einwohner 2030 laut Prognose	Einwohner lt. Prog. + zusätzlichen Zuwachs. [Ew]	Durchschnittliches Wachstum der Gemeinden
Gemeinden mit Distanz Luftlinie < 2km	70%	30.570	79.951	110.521	38%
Restliche Gemeinden	30%	13.101	78.968	92.069	17%
Summe	100%	43.672	158.919	202.591	27,5%

Tabelle 20: Aufteilung des erwarteten Bevölkerungswachstums

Die Tabelle zeigt das Ergebnis, wenn 70% des Grazer Bevölkerungswachstums (30.570 Personen) in Gemeinden im Nahbereich von S-Bahn-Haltestellen angenommen werden. Im Nahbereich der S-Bahn-Haltestellen liegen 17 der 57 Gemeinden und wachsen daher durchschnittlich um 38 % bis zum Jahr 2030. Die restlichen 40 Gemeinden, die weiter als 2 Kilometer von den S-Bahn-Haltestellen entfernt sind, sollen 30% des Bevölkerungswachstums (13.101 Personen) aufnehmen. Dies bewirkt ein durchschnittliches Gesamtwachstum dieser Gemeinden um 17 Prozent bis 2030.

6.2 Aufbereitung der Strukturdaten

6.2.1 Arbeitsplatzpotenziale

Um das Arbeitsplatzpotenzial für das Jahr 2030 zu ermitteln, wurde die Arbeitsplatzprognose des Arbeitsmarktservice (AMS) herangezogen. Dieser Prognose wurden die Wachstumswahlen für die gesamte Steiermark entnommen, da eine Aufschlüsselung der Zahlen auf die Bezirke nicht zur Verfügung stand. Tabelle 21 zeigt die Entwicklung der Arbeitsplatzzahlen zwischen 2016 bis 2030.

Jahr	2008	2011	2016	2020	2025	2030
Arbeitsort Steiermark	455.594	461.778	481.235	494.654	511.737	531.588

Tabelle 21: Arbeitsplätze am Arbeitsort⁷⁸

In der ursprünglichen Version des Verkehrsmodells waren die Arbeitsplatzzahlen von 2008 hinterlegt. Aus diesem Grund wurde in der nachfolgenden Berechnung das Arbeitsplatzwachstum für die Steiermark zwischen 2008 und 2030 ermittelt.

$$\frac{AP_{2030}[AP]}{AP_{2008}[AP]} = APW [\%] \quad (17)$$

$$\frac{531588}{455594} = 1,1668 \quad (18)$$

mit

AP_{2030} erwartete Arbeitsplätze in der Steiermark nach Arbeitsort im Jahr 2030

AP_{2008} Arbeitsplätze in der Steiermark nach Arbeitsort im Jahr 2008

APW Arbeitsplatzwachstum zwischen 2008 und 2030

Es wird erwartet, dass die Anzahl der steirischen Arbeitsplätze von 2008 bis 2030 um 16,68 % wächst.

Da in dieser Arbeit der Schwerpunkt auf den Bezirken Graz und Graz Umgebung liegt, wurden für die Aufteilung der zusätzlichen Arbeitsplätze, folgende Annahmen in den Bezirken getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass in Graz weiterhin ein Arbeitsplatzüberhang im Vergleich zu den umliegenden Bezirken besteht und Graz ein überdurchschnittliches Wachstum an Arbeitsplätzen besitzt. Die Bezirke Hartberg-Fürstenfeld und Südoststeiermark sind sehr ländliche Bezirke. Aus diesem Grund wird angenommen, dass das Arbeitsplatzwachstum stagnierend ist. In den Bezirken Deutschlandsberg, Leibnitz, Voitsberg und Weiz wird ein moderates Arbeitsplatzwachstum von 10 Prozent angenommen. Dem Bezirk Graz Umgebung wurde aufgrund seiner Stadtnähe ein überdurchschnittliches Arbeitsplatzwachstum von 18 Prozent zugeordnet. In Tabelle 22 werden die Steigerungen von 2008 auf 2030 in absoluten Arbeitsplatzzahlen dargestellt.

Bezirke	2008	2030	Wachstum in Prozent
Graz (Stadt)	146.880	182.654	24,4%
Deutschlandsberg	15.749	17.323	10%
Graz Umgebung	44.815	52.881	18%
Leibnitz	16.416	18.057	10%
Voitsberg	11.225	12.347	10%
Weiz	25.014	27.515	10%
Hartberg-Fürstenfeld	23.309	23.309	0%
Südoststeiermark	20.434	20.434	0%
Summe	303.842	354.523	16,7%

Tabelle 22: Arbeitsplatzzahlen von 2008 und mögliche Arbeitsplatzzahlen von 2030⁷⁹

⁷⁸ [Quelle] AMS Steiermark

⁷⁹ [Datengrundlage] AMS Steiermark

6.2.2 Schulplätze

Weil im Siedlungsszenario 3 genauer auf die geplanten Siedlungsgebiete im Grazer Westen eingegangen wird, waren in diesem Siedlungsszenario die Schulplätze anzupassen. Dazu wurden die geplanten zusätzlichen Klassenanzahlen mit einer Standardklassengröße von 25 Schülern pro Klasse multipliziert. Diese Schülerzahlen wurden dann den entsprechenden Verkehrszellen zugeordnet und zu den bestehenden Kapazitäten addiert. Die Tabelle 23 zeigt die Schulklassen, die daraus gerechneten Schulplätze und die zugeordneten Verkehrszellen.

Schulklassen	Strukturgröße	Verkehrszelle	Siedlungsgebiet
16 Klassen Volksschule 34 Klassen Allgemeine Höhere Schule	400 Grundschulplätze 850 Schulplätze	1361	Reininghaus
16 Klassen Volksschule 16 Klassen Neue Mittelschule	400 Grundschulplätze 400 Schulplätze	1851	Smart-City
Volksschule Straßgang wird von 8 auf 12 Klassen erweitert	100 zusätzliche Grundschulplätze	1824	Green City

Tabelle 23: Erwartete Schulplätze im Nahbereich der Siedlungsgebiete⁸⁰

6.2.3 Einkaufsmöglichkeiten

Das Potential für Einkaufen wird in Visum durch die Verkaufsfläche angegeben. Die erhobenen Verkaufsflächen wurden den Verkehrsbezirken zugeordnet. Die Tabelle 24 zeigt die Zuordnung der Verkaufsflächen zu den Verkehrsbezirken.

Siedlungsprojekte	Einwohner	Verkaufsfläche für Geschäfte [m ²]	Verkehrszelle	Verkaufsfläche in der Verkehrszelle [m ²]
Reininghaus	16.000	70.000m ²	1363	40.000
			1361	12.500
			1871	12.500
			1854	5.000
Smart City	3.500	9.300m ²	1851	9.300
Wohnpark West	2.600	10.300m ²	1342	10.300
Green City Graz	2.000	7.000m ²	1473	7.000
Brauquartier	1.840	5.000m ²	1924	2.500
			1925	2.500

Tabelle 24: Aufteilung der Verkaufsflächen auf die Bezirke⁸¹

⁸⁰ [Datengrundlage] Stadtplanungsamt Graz

⁸¹ [Datengrundlage] Stadtplanungsamt Graz

6.2.4 Freizeitmöglichkeiten

Um das Freizeitpotenzial für die geplanten Siedlungsgebiete zu ermitteln, wurden ähnliche Siedlungsstrukturen herangezogen und diese für die Siedlungsstrukturen in Reininghaus, Smart City, Wohnpark West, Green City Graz und Brauquartier Puntigam verwendet. Die Terrassenhaussiedlung in St. Peter ist ein vergleichbares Siedlungsprojekt und besitzt ein Freizeitpotenzial von 4.000. Kleinere Verkehrszellen mit Siedlungen beinhalten meist einen Wert von 2.000. Da Reininghaus aus 4 Verkehrsbezirken besteht und ein besonders großes Siedlungsprojekt ist, wurde hier jeder Zelle ein Freizeitpotenzial zugeordnet. Insgesamt beinhaltet das Gebiet Reininghaus somit ein Freizeitpotenzial von 6.450.

6.3 Definition der Prognosereferenz- bzw. Maßnahmenplanfälle

In diesem Abschnitt sollen dem Leser die einzelnen Prognosereferenz - Maßnahmenplanfälle und daher auch die Projektstruktur nähergebracht werden. Die Benennung der Projektfälle erfolgte nach der RVS 02.01.11. Der Ausgangspunkt des Verkehrsmodells beinhaltet Strukturdaten, die aus dem Jahr 2008 sind. Aus dieser Grundlage wurde der Basisfall entwickelt, der die Bevölkerungsdaten und den ÖV-Fahrplan auf den Stand von 2016 bringt und dadurch den aktuellen Ist-Stand wiedergeben soll. Im Basisfall wurde der öffentliche Verkehr mittels Zählraten kalibriert, um die Realität möglichst gut zu modellieren. Der Basisfall bildet die Grundlage für die Prognosereferenz- und Maßnahmenplanfälle. Aufbauend auf den Basisfall und den erhobenen Daten wurden 6 Prognosereferenzfälle und 4 Maßnahmenplanfälle entwickelt. Die in Tabelle 25 angegebenen Prognosereferenz- und Maßnahmenplanfälle werden nun in diesem Abschnitt genau erklärt. Die Prognosereferenzfälle, welche mit einem „o“ bezeichnet sind, beinhalten keine Anpassung der Strukturdaten auf das Jahr 2030. Im Gegensatz dazu beinhalten die Prognosereferenzfälle, welche mit einem „m“ bezeichnet sind, angepasste Strukturdaten für das Jahr 2030.

Projektfälle	Abkürzung	Bevölkerungsdaten	Fahrplan	Siedlungsszenario	Arbeitsplätze	Schulplätze	Einkaufsmöglichkeiten	Freizeitmöglichkeiten	ÖV-Variante
Basisfall	BF	2016	2016						
Prognosereferenzfall 1o	PRF 1o	2030	2016	1					
Prognosereferenzfall 2o	PRF 2o	2030	2016	2					
Prognosereferenzfall 3o	PRF 3o	2030	2016	3					
Prognosereferenzfall 1m	PRF 1m	2030	2016	1	x				
Prognosereferenzfall 2m	PRF 2m	2030	2016	2	x				
Prognosereferenzfall 3m	PRF 3m	2030	2016	3	x	x	x	x	
Maßnahmenplanfall 1a	MPF 1a	2030	2030	3	x	x	x	x	1
Maßnahmenplanfall 1b	MPF 1b	2030	2030	3	x	x	x	x	3
Maßnahmenplanfall 2	MPF 2	2030	2016	4	x	x	x	x	3
Maßnahmenplanfall 3	MPF 3	2030	2016	5	x	x	x	x	3

Tabelle 25: Überblick der Projektfälle X = mit den jeweiligen Strukturdaten

6.3.1 Basisfall

Bevölkerung:

Der Basisfall beinhaltet die Bevölkerung nach den Bevölkerungsprognosen von 2016. Für Graz wurde daher die „Bevölkerungsprognose 2015-2034 für die Landeshauptstadt Graz“ verwendet und für Graz Umgebung und die restlichen Bezirke im Untersuchungsraum wurden die „Gemeindebevölkerungsprognose Winter 2015/2016“ und die „ÖROK-Regionalprognose 2014-2030“ verwendet. Da die Grazer Bevölkerungsprognose sowohl eine Alterseinteilung als auch eine Bezirksaufteilung besitzt, mussten keine Anpassungen an den Daten vorgenommen werden. Bei der Gemeindebevölkerungsprognose wurde lediglich die Gesamtbevölkerung pro Gemeinde für jedes Jahr prognostiziert. Daher musste die Regionalprognose, die die Altersverteilung auf Bezirksebene beinhaltet, herangezogen werden. Somit wurde vorläufig die Altersverteilung des Bezirks auch in den einzelnen Gemeinden angenommen. Ein weiteres Problem mit der Gemeindebevölkerungsprognose war, dass durch die Gemeindestrukturereform im Jahr 2015 die steirischen Gemeinden von 542 auf 287 reduziert wurden. Da die Umrechnung von Altersgruppen zu Personengruppen mit 542 Gemeinden arbeitet musste die Bevölkerung auf die Altgemeinden umgerechnet werden. Um dies zu

ermöglichen, wurde angenommen, dass sich die Bevölkerungsverhältnisse zwischen den Gemeinden, die zusammengelegt wurden, nicht verändert haben. Da in den Gemeindebevölkerungsdaten von 2008 noch Altersverteilungen auf Gemeindeebene vorhanden waren, wurden aus diesen Korrekturfaktoren herausgerechnet. Der Korrekturfaktor gibt das Verhältnis von Personen einer Altersgruppe in einer Gemeinde zu Personen derselben Altersgruppe im Bezirk an. Daher konnte ermittelt werden, ob 2008 in einer Gemeinde über- oder unterdurchschnittlich viele Personen einer Altersgruppe im Vergleich zum Bezirk vorhanden waren. Diese Korrekturfaktoren wurden daraufhin mit der Gemeindebevölkerung von 2016 multipliziert. Mit diesen Anpassungen konnten aus den Gemeindedaten die Personengruppenberechnungen angewendet werden.

Zur besseren Darstellung zeigt die Abbildung 22 die Anpassung der Bevölkerungsdaten an die alte Gemeindestruktur und die Ermittlung der Altersverteilung auf Gemeindeebene.

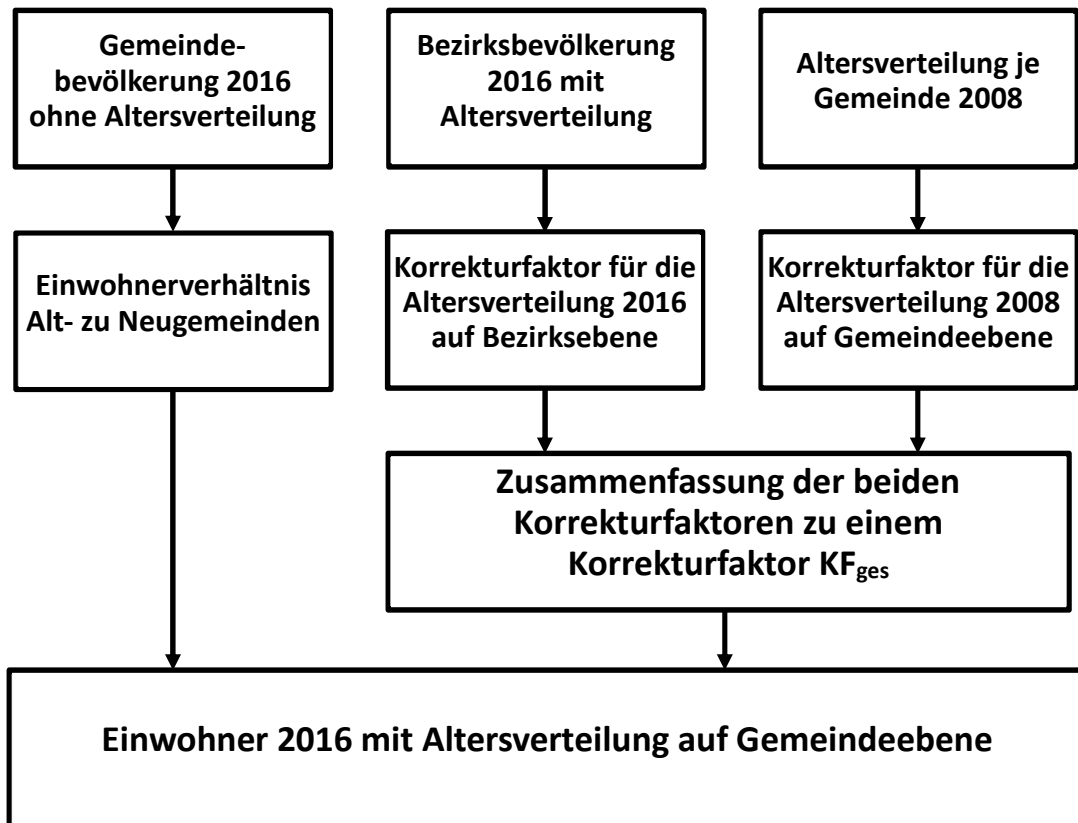


Abbildung 22: Anpassung der Bevölkerungsdaten von 2016 an die alte Gemeindestruktur

Fahrplan 2016:

Die Fahrplandaten wurden vom Steirischen Verkehrsverbund zur Verfügung gestellt. Die Daten beinhalten alle Verkehrslinien, Linienverläufe, Fahrplandaten und Haltestellen. Diese Daten wurden in weiterer Folge bearbeitet und in das Verkehrsmodell implementiert und überprüft.

Kalibrierung:

Um das Verkehrsmodell zu kalibrieren, wurde der Basisfall mit ÖV-Beförderungszahlen, IV-Zählwerten, einer Modal Split Analyse und einer Reiseweiten Analyse verglichen. Bei großen Abweichungen zwischen den Zählwerten und den Modellwerten wurden Faktoren wie Zugangszeiten, Anbindungen, Abbiegewiderstände und Streckenkapazitäten angepasst. Die Abbildung 23 soll die Vorgangsweise der Kalibrierung als Flowchart darstellen.

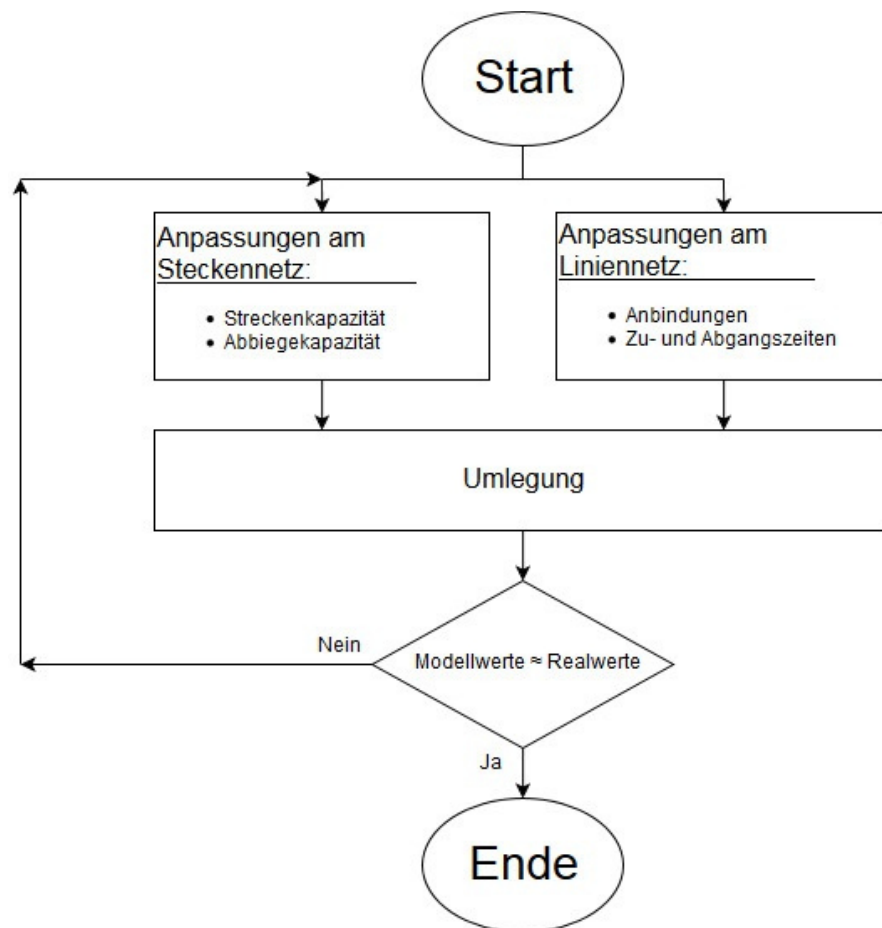


Abbildung 23: Ablaufplan der Kalibrierung

Modal Split:

In der Mobilitätserhebung der Grazer Wohnbevölkerung von 2013 hat die Stadt Graz eine Modal Split Analyse durchgeführt. Dabei wurde die Anzahl der zurückgelegten Wege je Verkehrsmittel erhoben. Diese Anzahl wurde dann mit der Gesamtheit aller zurückgelegten Wege verglichen und somit der Anteil eines Verkehrsmittels am Gesamtverkehr berechnet. In der Abbildung 24 wurde der Modal Split des Verkehrsmodells dem Modal Split der Mobilitätserhebung gegenübergestellt.

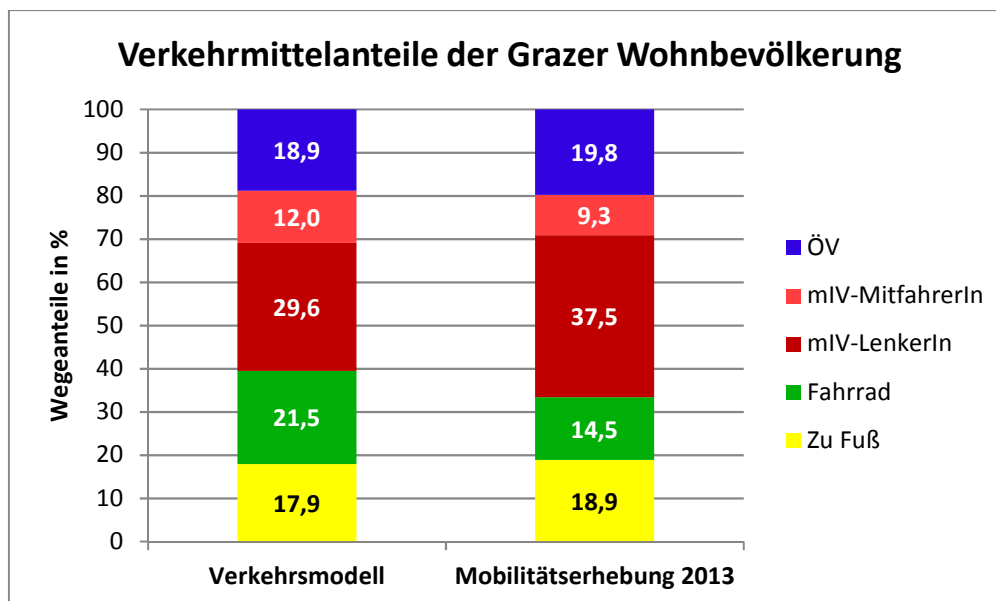


Abbildung 24: Vergleich des Modal Split zwischen dem Verkehrsmodell und der Mobilitätserhebung⁸²

Aus diesem Vergleich wird ersichtlich, dass sich der Fuß- und öffentliche Verkehr zwischen dem Verkehrsmodell und der Erhebung um 1 Prozent unterscheiden. Dadurch ist das Verkehrsmodell bei diesen zwei Verkehrsarten gut kalibriert. Der Radverkehr ist im Verkehrsmodell um 7 Prozent höher als in der Befragung und somit ist das Rad im Verkehrsaufteilungsmodell mit einem zu geringen Widerstand belegt. Weiters sind die Pkw-Mitfahrer um 2,7 Prozent stärker vertreten als in der Befragung. Die Pkw-Lenker sind im Verkehrsmodell um 7,9 Prozent geringer vertreten als in der Erhebung. Der Grund für den geringeren mIV – Anteil und dem höheren Radanteil liegt darin, dass im Modal Split des Verkehrsmodells der Binnenverkehr von Graz betrachtet wurde und dadurch keine Pendelfahrten nach GU und zurück enthalten sind. Im Gesamten gesehen ist der Modal-Split des Verkehrsmodells im Verhältnis zum Zeitaufwand dieser Arbeit gut kalibriert und bedarf keiner weiteren Anpassung.

Kalibrierung der Fahrgastzahlen:

Die erhaltenen Einsteigerzahlen für die Straßenbahnen, S-Bahn-Linien und Buslinien wurden mit den Linienbeförderungen aus dem Modell verglichen. Die Nutzenfunktion ist verantwortlich für die Verkehrsmittelwahl. Ein wesentlicher Bestandteil der ÖV Nutzenfunktion sind die Zu- und Abgangszeiten der einzelnen Bezirke zu den Haltestellen. Aus diesem Grund wurden die Zu- und Abgangszeiten so verändert, dass die errechneten Linienbeförderungen die Einsteiger der Erhebung erreichen. Bei Verkehrszellen mit langen Anbindungen an die Haltestellen wurde die Zu- und Abgangszeit erhöht. Weiters wurden in Graz unrealistische und besonders lange ÖV-Anbindungen gelöscht. Abbildung 25 zeigt die Zu- und Abgangszeiten in Graz vor und nach der Kalibrierung.

⁸² [Datengrundlage] Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung, 2013

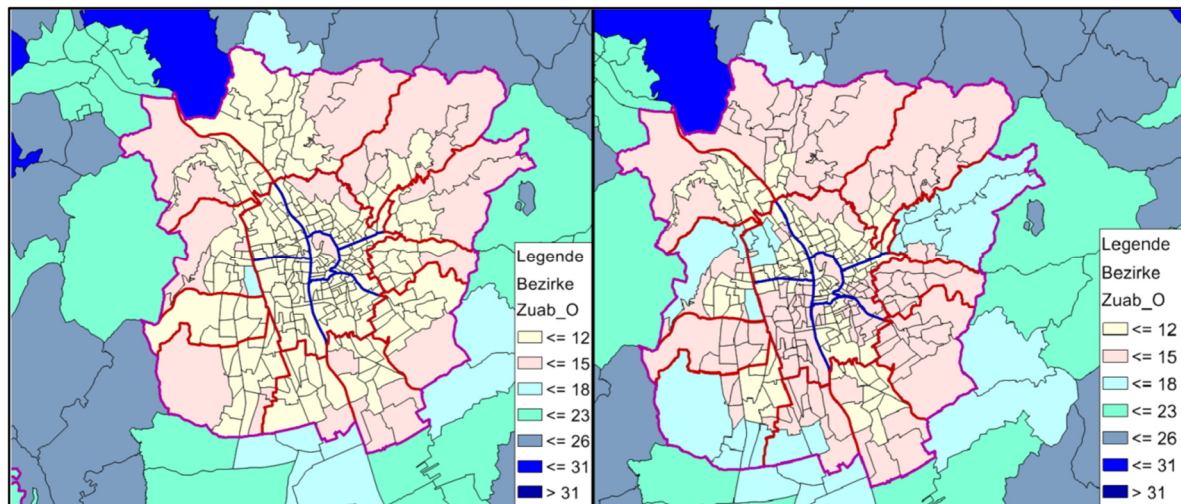


Abbildung 25: Unkalibrierte Zugangszeiten (links), Kalibrierte Zugangszeiten (rechts)

Nach mehrfachen Anpassungen und Umlagungen wurde eine Abweichung von unter 16 Prozent zwischen dem Modellwert und Zählwert in Ausnahme eines Ausreißers zur Kenntnis genommen. Die ausreißende Verkehrslinie ist die S-Bahn-Linie S11 der Übelbachbahn, sie ist eine Linie mit geringerer Bedeutung für den Verkehr in Graz. Hier liegen die Linienbeförderungen um 40 Prozent unter den erhobenen Einsteigern. Die Tabelle 26 stellt die Ergebnisse der Kalibrierung, bestehend aus Linienbeförderungen im Verkehrsmodell, Einsteiger der Erhebung und der verbleibenden Abweichung zwischen den Werten dar.

Linie	Linienbeförderungen GUARD	Einsteiger Erhebung [2015]	Abweichung
1	23.942	23.692	-1%
3	18.568	16.025	-16%
4	21.795	24.112	10%
5	27.806	25.238	-10%
6	25.412	24.302	-5%
7	40.242	42.535	5%
S1	8.713	9.252	6%
S11	411	690	40%
S3	8.793	9.707	9%
S31	1.602	1.600	0%
S5	10.952	12.532	13%
S51	518	589	12%
S6	3.303	3.148	-5%
S61	2.867	3.296	13%
S7	4.352	4.710	8%
32	10.556	10.821	-2%
40	12.198	13.729	-11%
53	7.408	7.732	-4%
58	8.804	9.139	-4%

Tabelle 26: Vergleich der Linienbeförderungen mit den erhobenen Einsteigern

Kalibrierung der Streckenbelastung:

Durch die erhobenen Zählzeiten der Fahrbahndetektoren sollen die Verkehrsströme an den Stadtein- und Ausfahrten mit den Ergebnissen des Basisfalls kontrolliert werden. Die Detektorendaten wurden am 06.06.2016 aufgenommen und besagen, wie viele Fahrzeuge den Messquerschnitt in der jeweiligen Stunde passiert haben. Zur Kalibrierung wurden 19 Zählwerte mit den Streckenbelastungen verglichen. Die Knotenwiderstände wurden dabei so lange geändert, bis die gemessenen Detektorwerte möglichst nahe an den berechneten Streckenbelastungen liegen. Das Ergebnis dieser Kalibrierung war, dass nur mehr eine der 19 Strecken bei der Streckenbelastung eine Abweichung zum Zählwert von über 50 Prozent aufweist. Drei der Strecken besitzen eine Abweichung zwischen 20 und 50 Prozent zu den Zählwerten. Bei 5 Strecken liegt die Abweichung zwischen 10 und 20 Prozent. Alle weiteren Strecken besitzen eine Abweichung von unter 10 Prozent zum Messwert. Die Ergebnisse werden in der nachfolgenden Tabelle 27 dargestellt.

Strecke	Fahrtrichtung	Zählstellennummer	Modellwert Kfz/24h werktags	Zählwert Kfz/24h werktags	Abweichung
Wiener Straße	Stadteinwärts	101	15.678	16.509	5%
Wiener Straße	Stadtauswärts	101	16.448	19.551	16%
Triester Straße	Stadteinwärts	108	12.645	13.079	3%
Triester Straße	Stadtauswärts	108	12.964	12.573	-3%
Triester Straße	Stadteinwärts	131	9.248	9.063	-2%
Triester Straße	Stadtauswärts	131	9.197	10.638	14%
Weinzöttlstraße	Stadteinwärts	201	11.811	10.985	-8%
Weinzöttlstraße	Stadtauswärts	201	10.562	10.951	4%
Andritzer Reichstraße	Stadtauswärts	204	6.913	8.147	15%
Elisabethstraße	Stadteinwärts	209	7.599	7.253	-5%
Elisabethstraße	Stadtauswärts	209	8.705	9.398	7%
Riesstraße	Stadtauswärts	210	10.714	10.883	2%
Plüddemanngasse	Stadteinwärts	216	7.761	12.006	35%
Plüddemanngasse	Stadtauswärts	216	6.231	12.890	52%
St. Peter Hauptstraße	Stadteinwärts	217	7.094	13.031	46%
Liebenauer Hauptstraße	Stadteinwärts	218	7.251	9.046	20%
Liebenauer Hauptstraße	Stadtauswärts	218	5.937	8.138	27%
Mariatroster Straße	Stadteinwärts	225	8.129	8.812	8%
Mariatroster Straße	Stadtauswärts	225	8.192	9.606	15%

Tabelle 27: Vergleich der Streckenbelastungen mit den Zählwerten

Ergänzend dazu zeigt Abbildung 26 die Lage der Streckendetektoren auf einer Übersichtskarte von Graz. Die hervorgehobenen Zählstellennummern zeigen die verwendeten Detektoren an.

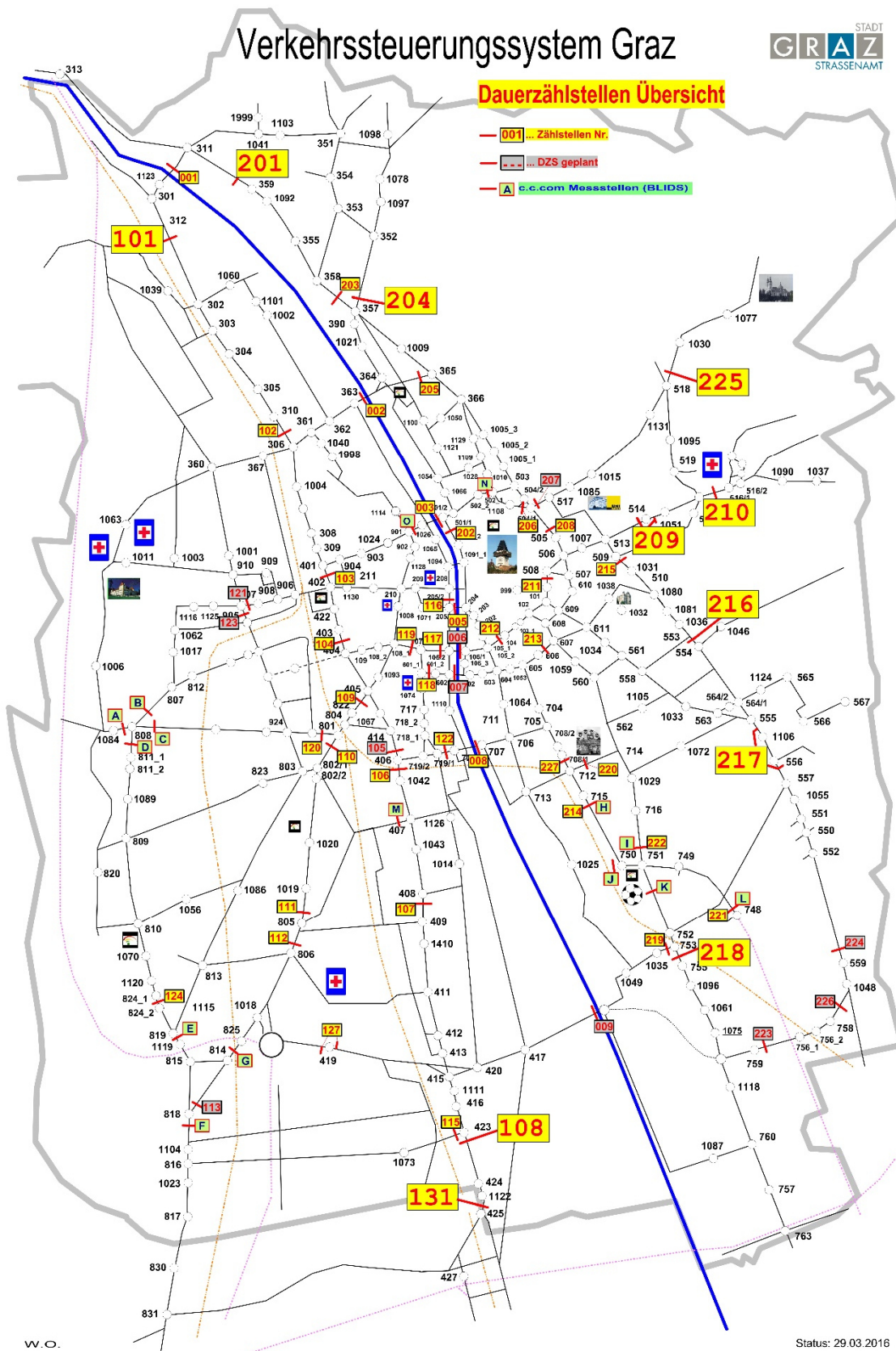


Abbildung 26: Lage der Fahrbahndetektoren⁸³

⁸³ [Quelle] Referat für Verkehrssteuerung und Straßenbeleuchtung der Stadt Graz

Reiseweite:

Die Reiseweite ist der vierte Vergleich des Modells mit der Realität. Sie gibt die durchschnittliche Länge an, die mit einem Verkehrsmittel zurückgelegt wird. Die Reiseweite im Verkehrsmodell wurde für die Verkehrsmodi Fuß, Rad, Pkw und ÖV ermittelt. In der Mobilitätsbefragung der Grazer Wohnbevölkerung von 2013 wurden neben dem Modal Split auch Reiseweiten in der Befragung erhoben. Die Reiseweiten aus dem Modell und dem Bericht wurden in der Abbildung 27 gegenübergestellt.

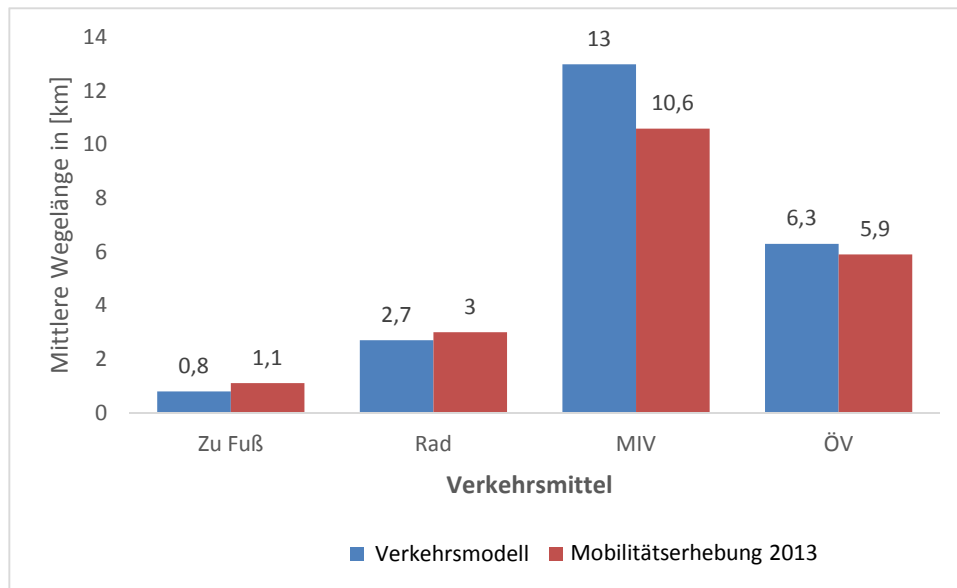


Abbildung 27: Mittlere Wegelänge der Verkehrsmodi⁸⁴

Im Fuß- und Radverkehr liegt die Reiseweite des Verkehrsmodells um 0,3 Kilometer unter dem Befragungswert. Die Reiseweite im öffentlichen Verkehr liegt um 0,4 Kilometer über dem Befragungswert. Somit ist das Modell für diese beiden Modi gut kalibriert. Die Wegelänge des motorisierten Individualverkehrs ist mit 13 Kilometer um 2,4 Kilometer über dem Befragungswert. Mit einer Abweichung von 19 % ist die Qualität der Kalibrierung als gut einzustufen. Es ist aber anzumerken, dass die Daten der Erhebung aus dem Jahr 2013 stammen. Aus diesem Grund ist anzunehmen, dass die tatsächliche Wegelänge des mIV 2017 über den 10,6 Kilometern liegt.

6.3.2 Prognosereferenzfälle

Bevölkerung:

Aufbauend auf den Basisfall wurden 6 Prognosereferenzfälle erstellt. Diese Prognosereferenzfälle unterscheiden sich einerseits in den unterschiedlichen Siedlungsszenarien und andererseits in den Strukturdaten. Bei den Siedlungsszenarien werden die ersten drei Szenarien gewählt, da diese von einem Bevölkerungswachstum in Graz

⁸⁴ [Datengrundlage] Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung, 2013

ausgehen. Die ersten drei Prognosereferenzfälle beinhalten keine Strukturdaten und werden mit einem o für „ohne prognostizierte Strukturdaten“ bezeichnet. Prognosereferenzfall 1o, Prognosereferenzfall 2o und Prognosereferenzfall 3o unterscheiden sich daher vom Basisfall rein durch die Bevölkerung. Prognosereferenzfall 1o beinhaltet das „Siedlungsszenario 1 Prognose“, Prognosereferenzfall 2o das „Siedlungsszenario 2 Baulandreserven“ und Prognosereferenzfall 3o verwendet das „Siedlungsszenario 3 Siedlungsprojekte“. Im nächsten Schritt wurden in diesen drei Prognosereferenzfällen die Strukturgrößen aktualisiert. Damit der Einfluss der Bevölkerungsszenarien ersichtlich bleibt, wurden die drei Prognosereferenzfälle nicht überschrieben und es wurden drei weitere Prognosereferenzfälle erstellt. Die drei neuen Prognosereferenzfälle wurden mit einem m im Namen bezeichnet, welches für „mit prognostizierte Strukturdaten“ steht. In Prognosereferenzfall 1m und 2m wurden die Arbeitsplätze angepasst. In Prognosereferenzfall 3m wurden durch die genaue Aufteilung der Bevölkerung neben den Arbeitsplätzen die Schulplätze, Einkaufsmöglichkeiten und Freizeitmöglichkeiten angepasst. Damit ist der Prognosereferenzfall 3m der detaillierteste Prognosereferenzfall dieser Arbeit. In der Tabelle 25 im Teil Definition der Planfälle ist zu sehen, in welchem Prognosereferenzfall welches Siedlungsszenario verwendet wurde und welche Strukturgrößen angepasst wurden. Bei allen sechs Prognosereferenzfällen mussten die Bevölkerungsprognosen der Gemeinden außerhalb von Graz wie im Basisfall auf die alte Gemeindestruktur sowie die Altersverteilung angepasst werden. Als einziger Unterschied wurde statt der Gesamtbevölkerung der Gemeinden von 2016 die Gesamtbevölkerung von 2030 verwendet.

6.3.3 Maßnahmenplanfälle

Maßnahmenplanfall 1a und Maßnahmenplanfall 1b bauen auf den Prognosereferenzfall 3m auf. Dies bedeutet, dass das Ansiedlungsszenario 3 verwendet wurde. Somit sind 2/3 des Bevölkerungswachstums den Siedlungsgebieten in den westlichen Stadtteilen zugeteilt. Neben den Bevölkerungszahlen wurden in diesen Fällen die Arbeitsplatzzahlen, Schulplätze, Einkaufs- und Freizeitmöglichkeiten in den Siedlungsgebieten angepasst.

Da die Stadt Graz davon ausgeht, dass dies ein wahrscheinliches Ansiedlungsszenario ist und auch die „Modellrechnung Graz-West“ in Auftrag gegeben hat, welche Variantenstudien mit neuen öffentlichen Verkehrslinien im Grazer Westen und deren Wirkung auf die Fahrgastzahlen durchführt, wurden in diesen Maßnahmenplanfällen zwei der drei ÖV-Varianten aus der „Modellrechnung Graz-West“ entnommen und in das Verkehrsmodell eingegeben. Dabei wurde für den Maßnahmenplanfall 1a die „Variante 2030A“ gewählt, da sie die neue Südwest-Straßenbahnlinie beinhaltet und die Buslinien an das neue Straßenbahnnetz anpasst. Maßnahmenplanfall 1b behandelt die „Variante 2030D“, in der keine Südwest-Straßenbahnlinie geplant ist und die Buslinie 31 das Verkehrsaufkommen aus dem Grazer Südwesten aufnehmen soll. „Variante 2030B“ wurde in dieser Masterarbeit nicht behandelt, da sie in der „Modellrechnung Graz-West“ die schlechtesten Fahrgastzahlen aufweist. Die „Variante 2030B“ beinhaltet ebenfalls die Südwest-Straßenbahnlinie, jedoch wird die Netzstruktur der Buslinien beibehalten.

Maßnahmenplanfall 1a:

Die „Variante 2030A“ beinhaltet Änderungen am bestehenden Netz an 6 Straßenbahnlinien und 6 Buslinien, wovon drei Buslinien Tangentiallinien (62, 65, 65E) sind. Abbildung 28 zeigt die Linienübersicht der Variante 2030A.

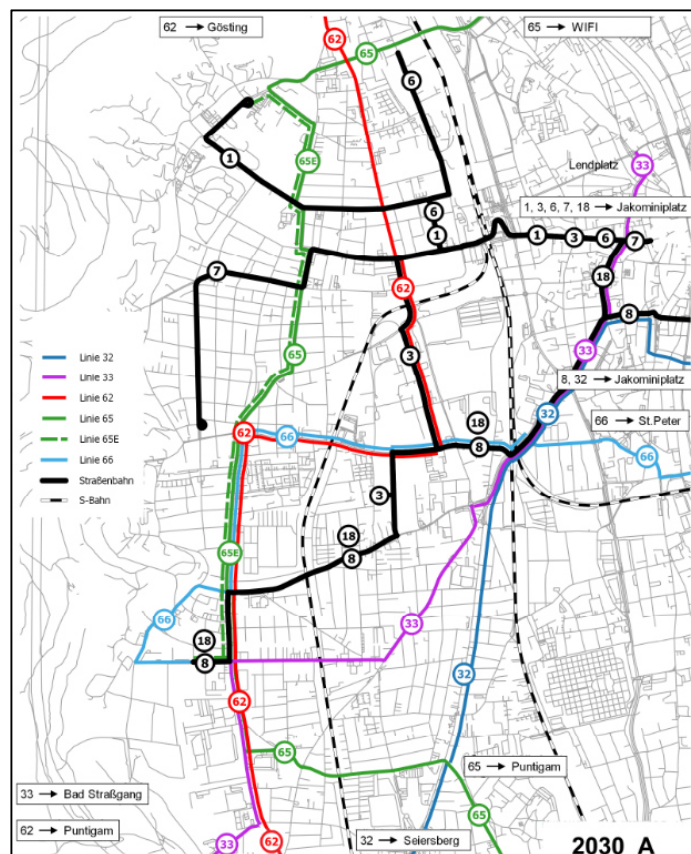


Abbildung 28: Linienübersicht im Grazer Westen von der Variante 2030A⁸⁵

Linie 1,3,6,7,8 & 18 sind Straßenbahnlinien, wobei Linie 1 und 7 schon in dieser Form vorhanden sind. Linie 3 und 6 sind ebenfalls bestehende Linien, sollen jedoch verlängert werden. Linie 3 soll in dieser Variante bis zur Hummelkaserne führen und dabei das neue Siedlungsgebiet Reininghaus durchfahren. Linie 6 soll in Richtung Norden ausgebaut werden und dabei das Siedlungsgebiet Smart City - Wagner Büro an das ÖV-Netz anschließen. Der Süd-Westen von Graz soll in dieser Variante mit zwei neuen Straßenbahnlinien erschlossen werden. Davon ist geplant, dass die Linie 8 von Grottenhof über die Hummelkaserne, Don Bosco und den Griezplatz zum Hauptplatz fährt. Dabei durchfährt die Linie 8 das Stadtzentrum gegen den Uhrzeigersinn. Die Straßenbahnlinie 18 soll auf derselben Strecke betrieben werden, jedoch durchfährt sie das Zentrum im Uhrzeigersinn. Die Linien 32, 33, 62, 65, 65E und 66 sind bestehende Buslinien, deren Linienverläufe sich ändern werden, um in das neue Verkehrskonzept zu passen. Sowohl die Straßenbahnlinien als auch die Buslinien mit den jeweiligen Streckenverläufen wurden in das Verkehrsmodell eingegeben. Zu den neuen Linien wurden auch Fahrpläne erstellt. Tabelle 28 zeigt die zeitlichen Angaben der Modellrechnung.

⁸⁵ Vgl. (Modellrechnung Graz – West, Endbericht)

Linie	Betriebszeiten	Takt Tag	Takt Früh	Takt Randzeit
Linie 32	05:00-24:00	10 Min.	7,5 Min.	15 Min.
Linie 33	05:00-24:00	10 Min.	7,5 Min.	15 Min.
Linie 62	04:30-24:00	10 Min.	10 Min.	20 Min.
Linie 65	04:30-24:00	15 Min.	15 Min.	30 Min.
Linie 65 E	06:00-20:00	15 Min.	15 Min.	30 Min.
Linie 66	05:00-20:00	10 Min.	10 Min.	20 Min.
Strab. 1	04:30-24:00	10 Min.	10 Min.	15 Min.
Strab. 3	05:00-24:00	7,5 Min.	6 Min.	15 Min.
Strab. 6	04:30-24:00	7,5 Min.	6 Min.	15 Min.
Strab. 7	04:30-24:00	6 Min.	5 Min.	15 Min.
Strab. 8	05:30-24:00	10 Min.	7,5 Min.	15 Min.
Strab. 18	05:00-24:00	10 Min.	7,5 Min.	15 Min.

Tabelle 28: Fahrplanangaben für die Taktung der Variante 2030A⁸⁶

Zusätzlich wurde angegeben, dass „Takt Früh“ von etwa 06:50 bis 07:40 gilt und „Takt Tag“ von 07:40 bis 18:15. Daher mussten für den Fahrplan weitere Taktzeiten vor 06:50 und nach 18:15 überlegt werden. Dazu wurden Taktzeiten von bisherigen Verkehrslinien herangezogen und damit wurde der „Takt Randzeit“ für die einzelnen Linien erstellt. Allgemein wurde dabei die Taktminute nicht genauer untersucht. Aufgrund des dichten Taktes im Stadtverkehr werden die Anbindungen und Umsteigebeziehungen nur in den Randzeiten beeinflusst.

Maßnahmenplanfall 1b:

Die im Maßnahmenplanfall 1b verwendete „Variante 2030D“ beinhaltet Veränderungen an 4 Straßenbahnlinien und 7 Buslinien. Als Tangentiallinien fungieren hier die Linie 62, 65 und 66. Abbildung 29 zeigt eine Linienübersicht der Variante 2030D.

⁸⁶ [Datengrundlage] Modellrechnung Graz – West, Endbericht

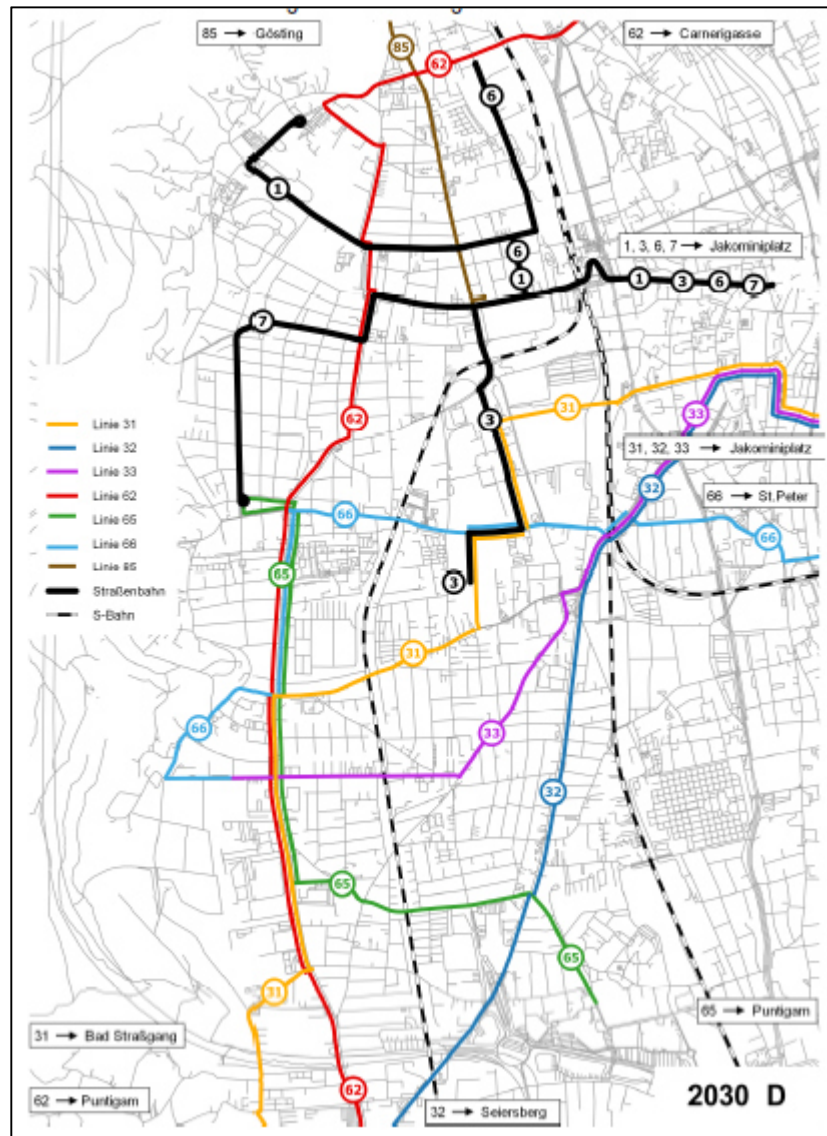


Abbildung 29: Linienübersicht im Grazer Westen von der Variante 2030D⁸⁷

Die Straßenbahnlinie 1 und 7 behalten auch in dieser Variante ihren Verlauf bei. Die Linien 3 und 6 werden wie in der Variante 2030A verlängert. Die Linie 31 durchfährt statt Don Bosco das neue Siedlungsgebiet Reininghaus und wird bis zum Bad Straßgang verlängert. Die Linie 32 behält ihren aktuellen Verlauf vom Jakominiplatz über Don Bosco nach Seiersberg bei. Die Linie 33 wird verkürzt und fährt nur noch bis nach Grottenhof. Die Tangentiallinien 62 und 65 behalten ihren aktuellen Verlauf bei. Die Linie 66 ist eine neue Tangentiallinie und verbindet Grottenhof mit Sankt Peter. Dabei durchfährt sie Reininghaus im Süden, Don Bosco, Fröhlichgasse und endet beim Schulzentrum Sankt Peter. Bei der Linie 85 wird der Verlauf verändert. Sie startet zwar weiterhin in Gösting, durchfährt jedoch dann die Alte Poststraße und wendet bei der Remise am Ende dieser Straße. Durch den neuen Verlauf wird das UKH nicht mehr von der Linie 85 angefahren, kann jedoch weiterhin mit einem Umstieg in die Linie 1 oder 62 erreicht werden. Wie im Maßnahmenplanfall 1a wurden diese Linien mit ihren Streckenverläufen in das Verkehrsnetz eingegeben und Tabelle 29 zeigt die

⁸⁷ Vgl. (Modellrechnung Graz – West, Endbericht)

Rahmenbedingungen des Fahrplans. Die Taktzeiten vor 06:50 und nach 18:15 wurden ebenfalls wie in Maßnahmenplanfall 1a von bestehenden Verkehrslinien herangezogen.

Linie	Betriebszeiten	Takt Tag	Takt Früh	Takt Randzeit
Linie 31	04:30-24:00	10 Min.	6 Min.	20 Min.
Linie 32	05:00-24:00	10 Min.	7,5 Min.	20 Min.
Linie 33	05:00-24:00	10 Min.	10 Min.	20 Min.
Linie 62	05:00-20:00	15 Min.	15 Min.	20 Min.
Linie 65	05:30-20:00	15 Min.	15 Min.	20 Min.
Linie 66	05:00-20:00	10 Min.	10 Min.	20 Min.
Linie85	04:30-24:00	10 Min.	10 Min.	20 Min.
Strab. 1	04:30-24:00	10 Min.	10 Min.	15 Min
Strab. 3	05:00-24:00	7,5 Min.	6 Min.	15 Min
Strab. 6	05:00-24:00	7,5 Min.	6 Min.	15 Min
Strab. 7	04:30-24:00	6 Min.	5 Min.	15 Min

Tabelle 29: Fahrplanangaben für die Taktung der Variante 2030D⁸⁸

Maßnahmenplanfall 2 und Maßnahmenplanfall 3 sollen zeigen, welche Auswirkungen es auf den Verkehr hat, wenn sich die Bevölkerung nicht in Graz ansiedelt. Dafür wird in diesen Maßnahmenplanfällen davon ausgegangen, dass sich das Bevölkerungswachstum im Umland der Stadt Graz abspielt. Als Umland der Stadt Graz wurde der Bezirk Graz-Umgebung definiert. Entgegen den Ansätzen zum Bevölkerungswachstum wird jedoch weiterhin angenommen, dass die Stadt Graz ihren Arbeitsplatzüberhang weiter behält und es so zu zusätzlichen Pendlerverkehr in die Landeshauptstadt kommt. Die Planfälle 2 und 3 bauen nicht auf die Prognosereferenzfälle auf, sondern wurden direkt aus dem Maßnahmenplanfall1b erstellt. Der Unterschied zwischen dem Maßnahmenplanfall 1b und den Maßnahmenplanfällen 2 & 3 liegt in der Bevölkerung. Maßnahmenplanfall 2 verwendet das „Siedlungsszenario 4 Ansiedlung verteilt im Umland“, welches von einem verteilten Bevölkerungswachstum in Graz-Umgebung ausgeht und auf die Bevölkerungsprognosen von 2030 aufbaut. Maßnahmenplanfall 3 verwendet das „Siedlungsszenario 5 RVK“. Dadurch berücksichtigt der Maßnahmenplanfall 3 neben den Bevölkerungsprognosen die Vorschläge des „Regionalen Verkehrskonzepts Graz Graz-Umgebung“. Somit wurde 70% der zusätzlichen Bevölkerung in Gemeinden in der Nähe von S-Bahn-Haltestellen angenommen.

6.4 Festlegung der auszuwertenden Prognosereferenz- und Maßnahmenplanfälle

Da alle 6 Prognosereferenzfälle davon ausgehen, dass sich die zusätzliche Bevölkerung bis 2030 in Graz ansiedelt, wurde entschieden, dass nur ein Prognosereferenzfall genauer betrachtet wird. Die Wahl des auszuwertenden Prognosereferenzfalles fiel dabei auf den Prognosereferenzfall 3m aus den folgenden Gründen:

⁸⁸ [Datengrundlage] Modellrechnung Graz – West, Endbericht

- Das Ansiedlungsszenario 3, welches der Prognosereferenzfall 3m beinhaltet, wurde durch die Einbeziehung der geplanten Siedlungsprojekte, der Bevölkerungsprognose, der Baulandreserven und den Informationen des Stadtplanungsamtes der Stadt Graz zu dem aufwendigsten und genauesten erstellten Ansiedlungsszenario dieser Arbeit.
- Der Prognosereferenzfall 3m besitzt die am besten an das Jahr 2030 angepasste Struktur.
- Der Prognosereferenzfall 3m kann am besten mit den Maßnahmenplanfällen 1a und 1b verglichen werden, da sich nur das ÖV-Angebot zwischen den Fällen ändert.

Bei den Maßnahmenplanfällen wurden alle ausgewertet, da sie einerseits ein unterschiedliches ÖV – Angebot, andererseits ein unterschiedliches Ansiedlungsszenario beinhalten.

7 Auswertung & Analyse

In folgendem Kapitel werden die Ergebnisse dieser Masterarbeit zusammengefasst und dargestellt. Hierbei ist allerdings anzumerken, dass die detaillierten Informationen zu Ergebnissen in den Visumdateien des Verkehrsmodells zu finden sind. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird in dieser schriftlichen Arbeit eine Auswahl an zusammengefassten Ergebnissen aller Maßnahmenplanfälle abgebildet.

Durch die ausgewerteten Projektfälle können nun folgende Vergleiche gezogen werden:

1. **BF zu PRF 3m:** Dieser Vergleich zeigt die Auswertung, wenn sich die zusätzliche Bevölkerung bis 2030 in Graz ansiedelt und das ÖV-Angebot und die Streckeninfrastruktur unverändert beibehalten wird.
2. **PRF 3m zu MPF 1a und MPF 1b:** Hierbei sollen die Auswirkungen der zwei geplanten ÖV-Varianten auf das Verkehrssystem betrachtet werden.
3. **MPF 1b zu MPF 2:** In diesem Vergleich soll sichtbar werden, welche Auswirkungen es hat, wenn die zusätzliche Bevölkerung sich nicht in Graz ansiedeln kann, sondern ausschließlich verteilt in Graz Umgebung.
4. **MPF 2 zu MPF 3:** Dieser Vergleich soll zeigen, ob eine strukturierte Ansiedlung entlang der S-Bahn-Achsen positivere Auswirkungen hat, als eine verteilte Ansiedlung in Graz Umgebung.

Bei der Erstellung der Vergleiche wurde darauf geachtet, dass das Ceteris Paribus Prinzip eingehalten wurde.

7.1 Modal Split

Der Modal Split zeigt die Aufteilung der Verkehrsnachfrage auf die unterschiedlichen Verkehrsmittel. Da es sich hier um ein multimodales Verkehrsmodell handelt, wurde die Verkehrsaufteilung zwischen Fuß, Rad, Pkw-Fahrer, Pkw-Mitfahrer und öffentlichen Verkehrsmitteln untersucht. Dazu wurde die Anzahl der Fahrten je Verkehrsmittel aus den Verkehrsnachfragematrizen ausgelesen. Der Untersuchungsraum der Modal Split Analyse bezieht sich auf den Quell-, Ziel- und Binnenverkehr der 17 Grazer Stadtbezirke, sowie den Quell- und Zielverkehr von Graz Umgebung nach Graz. Weiters wurde die Modal Split Analyse für den Basisfall, den Prognosereferenzfall 3m und die Maßnahmenplanfälle durchgeführt. Die detaillierten Ergebnisse dieser Analyse können aus dem Anhang 1 bis 6 entnommen werden.

7.1.1 Modal Split Graz

Für die Modal Split Analyse in Graz wurde der Grazer Binnenverkehr untersucht. Hauptaugenmerk wurde auf die Veränderung der Anzahl der Fahrten zwischen den Fällen für den öffentlichen Verkehr und dem Individualverkehr gelegt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl der Fahrten und die Veränderungen zwischen den Fällen für die bereits beschriebenen Verkehrsmittel. Als Erstes wurde der Basisfall mit dem Prognosereferenzfall 3

verglichen. Die Tabelle 30 vergleicht diese und stellt die relative Änderung zwischen den Fällen dar.

Nr.	Stadtbezirk	BF		PRF 3m		Änderung BF zu PRF 3m	
		Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
I	Innere Stadt	48.211	46.957	52.266	53.775	8,41%	14,52%
II	St. Leonhard	32.934	23.783	36.274	27.651	10,14%	16,26%
III	Geidorf	62.384	34.700	68.090	39.192	9,15%	12,95%
IV	Lend	65.734	37.539	81.386	45.412	23,81%	20,97%
V	Gries	68.926	32.601	79.310	38.154	15,06%	17,04%
VI	Jakomini	55.193	33.125	60.484	38.180	9,59%	15,26%
VII	Liebenau	51.558	17.661	57.740	20.598	11,99%	16,63%
VIII	St. Peter	39.055	12.470	44.752	15.150	14,59%	21,50%
IX	Waltendorf	29.141	8.883	31.942	10.225	9,61%	15,11%
X	Ries	16.120	4.615	17.882	5.371	10,93%	16,38%
XI	Mariatrost	25.948	8.833	28.693	10.237	10,58%	15,89%
XII	Andritz	50.307	18.822	55.111	21.133	9,55%	12,28%
XIII	Gösting	33.991	12.366	36.085	13.228	6,16%	6,97%
XIV	Eggenberg	56.057	21.775	83.850	30.490	49,58%	40,02%
XV	Wetzelsdorf	38.778	12.490	48.386	15.740	24,78%	26,02%
XVI	Straßgang	55.039	16.687	66.001	20.204	19,92%	21,07%
XVII	Puntigam	34.323	7.851	41.173	10.157	19,96%	29,37%
	Graz Quellverkehr	370.199	173.109	430.868	204.488	16,39%	18,13%
	Graz Gesamtverkehr	763.699	351.158	889.425	414.898	16,46%	18,15%

Tabelle 30: Modal Split Vergleich zwischen Basisfall und Prognosereferenzfall 3 für Graz

Allgemein steigt die Anzahl der Fahrten sowohl für den mIV als auch für den ÖV an. Dies ist auf das Ansiedlungsszenario und das Bevölkerungswachstum bis 2030 zurückzuführen. Besonders stark wächst die Anzahl der Fahrten im Bezirk Eggenberg. Dies ist allerdings auf die großen Siedlungsprojekte wie Reininghaus und Bahnhofsviertel West zurückzuführen. Auffällig ist dabei, dass die mIV-Fahrten um ca. 50% und die ÖV-Fahrten hingegen um 40% steigen. Das bedeutet, dass sich der Modal Split zu Gunsten des mIVs verschiebt. Auch im Bezirk Lend steigen die mIV-Fahrten stärker als die ÖV-Fahrten. In den restlichen Bezirken wächst der ÖV stärker als der mIV. Allgemein ist zu erkennen, dass in allen Bezirken die Anzahl der Fahrten aufgrund des Bevölkerungswachstums steigt.

In weiterer Folge wird nun der Prognosereferenzfall 3 mit dem Maßnahmenplanfall 1a und Maßnahmenplanfall 1b verglichen. Zwischen diesen Fällen ändert sich das ÖV-Angebot und das wirkt sich somit auf den Modal Split aus. Tabelle 31 vergleicht zunächst den Prognosereferenzfall 3 mit dem Maßnahmenplanfall 1a. Tabelle 32 vergleicht darauf den Prognosereferenzfall 3 mit dem Maßnahmenplanfall 1b.

Nr.	Stadtbezirk	PRF 3m		MPF 1a		Änderung PRF 3m zu MPF 1a	
		Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
I	Innere Stadt	52.266	53.775	51.840	53.430	-0,81%	-0,64%
II	St. Leonhard	36.274	27.651	36.166	27.734	-0,30%	0,30%
III	Geidorf	68.090	39.192	67.827	39.127	-0,39%	-0,17%
IV	Lend	81.386	45.412	80.824	45.938	-0,69%	1,16%
V	Gries	79.310	38.154	78.733	38.998	-0,73%	2,21%
VI	Jakomini	60.484	38.180	60.185	38.988	-0,49%	2,12%
VII	Liebenau	57.740	20.598	57.525	20.605	-0,37%	0,03%
VIII	St. Peter	44.752	15.150	44.793	15.325	0,09%	1,15%
IX	Waltendorf	31.942	10.225	31.947	10.377	0,02%	1,49%
X	Ries	17.882	5.371	17.850	5.370	-0,18%	-0,02%
XI	Mariatrost	28.693	10.237	28.626	10.297	-0,23%	0,59%
XII	Andritz	55.111	21.133	55.043	21.166	-0,12%	0,15%
XIII	Gösting	36.085	13.228	35.906	13.527	-0,50%	2,26%
XIV	Eggenberg	83.850	30.490	82.716	29.887	-1,35%	-1,98%
XV	Wetzelsdorf	48.386	15.740	47.963	16.269	-0,88%	3,36%
XVI	Straßgang	66.001	20.204	65.853	20.920	-0,22%	3,55%
XVII	Puntigam	41.173	10.157	41.158	10.364	-0,04%	2,03%
Graz Quellverkehr		430.868	204.488	428.638	206.138	-0,52%	0,81%
Graz Gesamtverkehr		889.425	414.898	884.954	418.323	-0,50%	0,83%

Tabelle 31: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1a für Graz

Durch die ÖV-Variante 1 steigt die Anzahl der ÖV-Fahrten leicht an und die Anzahl der mIV-Fahrten sinkt leicht. Einzige Ausnahme ist der Bezirk Eggenberg. Hier sinken mit dem neuen ÖV-Konzept sowohl die ÖV-Fahrten als auch die mIV-Fahrten. Dies ist allerdings auf die eing geplante Unterführung und die neue Straßeninfrastruktur zurückzuführen. Dadurch steigt im Verkehrsmodell der Fuß und Radverkehr leicht an. Der stärkste Anstieg an ÖV-Fahrten liegt in den Bezirken Wetzelsdorf und Straßgang. Die Ursache dieses Anstiegs ist die neue Süd-West-Straßenbahnlinie. Sie verbindet nicht nur die Bezirke Wetzelsdorf und Straßgang mit dem Zentrum, sondern bindet auch den GKB Bahnhof Graz Wetzelsdorf an das Straßenbahnnetz an.

Nr.	Stadtbezirk	PRF 3m		MPF 1b		Änderung PRF 3m zu MPF 1b	
		Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
I	Innere Stadt	52.266	53.775	53.039	54.875	1,48%	2,04%
II	St. Leonhard	36.274	27.651	36.382	28.055	0,30%	1,46%
III	Geidorf	68.090	39.192	67.901	39.686	-0,28%	1,26%
IV	Lend	81.386	45.412	81.367	46.174	-0,02%	1,68%
V	Gries	79.310	38.154	79.475	39.180	0,21%	2,69%
VI	Jakomini	60.484	38.180	60.403	39.161	-0,13%	2,57%
VII	Liebenau	57.740	20.598	56.219	20.493	-2,63%	-0,51%
VIII	St. Peter	44.752	15.150	44.812	15.471	0,13%	2,12%
IX	Waltendorf	31.942	10.225	32.014	10.494	0,23%	2,63%
X	Ries	17.882	5.371	17.874	5.407	-0,05%	0,66%
XI	Mariatrost	28.693	10.237	28.723	10.427	0,10%	1,86%
XII	Andritz	55.111	21.133	55.079	21.458	-0,06%	1,54%
XIII	Gösting	36.085	13.228	36.162	13.506	0,21%	2,10%
XIV	Eggenberg	83.850	30.490	74.417	27.960	-11,25%	-8,30%
XV	Wetzelsdorf	48.386	15.740	44.693	15.697	-7,63%	-0,27%
XVI	Straßgang	66.001	20.204	65.803	20.156	-0,30%	-0,24%
XVII	Puntigam	41.173	10.157	41.391	10.203	0,53%	0,45%
Graz Quellverkehr		430.868	204.488	425.049	206.377	-1,35%	0,92%
Graz Gesamtverkehr		889.425	414.898	875.752	418.404	-1,54%	0,84%

Tabelle 32: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1b für Graz

Auch im Maßnahmenplanfall 1b steigen die ÖV-Fahrten leicht an. Jedoch entstehen durch die ÖV-Variante 3 im Grazer Westen etwas weniger ÖV-Fahrten. Im Bezirk Innere Stadt nehmen die ÖV-Fahrten stärker zu als im Maßnahmenplanfall 1a und gleichzeitig nehmen die mIV-Fahrten weniger ab. Im Bezirk Eggenberg sinken die mIV-Fahrten um ca. 11% und die ÖV-Fahrten um ca. 8%. Dies liegt allerdings an der Umlegung, da im diesem Bezirk für alle Verkehrsmodi weniger Fahrten generiert wurden und somit die Gesamtzahl an Fahrten geringer als im Maßnahmenplanfall 1a und Prognosereferenzfall 3 ist.

Nun wird der Maßnahmenplanfall 1b mit dem Maßnahmenplanfall 2 sowie 3 verglichen. Der Unterschied zwischen diesen Fällen ist das Ansiedlungsszenario. Maßnahmenplanfall 1b geht von einer Bevölkerungsansiedelung in Graz aus, Maßnahmenplanfall 2 beinhaltet die Bevölkerungsansiedelung verteilt in Graz Umgebung und Maßnahmenplanfall 3 siedelt die Bevölkerung in Graz Umgebung nahe der S-Bahn Haltestellen an. Tabelle 33 vergleicht den Maßnahmenplanfall 1b mit dem Maßnahmenplanfall 2.

Nr.	Stadtbezirk	MPF 1b		MPF 2		Änderung MPF 1b zu MPF 2	
		Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
I	Innere Stadt	53.039	54.875	48.404	48.067	-8,74%	-12,41%
II	St. Leonhard	36.382	28.055	33.033	24.999	-9,20%	-10,89%
III	Geidorf	67.901	39.686	61.173	35.606	-9,91%	-10,28%
IV	Lend	81.367	46.174	70.199	40.431	-13,73%	-12,44%
V	Gries	79.475	39.180	71.934	35.453	-9,49%	-9,51%
VI	Jakomini	60.403	39.161	55.074	35.327	-8,82%	-9,79%
VII	Liebenau	56.219	20.493	50.903	18.267	-9,46%	-10,86%
VIII	St. Peter	44.812	15.471	38.761	13.221	-13,50%	-14,54%
IX	Waltendorf	32.014	10.494	29.027	9.512	-9,33%	-9,35%
X	Ries	17.874	5.407	15.901	4.812	-11,04%	-11,01%
XI	Mariatrost	28.723	10.427	25.650	9.299	-10,70%	-10,82%
XII	Andritz	55.079	21.458	49.592	19.489	-9,96%	-9,18%
XIII	Gösting	36.162	13.506	33.498	12.761	-7,37%	-5,52%
XIV	Eggenberg	74.417	27.960	57.451	22.504	-22,80%	-19,51%
XV	Wetzelsdorf	44.693	15.697	37.864	13.169	-15,28%	-16,10%
XVI	Straßgang	65.803	20.156	55.493	17.185	-15,67%	-14,74%
XVII	Puntigam	41.391	10.203	35.035	8.408	-15,36%	-17,59%
Graz Quellverkehr		425.049	206.377	372.351	181.605	-12,40%	-12,00%
Graz Gesamtverkehr		875.752	418.404	768.991	368.513	-12,19%	-11,92%

Tabelle 33: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 1b und Maßnahmenplanfall 2 für Graz

Da in diesem Fall der Modal Split von Graz betrachtet wurde, nimmt die Anzahl der mIV- und ÖV-Fahrten zum Maßnahmenplanfall 2 hin ab. Dies liegt einerseits an der geringeren Bevölkerungszahl in Graz und andererseits daran, dass Fahrten von Graz Umgebung nach Graz und in die Gegenrichtung nicht berücksichtigt wurden.

Tabelle 34 vergleicht weiters den Maßnahmenplanfall 2 mit dem Maßnahmenplanfall 3.

Nr.	Stadtbezirk	MPF 2		MPF 3		Änderung MPF 2 zu MPF 3	
		Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	Anzahl mIV Fahrten	Anzahl ÖV Fahrten	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
I	Innere Stadt	48.404	48.067	48.417	48.056	0,03%	-0,02%
II	St. Leonhard	33.033	24.999	33.036	24.995	0,01%	-0,01%
III	Geidorf	61.173	35.606	61.178	35.600	0,01%	-0,02%
IV	Lend	70.199	40.431	70.198	40.432	0,00%	0,00%
V	Gries	71.934	35.453	71.935	35.455	0,00%	0,00%
VI	Jakomini	55.074	35.327	55.077	35.327	0,01%	0,00%
VII	Liebenau	50.903	18.267	50.911	18.263	0,02%	-0,02%
VIII	St. Peter	38.761	13.221	38.766	13.218	0,01%	-0,03%
IX	Waltendorf	29.027	9.512	29.026	9.511	0,00%	-0,01%
X	Ries	15.901	4.812	15.902	4.807	0,01%	-0,10%
XI	Mariatrost	25.650	9.299	25.653	9.287	0,01%	-0,13%
XII	Andritz	49.592	19.489	49.588	19.475	-0,01%	-0,07%
XIII	Gösting	33.498	12.761	33.498	12.766	0,00%	0,03%
XIV	Eggenberg	57.451	22.504	57.451	22.506	0,00%	0,01%
XV	Wetzelsdorf	37.864	13.169	37.869	13.170	0,01%	0,01%
XVI	Straßgang	55.493	17.185	55.510	17.201	0,03%	0,09%
XVII	Puntigam	35.035	8.408	35.045	8.416	0,03%	0,10%
Graz Quellverkehr		372.351	181.605	372.385	181.590	0,01%	-0,01%
Graz Gesamtverkehr		768.991	368.513	769.062	368.484	0,01%	-0,01%

Tabelle 34: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 2 und Maßnahmenplanfall 3 für Graz

Aus diesem Vergleich ist zu sehen, dass sich die Anzahl der Fahrten nicht ändert, da alle Parameter in den Grazer Bezirken gleichbleiben. Zu den Fahrten von Graz Umgebung nach Graz und Graz nach Graz Umgebung wird erst im folgenden Unterkapitel (7.1.2) eingegangen. Die geringen prozentualen Schwankungen entstehen durch das Umlegungsverfahren.

7.1.2 Modal Split Graz Umgebung

Für die verkehrsplanerische Untersuchung von Graz Umgebung wurde der Bezirk in Zonen eingeteilt. Die Anzahl und Bereiche der Zonen entstanden aus den gegebenen Einfahrtskorridoren von Graz Umgebung nach Graz. Somit ergaben sich 5 Zonen, die Graz umschließen und nach der jeweiligen Himmelsrichtung ausgehend von Graz bezeichnet werden. Abbildung 30 zeigt die 5 Zonen und ihre jeweilige Bezeichnung. Diese enthält auch die wichtigsten Einfahrtsstraßen

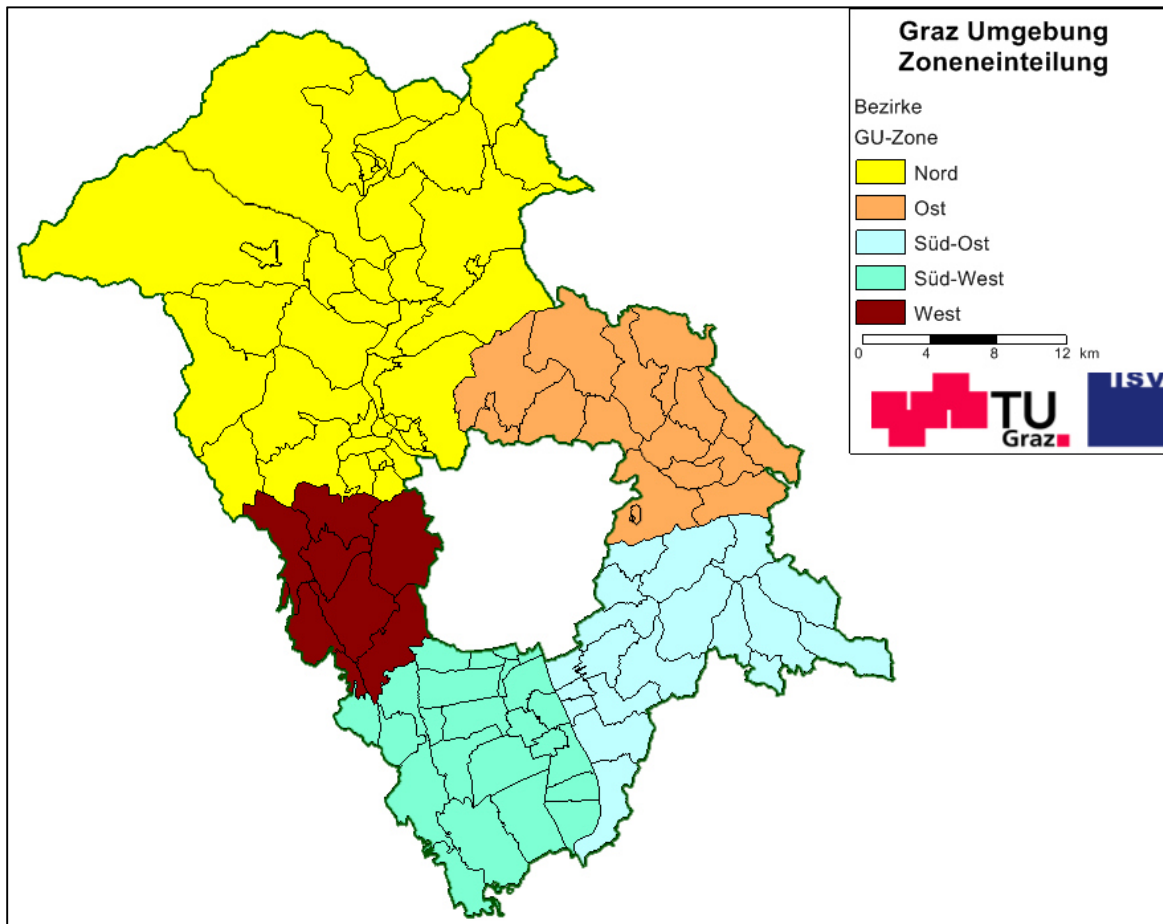


Abbildung 30: Einteilung des Bezirkes Graz Umgebung in 5 Zonen

Um die genauen Zuteilungen der Gemeinden zu den Zonen darzustellen, wird die nachfolgende Tabelle 35 beigefügt. Zusätzlich werden die wichtigsten Einfahrtsstraßen pro Zone aufgezeigt.

Nord	Ost	Südost	Südwest	West
Wiener Straße Weinzöttlstraße	Mariatroster Straße Riesstraße	St. Peter Hauptstraße Liebenauer Hauptstraße	Triester Hauptstraße Kärntner Straße	Steinbergstraße Thalstraße
Deutsche Feistritz Frohnleiten Gratkorn Gratwein – Straßengel Peggau Semriach Stiwoll Übelbach	Eggersdorf Kainbach Kumberg St. Radegund Stattegg Weinitz	Fernitz – Mellach Gössendorf Hart Hausmannstätten Laßnitzhöhe Nestelbach Raaba – Grambach Sankt Marein Vasoldsberg Werndorf Wundschuh	Dobl – Zwaring Feldkirch Haselsdorf – Tobelbad Karlsdorf Liebboch Seiersberg – Pirka Unterpremstätten - Zettling	Hitzendorf St. Bartholomä St. Oswald bei Plankenwarth Thal bei Graz

Tabelle 35: Zuordnung der Gemeinden zu den 5 Zonen

Zu diesen 5 Zonen wurden einerseits der Quell und der Zielverkehr für den gesamten Tag und andererseits zu den Spitzenstunden von und nach Graz berechnet.

Die Modal Split Analyse für Graz Umgebung wird in dieser Arbeit für die Tagesumlegung betrachtet. Dabei wird wieder die Anzahl der mIV- und ÖV-Fahrten betrachtet. Alle weiteren Ergebnisse können wieder aus dem Anhang 1 bis 6 entnommen werden. Zuerst vergleicht Tabelle 36 den Basisfall mit dem Prognosereferenzfall 3.

Nr.	GU-Zone	BF		PRF 3m		Änderung BF zu PRF 3m	
		mIV	ÖV	mIV	ÖV	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
	GU nach G						
I	Nord	29.027	3.436	30.256	3.573	4,24%	4,01%
II	Ost	19.347	1.456	20.323	1.558	5,04%	7,01%
III	Süd-Ost	35.014	5.905	38.067	6.627	8,72%	12,22%
IV	Süd-West	51.118	6.599	55.997	7.333	9,54%	11,13%
V	West	9.908	721	10.221	729	3,17%	1,09%
	G nach GU						
I	Nord	27.940	2.575	29.144	2.725	4,31%	5,82%
II	Ost	18.896	1.272	19.864	1.368	5,12%	7,55%
III	Süd-Ost	34.121	5.423	37.175	6.069	8,95%	11,90%
IV	Süd-West	49.372	5.688	54.181	6.319	9,74%	11,10%
V	West	9.775	573	10.076	590	3,08%	2,91%

Tabelle 36: Modal Split Vergleich zwischen Basisfall und Prognosereferenzfall 3 für Graz Umgebung

Aus diesem Vergleich wird ersichtlich, dass die Anzahl der Fahrten von und nach Graz Umgebung allgemein steigt. Besonders stark steigen die Fahrten in den GU-Zonen südlich von Graz. Im Grazer Westen steigt die Anzahl der Fahrten am geringsten. Dieser Trend entspricht auch den Bevölkerungsprognosen, da laut Bevölkerungsprognose die Einwohnerzahl in den Gemeinden im Süden von Graz am stärksten zunehmen wird. In den Gemeinden westlich von Graz wird das geringste Einwohnerwachstum erwartet. Weiters steigt die Anzahl der ÖV-Fahrten stärker als die Anzahl der mIV-Fahrten. Einzig in der GU-Zone West wachsen die mIV-Fahrten stärker.

Im nächsten Schritt wird der Prognosereferenzfall 3m mit dem Maßnahmenplanfall 1a und dem Maßnahmenplanfall 1b verglichen. Dabei wird die Auswirkung der Grazer ÖV-Konzepte auf den Bezirk Graz Umgebung untersucht. Tabelle 37 vergleicht den Prognosereferenzfall 3 mit dem Maßnahmenplanfall 1a.

Nr.	GU-Zone	PRF 3m		MPF 1a		Änderung PRF 3m zu MPF 1a	
		mIV	ÖV	mIV	ÖV	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
	GU nach G						
I	Nord	30.256	3.573	30.334	3.537	0,26%	-1,02%
II	Ost	20.323	1.558	20.339	1.568	0,08%	0,66%
III	Süd-Ost	38.067	6.627	38.200	6.726	0,35%	1,49%
IV	Süd-West	55.997	7.333	56.068	7.431	0,13%	1,33%
V	West	10.221	729	10.315	762	0,91%	4,65%
	G nach GU						
I	Nord	29.144	2.725	29.183	2.720	0,14%	-0,20%
II	Ost	19.864	1.368	19.904	1.370	0,20%	0,19%
III	Süd-Ost	37.175	6.069	37.365	6.110	0,51%	0,68%
IV	Süd-West	54.181	6.319	54.309	6.398	0,24%	1,25%
V	West	10.076	590	10.172	600	0,95%	1,65%

Tabelle 37: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1a für Graz Umgebung

Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, dass durch die geplante Süd-West-Straßenbahnlinie der ÖV-Variante 1 die GU-Zone West eine bessere ÖV-Verbindung mit Graz bekommt. Zu den restlichen Zonen entsteht keine bessere ÖV-Verbindung. Tabelle 38 vergleicht nun den Prognosereferenzfall 3 mit dem Maßnahmenplanfall 1b.

Nr.	GU-Zone	PRF 3m		MPF 1b		Änderung PRF 3m zu MPF 1b	
		mIV	ÖV	mIV	ÖV	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
	GU nach G						
I	Nord	30.256	3.573	30.101	3.558	-0,51%	-0,42%
II	Ost	20.323	1.558	20.266	1.560	-0,28%	0,13%
III	Süd-Ost	38.067	6.627	38.188	6.759	0,32%	1,99%
IV	Süd-West	55.997	7.333	56.080	7.569	0,15%	3,22%
V	West	10.221	729	10.165	752	-0,56%	3,28%
	G nach GU						
I	Nord	29.144	2.725	28.947	2.747	-0,67%	0,81%
II	Ost	19.864	1.368	19.817	1.366	-0,24%	-0,09%
III	Süd-Ost	37.175	6.069	37.298	6.197	0,33%	2,11%
IV	Süd-West	54.181	6.319	54.362	6.576	0,33%	4,07%
V	West	10.076	590	10.020	600	-0,56%	1,61%

Tabelle 38: Modal Split Vergleich zwischen Prognosereferenzfall 3 und Maßnahmenplanfall 1b für Graz Umgebung

Auch mit der ÖV-Variante 3 verbessert sich die ÖV-Verbindung in die GU-Zone West. Jedoch

weniger als in Maßnahmenplanfall 1a. Dafür entsteht weiters eine bessere ÖV-Verbindung von der GU-Zone Süd-West. Somit kann festgestellt werden, dass die Variante 1 des Verkehrskonzepts die Gemeinden westlich von Graz besser anbindet und die ÖV-Variante 3 das ÖV-System in den Gemeinden westlich und südwestlich besser anbindet.

Als Nächstes wird der Maßnahmenplanfall 1b mit dem Maßnahmenplanfall 2 und Maßnahmenplanfall 3 verglichen, da sich zwischen den Fällen die Bevölkerungsansiedelung von Graz nach Graz Umgebung verschiebt. Tabelle 39 vergleicht zunächst den Maßnahmenplanfall 1b mit dem Maßnahmenplanfall 2.

Nr.	GU-Zone	MPF 1b		MPF 2		Änderung MPF 1b zu MPF 2	
		mIV	ÖV	mIV	ÖV	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
	GU nach G						
I	Nord	30.101	3.558	36.432	4.719	21,03%	32,61%
II	Ost	20.266	1.560	25.058	1.997	23,65%	28,04%
III	Süd-Ost	38.188	6.759	44.691	8.431	17,03%	24,75%
IV	Süd-West	56.080	7.569	63.158	9.156	12,62%	20,96%
V	West	10.165	752	12.560	982	23,57%	30,50%
	G nach GU						
I	Nord	28.947	2.747	35.132	3.571	21,37%	29,99%
II	Ost	19.817	1.366	24.582	1.737	24,04%	27,14%
III	Süd-Ost	37.298	6.197	43.828	7.616	17,51%	22,90%
IV	Süd-West	54.362	6.576	61.610	7.814	13,33%	18,82%
V	West	10.020	600	12.439	767	24,15%	27,91%

Tabelle 39: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 1b und Maßnahmenplanfall 2 für Graz Umgebung

Durch die Bevölkerungsansiedelung verteilt in Graz Umgebung steigt die Anzahl der mIV-Fahrten von Graz Umgebung nach Graz und retour zwischen 13% und 24% an. Die ÖV-Fahrten wachsen zwischen 18% und 33% an. Dadurch verschiebt sich der Modal Split zu Gunsten des öffentlichen Verkehrs.

Tabelle 40 vergleicht nun den Maßnahmenplanfall 2 (verteilte Ansiedelung in Graz Umgebung) mit Maßnahmenplanfall 3 (Ansiedlung an den Gemeinden entlang von S-Bahn-Achsen).

Nr.	GU-Zone	MPF 2		MPF 3		Änderung MPF 2 zu MPF 3	
		mIV	ÖV	mIV	ÖV	rel. Änd. mIV	rel. Änd. ÖV
	GU nach G						
I	Nord	36.432	4.719	37.413	4.923	2,69%	4,33%
II	Ost	25.058	1.997	23.578	1.856	-5,91%	-7,06%
III	Süd-Ost	44.691	8.431	43.820	8.246	-1,95%	-2,19%
IV	Süd-West	63.158	9.156	65.256	9.542	3,32%	4,21%
V	West	12.560	982	11.722	906	-6,67%	-7,74%
	G nach GU						
I	Nord	35.132	3.571	36.116	3.714	2,80%	3,99%
II	Ost	24.582	1.737	23.099	1.615	-6,03%	-7,02%
III	Süd-Ost	43.828	7.616	42.934	7.460	-2,04%	-2,04%
IV	Süd-West	61.610	7.814	63.774	8.134	3,51%	4,09%
V	West	12.439	767	11.582	711	-6,89%	-7,24%

Tabelle 40: Modal Split Vergleich zwischen Maßnahmenplanfall 2 und Maßnahmenplanfall 3 für Graz Umgebung

Durch das Ansiedlungsszenario 5 verschieben sich die Einwohnerzahlen in den Gemeinden. Dadurch verschieben sich auch die Einwohner zwischen den GU-Zonen. Somit bekommen die Gemeinden in den GU-Zonen Nord und Süd-West mehr Einwohner. Dadurch steigt auch die Anzahl der Fahrten von diesen Zonen. Besonders stark fällt hingegen die Anzahl der Fahrten in den GU – Zonen West und Ost, da es in diesen zwei Zonen keine S-Bahn-Linien gibt. Weiters fällt sie auch in der GU – Zone Süd–Ost. In diesem Fall liegt es allerdings daran, dass entlang der S3 nur zwei Haltestellen in Graz – Umgebung liegen und daher auch nur wenige Gemeinden die 2 km Luftliniendistanz einhalten können. In der GU-Zone Nord liegen 5 S-Bahn-Haltestellen, die durch die S1 angefahren werden. Entlang dieser Haltestellen liegen große Gemeinden wie, Judendorf, Gratwein, Gratkorn, Peggau, Deutschfeistritz und Frohnleiten. Daher steigen die ÖV-Fahrten aus dieser Zone nach Graz um ca. 4 %. Die GU-Zone Süd-West wird durch 4 S-Bahnlinien und 6 S-Bahnhaltestellen an Graz angebunden. Diese Linien sind die S5, S6, S61 und S7. Dadurch liegen bis auf 3 Gemeinden alle Gemeinden im Einzugsbereich der S-Bahnhaltestellen.

7.2 Fahrzeugkilometer

Die Fahrzeugkilometer sind eine Maßeinheit für die Verkehrsleistung. Hierbei werden aller Fahrten mit den gefahrenen Kilometern multipliziert und dann für die einzelnen Bezirke aufsummiert. Zur Analyse wurden die Fahrzeugkilometer für alle 17 Stadtbezirke ausgewertet. In weiterer Folge wurden diese in der Tabelle 41 zwischen den Basis-, Referenz- und Maßnahmenplanfällen verglichen.

Nr.	Stadtbezirk	BF [FzgmIV]	PRF 3m [FzgmIV]	MPF 1a [FzgmIV]	MPF 1b [FzgmIV]	MPF 2 [FzgmIV]	MPF 3 [FzgmIV]
I	Innere Stadt	114.734	121.621	119.442	119.640	118.634	118.588
II	St. Leonhard	152.649	162.589	160.043	160.554	159.990	160.008
III	Geidorf	280.425	294.640	289.184	291.925	291.205	290.868
IV	Lend	230.818	253.447	242.556	239.900	235.222	236.476
V	Gries	331..897	366.367	382.582	376.476	370.916	371.764
VI	Jakomini	212.466	228.443	225.673	225.569	225.080	224.453
VII	Liebenau	456.502	482.180	521.550	524.424	533.348	533.291
VIII	St. Peter	244.027	259.482	270.125	269.806	275.613	274.869
IX	Waltendorf	141.345	148.280	148.490	148.920	151.851	152.720
X	Ries	190.245	200.588	199.148	199.736	204.330	205.049
XI	Mariatrost	290.067	305.725	296.074	299.039	308.009	306.914
XII	Andritz	426.283	444.042	436.809	436.470	452.984	450.098
XIII	Gösting	408.617	437.275	431.825	426.534	438.810	438.098
XIV	Eggenberg	268.696	303.878	305.427	298.245	292.884	291.862
XV	Wetzelsdorf	261.733	296.880	297.620	291.467	291.098	289.567
XVI	Straßgang	528.022	573.129	569.072	560.008	573.536	574.760
XVII	Puntigam	294.260	319.744	326.085	324.069	332.291	333.385

Tabelle 41: Vergleich der Fahrzeugkilometer zwischen den Projektfällen in Graz

Durch das erwartete Bevölkerungswachstum wachsen die Fahrzeugkilometer vom Basisfall zum Prognosereferenzfall in den 17 Stadtbezirken zwischen 4 und 13 Prozent an. Durch die ÖV-Varianten im Grazer Westen sinken die Fahrzeugkilometer um 1 bis 4 Prozent. Ausgenommen davon sind die Bezirke Liebenau und St. Peter, da es hier zu keiner Verbesserung des ÖV-Angebotes kommt. Die Fahrzeugkilometer steigen hier um 4 - 8 Prozent weiter an.

Von Maßnahmenplanfall 1b zu Maßnahmenplanfall 2 steigen die Fahrzeugkilometer um bis zu 4%. Das zeigt, dass, obwohl sich die Neueinwohner in Graz Umgebung ansiedeln, die Fahrzeugkilometer in Graz zunehmen. Dies bedeutet, dass die Pendlerfahrten zwischen Graz Umgebung und Graz steigen. In weiterer Folge bedeutet das, dass eine Ansiedlung der Neueinwohner in Graz Umgebung mehr motorisierten Individualverkehr in Graz bedeutet, als es bei einer Ansiedlung in Graz der Fall wäre.

Zwischen dem Maßnahmenplanfall 2 und 3 kommt es zu keiner Auswirkung der Fahrzeugkilometer auf die Grazer Stadtbezirke. Die relativen Änderungen zwischen diesen

zwei Fällen liegen unter einem Prozent.

Um die Fahrzeugkilometer in den 17 Stadtbezirken besser zwischen den Maßnahmenplanfällen vergleichen zu können, wurde Abbildung 31 erstellt. Sie zeigt in einem Balkendiagramm für jeden der 17 Stadtbezirke die Änderung der Fahrzeugkilometer, bezogen auf den Prognosereferenzfall 3m.

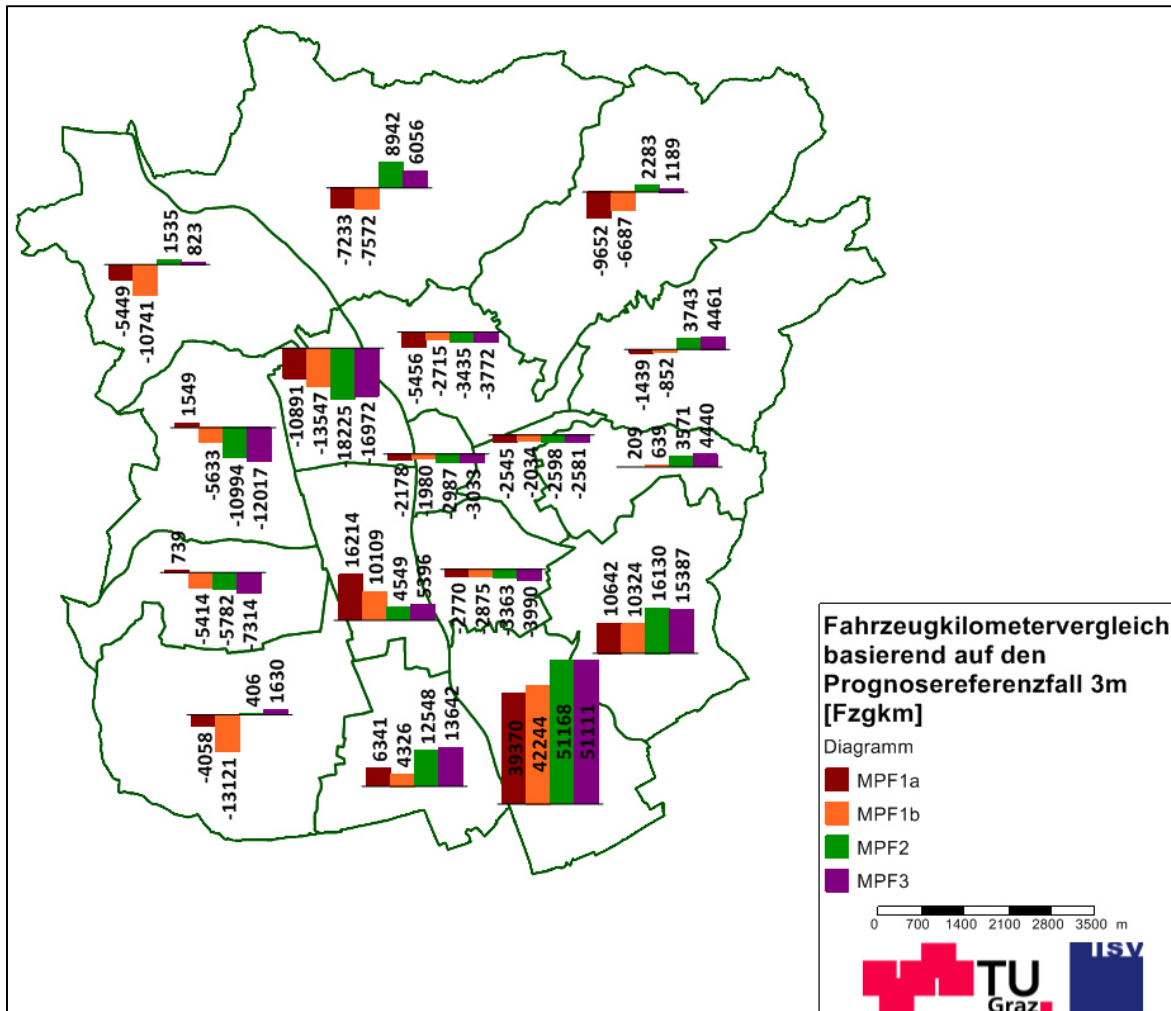


Abbildung 31: Änderung der Fahrzeugkilometer bezogen auf den Prognosereferenzfall 3m

Weiters wurden die Fahrzeugkilometer in Graz Umgebung ausgewertet. Die Tabelle 42 zeigt die Fahrzeugkilometer für die 5 GU-Zonen und für alle ausgewerteten Projektfälle.

GU-Zone	BF [FzgmtkIV]	PRF 3m [FzgmtkIV]	MPF 1a [FzgmtkIV]	MPF 1b [FzgmtkIV]	MPF 2 [FzgmtkIV]	MPF 3 [FzgmtkIV]
Nord	2.813.147	2.936.344	2.885.220	2.850.620	2.983.601	2.982.448
Ost	1.546.454	1.620.035	1.577.494	1.585.923	1.635.459	1.639.740
Süd-Ost	2.190.406	2.283.303	2.223.243	2.224.028	2.311.880	2.308.172
Süd-West	2.717.991	2.855.851	2.794.599	2.782.212	2.915.156	2.918.047
West	839.980	905.697	891.635	870.321	906.873	904.739

Tabelle 42: Vergleich der Fahrzeugkilometer zwischen den Projektfällen in Graz Umgebung

Auch in dieser Betrachtung wachsen die Fahrzeugkilometer durch das Bevölkerungswachstum im Prognosereferenzfall 3 an. Das Wachstum der Fahrzeugkilometer befindet sich für die GU-Zonen zwischen 4 und 8 Prozent. Auch die ÖV-Variante 1 wirkt sich auf die Fahrzeugkilometer in Graz Umgebung aus. Somit sinken die Fahrzeugkilometer im Maßnahmenplanfall 1a um 2-3 Prozent. Von Maßnahmenplanfall 1a zu Maßnahmenplanfall 1b sinken die Fahrzeugkilometer um weitere 1-2 Prozent. In den GU-Zonen Ost und Süd-Ost kommt es zu einer leichten Steigerung der Fahrzeugkilometer. Auf Grund der Bevölkerungsansiedelung in Graz Umgebung steigen in Maßnahmenplanfall 2 die Fahrzeugkilometer um 3-5 Prozent. Auffällig ist hingegen, dass es zwischen Maßnahmenplanfall 2 und 3 zu keiner wesentlichen Änderung der Fahrzeugkilometer kommt. Die Änderung liegt unter 0,3 Prozent. Somit hat ein geändertes Ansiedlungsszenario in Graz Umgebung keine Auswirkung auf die Fahrzeugkilometer.

7.3 Personenkilometer

Die Personenkilometer sind eine Maßgröße für die Beförderungsleistung des öffentlichen Verkehrs. Dabei werden die beförderten Personen mit deren zurückgelegter Entfernung multipliziert und pro Bezirk aufsummiert. Im Verkehrsmodell wurden die Personenkilometer für den Basisfall, den Prognosereferenzfall 3 und die Planfälle gebildet. Die Tabelle 43 zeigt die Personenkilometer für die 17 Stadtbezirke und den genannten Fällen.

Nr.	Stadtbezirk	BF [Perskm]	PRF 3m [Perskm]	MPF 1a [Perskm]	MPF 1b [Perskm]	MPF 2 [Perskm]	MPF 3 [Perskm]
I	Innere Stadt	55.285	62.575	86.861	90.699	84.223	84.221
II	St. Leonhard	43.336	49.154	69.643	70.653	68.132	67.850
III	Geidorf	37.848	42.198	41.091	41.640	39.155	39.071
IV	Lend	99.086	109.727	152.515	149.708	140.568	141.222
V	Gries	135.615	156.468	165.140	164.401	157.922	158.991
VI	Jakomini	53.539	60.859	96.996	96.895	93.039	92.397
VII	Liebenau	742.88	83.345	82.768	82.782	84.479	83.091
VIII	St. Peter	41.450	47.494	55.063	55.959	56.289	56.558
IX	Waltendorf	10.816	12.457	12.202	12.378	11.652	11.716
X	Ries	23.936	26.447	26.365	26.393	27.498	26.808
XI	Mariatrost	16.518	17.703	17.449	17.914	19.092	18.536
XII	Andritz	32.913	36.987	37.650	37.509	37.095	37.293
XIII	Gösting	79.384	82.492	82.356	82.471	91.638	93.120
XIV	Eggenberg	25.966	30.037	47.991	47.439	41.315	41.239
XV	Wetzelsdorf	49.757	61.953	59.929	61.235	55.555	55.423
XVI	Straßgang	68.634	74.606	81.079	79.259	80.285	81.212
XVII	Puntigam	56.493	61.185	61.125	62.060	67.645	68.653

Tabelle 43: Vergleich der Personenkilometer zwischen den Projektfällen in Graz

Aus dieser Tabelle wird ersichtlich, dass die Personenkilometer vom Basisfall zum Prognosereferenzfall 3 durch die höheren Einwohnerzahlen ansteigen. Durch die

eingearbeiteten ÖV-Varianten in Maßnahmenplanfall 1a und 1b steigen die Personenkilometer noch stärker an. Zwischen den ÖV-Varianten 1 und 3 sind die Unterschiede in den Personenkilometern eher gering. Von Maßnahmenplanfall 1b zu Maßnahmenplanfall 2 und 3 sinken die Personenkilometer in den meisten Stadtbezirken wieder. Dies liegt hauptsächlich an der Bevölkerungsverchiebung von Graz nach Graz Umgebung. Ausnahmen sind die Bezirke Puntigam, Straßgang, Mariatrost, Gösting, Ries und St. Peter. In diesen Bezirken wachsen die Personenkilometer, trotz geringer Einwohnerzahlen. Auffällig dabei ist, dass alle genannten Bezirke am Stadtrand liegen und die höhere Einwohnerzahl der Gemeinden in Graz Umgebung Einfluss auf die Personenkilometer dieser Stadtbezirke haben können. Zur besseren Veranschaulichung der Ergebnisse wurde die Abbildung 32 erstellt. Sie zeigt in einem Balkendiagramm für jeden der 17 Stadtbezirke die Änderung der Personenkilometer, bezogen auf den Prognosereferenzfall 3m.

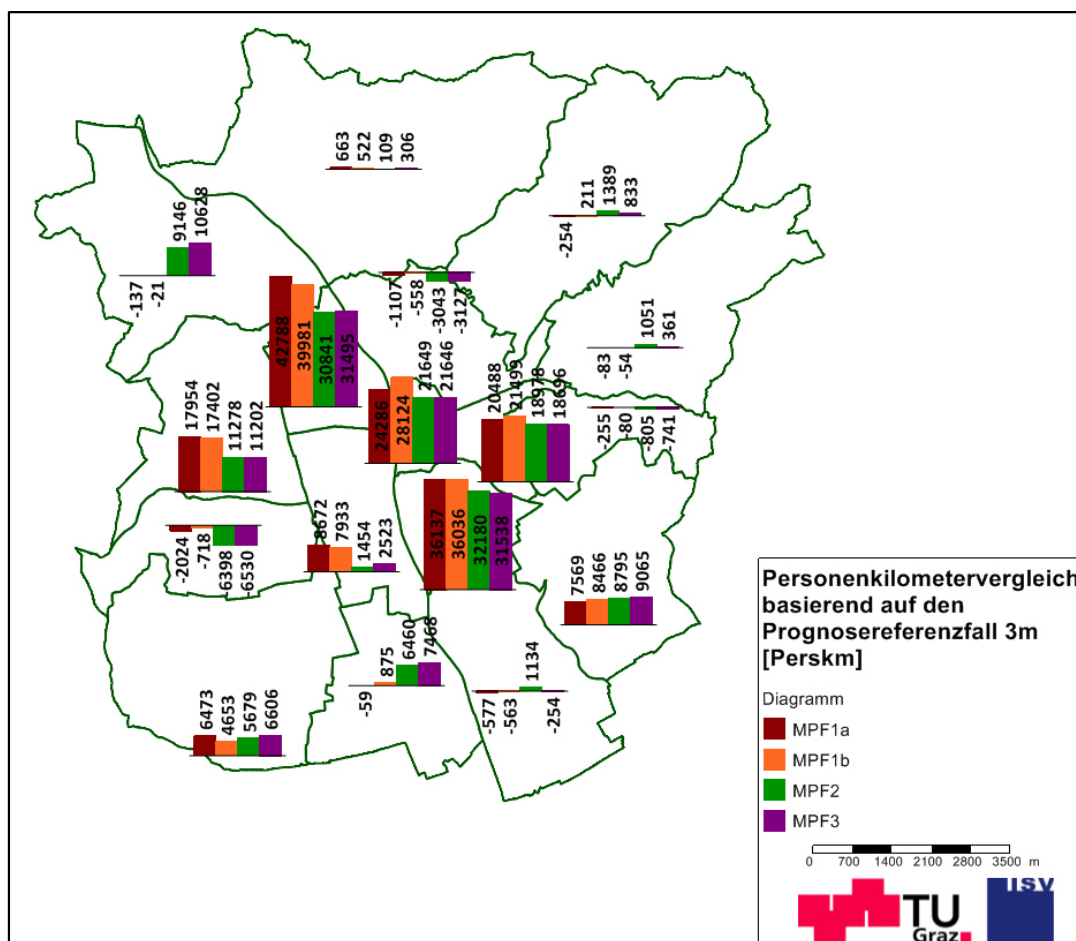


Abbildung 32: Änderung der Personenkilometer bezogen auf den Prognosereferenzfall 3m

Um die Personenkilometer im Bezirk Graz Umgebung zu betrachten, stellt die Tabelle 44 die Ergebnisse der Personenkilometerberechnung dar.

GU-Zone	BF [Perskm]	PRF 3m [Perskm]	MPF 1a [Perskm]	MPF 1b [Perskm]	MPF 2 [Perskm]	MPF 3 [Perskm]
Nord	157.830	158.049	157.688	157.971	170.738	171.855
Ost	44.891	46.614	46.118	46.667	50.911	49.754
Süd-Ost	101.455	106.432	109.469	109.763	123.417	120.741
Süd-West	219.036	222.744	224.457	233.970	258.885	261.230
West	7.858	7.760	7.723	7.749	9.407	8.867

Tabelle 44: Vergleich der Personenkilometer zwischen den Projektfällen in Graz Umgebung

Auch hier kommt es zu einer Steigerung der Personenkilometer zwischen Basisfall und Prognosereferenzfall 3. Besonders stark steigen die Personenkilometer in den GU-Zonen südlich von Graz. Zwischen den Prognosereferenzfall 3, Maßnahmenplanfall 1a und Maßnahmenplanfall 1b kommt es zu kaum einer Änderung der Personenkilometer, da sich auch keine Parameter in Graz Umgebung ändern. Von Maßnahmenplanfall 1b zum Maßnahmenplanfall 2 wachsen die Personenkilometer stark an, da auch die Einwohnerzahlen in Graz Umgebung steigen. Beim Maßnahmenplanfall 3 werden die Einwohner entlang von S-Bahn-Linien angesiedelt. Dadurch steigen die Personenkilometer in den GU-Zonen Nord und Süd-West während die Personenkilometer in den GU-Zonen Ost, Süd-Ost und West leicht sinken.

7.4 Reisezeit von GU nach G

Die Reisezeit von Graz Umgebung nach Graz wurde für das Verkehrssystem Pkw ermittelt. Es soll analysiert werden, ob sich die Reisezeit mIV aufgrund der höheren Streckenbelastung von Graz Umgebung nach Graz verändert. Um diese mögliche Veränderung zu erkennen, wurde einerseits die durchschnittliche Reisezeit IV für den gesamten Tag gebildet und die Reisezeit mIV für die Spitzenstunde. Weiters wurde die Reisezeit für die 5 GU-Zonen und den gesamten Bezirk Graz Umgebung ermittelt. Diese Analyse wurde wie bisher für den Basisfall, Prognosereferenzfall 3 und die Planfälle durchgeführt. Die Tabelle 45 zeigt die durchschnittliche Reisezeit von den GU-Zonen nach Graz.

GU - Zonen	BF [min]	PRF 3m [min]	MPF 1 [min]	MPF 2 [min]	MPF 3 [min]
Nord	25,18	25,40	25,41	26,57	26,55
Ost	23,43	23,86	23,90	24,08	23,99
Süd-Ost	23,30	23,94	23,55	24,18	23,93
Süd-West	21,27	21,77	21,65	22,47	22,58
West	25,03	25,17	25,08	25,78	25,69
GU	23,09	23,51	23,38	24,16	24,11

Tabelle 45: Reisezeitvergleich zwischen den Projektfällen von Graz Umgebung nach Graz im Tagesmittel

Bei der Betrachtung der Tabelle ist zu erkennen, dass im Basisfall die Reisezeit für alle 5 GU-

Zonen am geringsten ist. Im Prognosereferenzfall 3 ist die durchschnittliche Reisezeit für Graz Umgebung um 25 Sekunden höher als im Basisfall. Dabei wächst die Reisezeit in der GU-Zone Süd-Ost um 38 Sekunden am stärksten an. Durch die ÖV-Varianten sinkt die Reisezeit im Maßnahmenplanfall 1 um 8 Sekunden. Die größte Steigerung in der Reisezeit liegt zwischen den Maßnahmenplanfall 1 und 2. Hierbei steigt die Reisezeit um 47 Sekunden für den gesamten Bezirk und die Reisezeit in der GU-Zone Nord um 70 Sekunden. Zwischen dem Maßnahmenplanfall 2 und 3 sinkt die durchschnittliche Reisezeit leicht. In der GU-Zone Süd-Ost verringert sich die Reisezeit dadurch um 15 Sekunden. Hingegen wächst die Reisezeit um 5 Sekunden im Süd-Westen.

Zusätzlich zur durchschnittlichen täglichen Reisezeit wird nun die Reisezeit in den Spitzenstunden gezeigt. Als Spitzenstunden wurde in dieser Arbeit die Zeit zwischen 7:00 und 9:00 Uhr gewählt. Die nachfolgenden Tabelle 46 zeigt die Auswertung der Spitzenstunden für die bereits genannten Fälle.

GU - Zonen	BF [min]	PRF 3m [min]	MPF 1 [min]	MPF 2 [min]	MPF 3 [min]
Nord	31,96	32,00	32,01	34,24	34,29
Ost	29,05	29,56	29,66	30,16	29,95
Süd-Ost	29,93	30,78	30,33	31,59	31,17
Süd-West	29,01	29,53	29,36	30,85	30,91
West	32,28	32,22	32,20	33,67	33,57
GU	30,19	30,60	30,46	31,92	31,82

Tabelle 46: Reisezeitvergleich zwischen den Projektfällen von Graz Umgebung nach Graz in den Spitzenstunden

Durchschnittlich ist die Reisezeit von Graz Umgebung nach Graz in der Spitzenstunde um 7 Minuten höher als der Tagesdurchschnitt. Im Maßnahmenplanfall 2 und 3 ist die Reisezeit mit fast 32 Minuten am längsten. Betrachtet man die GU-Zonen, ist die Reisezeit von der Zone Nord nach Graz im Maßnahmenplanfall 3 mit 34 Minuten 17 Sekunden am längsten. Die größte Differenz zwischen der durchschnittlichen täglichen Reisezeit und der Reisezeit in der Spitzenstunde zeigt sich in der Zone Süd-West im Maßnahmenplanfall 2. Die Differenz liegt dabei bei 8 Minuten 22 Sekunden.

7.5 Streckenbelastungen

Die Streckenbelastung gibt an, wie viele Fahrzeuge eine Strecke in einem bestimmten Zeitraum durchfahren. Daher wurden in dieser Arbeit Strecken an den Stadteinfahrten zwischen den unterschiedlichen Fällen verglichen. Als Zeitraum wurde ein Tag gewählt. Untersucht wurden, wie viele Fahrzeuge einen Straßenquerschnitt an einer Stadteinfahrt während eines Tages durchqueren. Die ermittelte Streckenbelastung wurde für 14 Strecken ermittelt und kann aus dem Anhang 7 entnommen werden. Der Übersichtlichkeit halber wurden in dieser Arbeit nur die relativen Änderungen zwischen den einzelnen Fällen in der Tabelle 47 dargestellt.

Strecke	Fahrtrichtung	BF – MPF 1a	MPF 1a – MPF 1b	MPF 1b – MPF 2	MPF 2 – MPF 3
Wiener Straße	stadteinwärts	8%	1%	0%	1%
Wiener Straße	stadtauswärts	9%	-2%	1%	1%
Weinzöttlstraße	stadteinwärts	2%	4%	2%	-2%
Weinzöttlstraße	stadtauswärts	0%	1%	3%	1%
Mariatroster Straße	stadteinwärts	2%	-2%	5%	2%
Mariatroster Straße	stadtauswärts	2%	1%	7%	0%
Elisabethstraße	stadteinwärts	3%	-2%	1%	2%
Elisabethstraße	stadtauswärts	6%	-2%	1%	1%
Plüddemangasse	stadteinwärts	3%	1%	2%	-3%
Plüddemangasse	stadtauswärts	6%	-1%	1%	-3%
Liebenauer Hauptstraße	stadteinwärts	5%	-1%	3%	-1%
Liebenauer Hauptstraße	stadtauswärts	6%	-3%	-1%	4%
Triester Straße	stadteinwärts	4%	0%	9%	0%
Triester Straße	stadtauswärts	2%	-2%	7%	1%

Tabelle 47: Veränderung der Streckenbelastungen zwischen den Projektfällen

Auch bei der Streckenbelastung ist eine Steigerung zwischen dem Basisfall und dem Maßnahmenplanfall 1a zu erkennen. Bis auf die Weinzöttlstraße stadtauswärts wachsen alle Streckenbelastungen zwischen 2 und 9 Prozent. Zwischen dem Maßnahmenplanfall 1a und dem Maßnahmenplanfall 1b verändern sich die Streckenbelastungen zwischen den Einfahrtsstraßen. Auf der Elisabethstraße, Liebenauer Hauptstraße und Triester Straße sinken die Streckenbelastungen zwischen 1-3 Prozent. Auf der Weinzöttlstraße im Norden von Graz steigt die Streckenbelastung um weitere 1 und 4 Prozent. Auf Grund der Bevölkerungsansiedelung in Graz Umgebung im Maßnahmenplanfall 2 steigen die Streckenbelastungen an den Stadteinfahrten weiter an. Am Stärksten wächst die Streckenbelastung auf der Triester Straße stadteinwärts mit 9 und stadtauswärts mit 7 Prozent. Von Maßnahmenplanfall 2 zu Maßnahmenplanfall 3 steigen die Streckenbelastungen mit gesamt 400 Fahrzeugen über alle untersuchten Strecken sehr gering. Dadurch kann bezüglich der Streckenbelastungen kein Vorteil für die Ansiedelung in Gemeinden an S-Bahn Haltestellen erzielt werden.

7.6 Differenznetze

Als Differenznetze wurden Maßnahmenplanfall 1b, Maßnahmenplanfall 2 und Maßnahmenplanfall 3 verglichen. Dadurch konnte dargestellt werden, wie sich die Querschnittsbelastungen auf den Hauptstraßen zwischen den Ansiedlungsszenarien ändern. Maßnahmenplanfall 1b geht von einer Bevölkerungsansiedelung in den Siedlungsgebieten der Kernstadt aus, Maßnahmenplanfall 2 von einer Bevölkerungsansiedelung verteilt im Umland und Maßnahmenpanfall 3 von einer Bevölkerungsansiedelung im Einzugsbereich der S-Bahn-Haltestellen. Verglichen wurde dabei die Querschnittsbelastung in Fahrzeuge pro Tag. Abbildung 33 vergleicht die Querschnittsbelastung zwischen Maßnahmenplanfall 1b und

Maßnahmenplanfall 2.

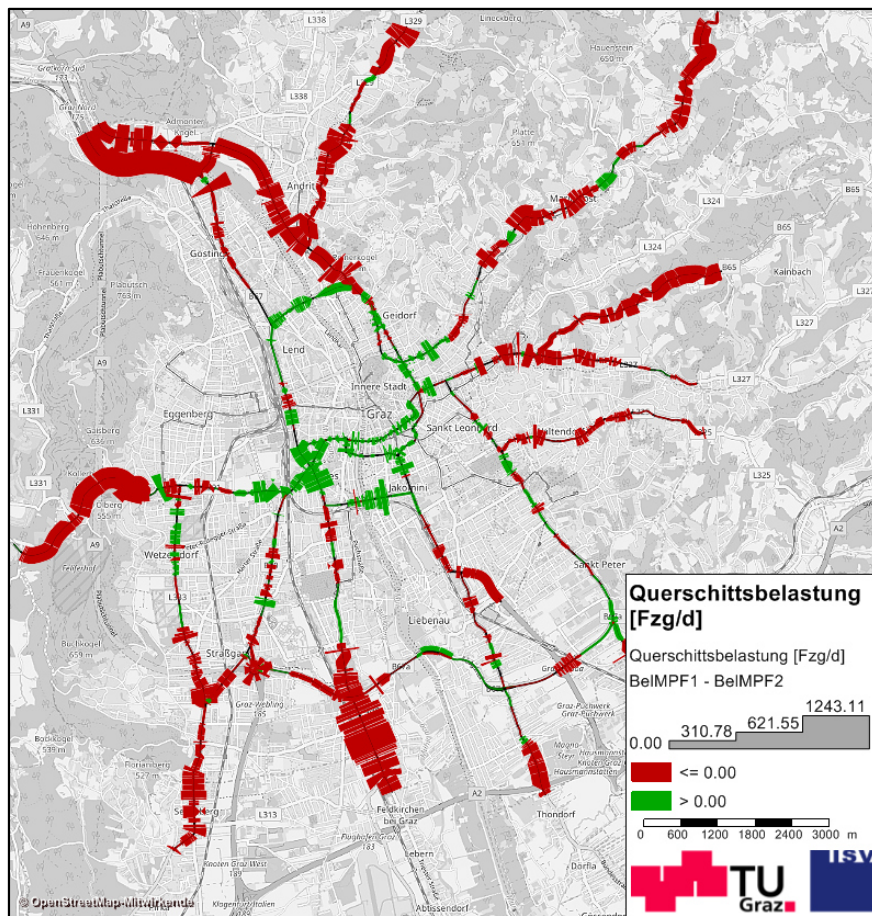


Abbildung 33: Vergleich der Querschnittsbelastung zwischen den MPF 1b und MPF 2

Durch diesen Vergleich wird ersichtlich, dass die Querschnittsbelastungen durch die verteilte Bevölkerungsansiedlung im Umland an den Einfahrtstraßen steigen. Am wenigsten steigt die Querschnittsbelastung entlang der St.-Peter-Hauptstraße. Die von der stärksten Steigerung betroffenen Einfahrtsstraßen sind im Norden die Wiener Straße und die Judendorfer Straße, im Osten die Riesstraße, im Süden die Triester Straße und im Westen die Steinbergstraße. Eine Verbesserung der Querschnittsbelastung tritt entlang der zentrumsnahen Hauptstraßen ein.

Abbildung 34 vergleicht den Maßnahmenplanfall 2 mit dem Maßnahmenplanfall 3.

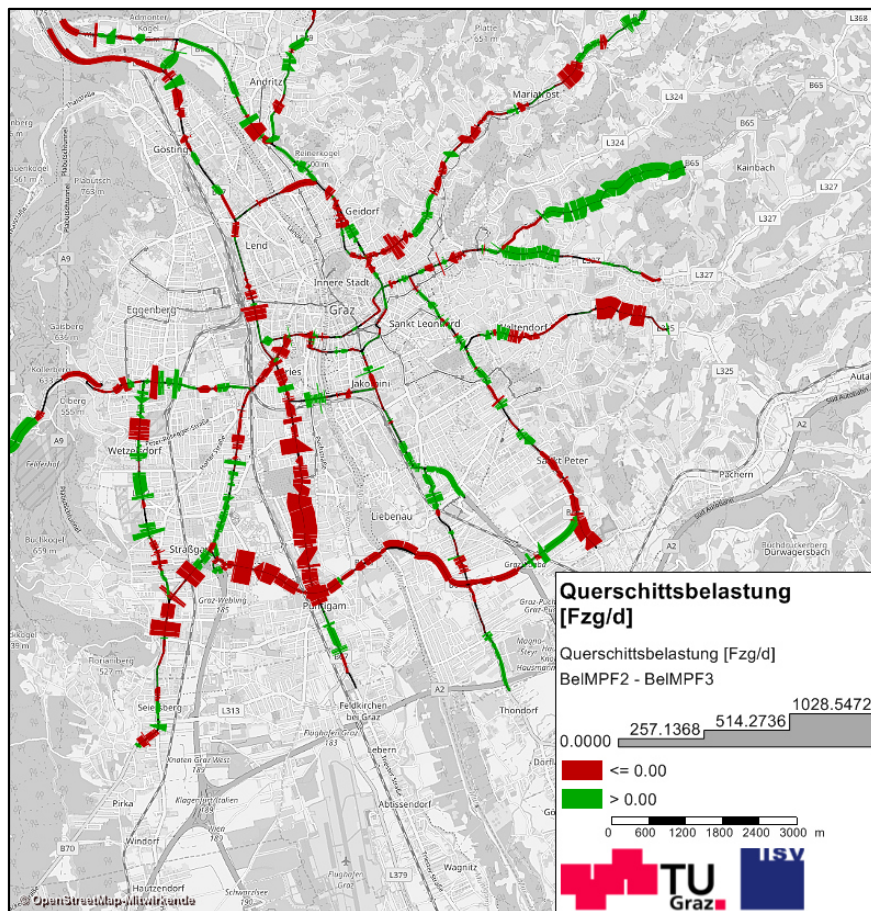


Abbildung 34: Vergleich der Querschnittsbelastung zwischen den MPF 2 und MPF 3

Durch die verstärkte Ansiedlung im Einzugsbereich der S-Bahn-Haltestellen, kommt es, wie bereits beschrieben, zu einer Bevölkerungsverchiebung zwischen den GU-Zonen. Die Querschnittsbelastungen entlang der Judendorfer Straße, der Triester Straße und dem Südgürtel steigen an. Entlang der Riesstraße sinken die Querschnittsbelastungen, da die GU-Zone Ost keine S-Bahnlinie besitzt und daher die Bevölkerungszahlen in der GU-Zone sinken. Entlang der Steinbergstraße und der Mariatroster Straße kommt es zu keiner Entlastung, obwohl die GU-Zone West und Ost an Bevölkerung gegenüber dem Maßnahmenplanfall 2 verliert. Auch die Querschnittsbelastung auf der Liebenauer Tangente sinkt. Der Grund dafür könnten die geringeren Bevölkerungszahlen in der GU-Zone Süd-Ost sein.

8 Zusammenfassung & Ausblick

In der Grazer Bevölkerung entsteht zunehmend die Befürchtung, dass das Grazer Verkehrssystem nicht die Kapazitäten besitzt das Bevölkerungswachstum in der Kernstadt aufzunehmen. Angenommen, dass sich bis zum Jahr 2030 auf jeden Fall 43.000 zusätzliche Einwohner im Großraum Graz ansiedeln, wurden die verkehrlichen Wirkungen unterschiedlicher Siedlungsentwicklungen untersucht. Schwerpunkt waren Verkehrsstärke- und Verkehrsleistungsanalysen, mit denen der Zusammenhang zwischen Siedlungsentwicklung in Stadt und Umland und deren Auswirkungen auf die Mobilität aufgezeigt wurden.

Diese Arbeit beschreibt im ersten Schritt den Weg von Bevölkerungsprognosen zu Siedlungsszenarien. Dazu wurde Daten erhoben, welche Einfluss auf die Bevölkerungsentwicklung haben können. Diese waren in dieser Arbeit die Baulandreserven der Stadt Graz, das Regionale Verkehrskonzept Graz Graz – Umgebung, das Steiermärkische Raumordnungsgesetz, sowie als Interviewpartner das Stadtplanungsamt der Stadt Graz. Aus diesen Grundlagen wurden 5 Ansiedlungsszenarien für das Jahr 2030 erstellt, die das prognostizierte Bevölkerungswachstum aufnehmen sollen. Die ersten drei Ansiedlungsszenarien beinhalten ein Bevölkerungswachstum in der Kernstadt. Die zwei anderen Szenarien gehen davon aus, dass Graz keine zusätzlichen Einwohner mehr aufnehmen kann und daher die Bevölkerungsansiedelung im Grazer Umland stattfindet. Als Grazer Umland wurde in dieser Arbeit der Bezirk Graz Umgebung definiert.

Um diese Ansiedlungsszenarien in das Verkehrsmodell für den Großraum Graz (GUARD) zu bringen, musste das Verkehrsmodell zuerst aktualisiert und in weiterer Folge mit Messwerten kalibriert werden. Bei der Aktualisierung wurden die Bevölkerungsdaten und ÖV-Fahrpläne von 2016 eingespielt. Die Mobilitätsraten wurden auf Grund des begrenzten Aufwandes dieser Arbeit nicht aktualisiert. Für die Kalibrierung wurden Zählraten von Streckendetektoren und Einsteigerzählungen von öffentlichen Verkehrsmitteln herangezogen. Weiters wurden Wegelängen und ein Modal Split von Graz aus einer Mobilitätsbefragung mit dem Verkehrsmodell verglichen. Kalibriert wurde das Modell über Anpassungen an Abbiegewiderständen, Anbindungen sowie Zu- und Abgangszeiten zu den öffentlichen Verkehrsmitteln.

Aus dem kalibrierten Basisfall, den Ansiedlungsszenarien von 2030 und möglichen ÖV-Varianten wurden für das Verkehrsmodell 6 Prognosereferenzfälle und 4 Maßnahmenplanfälle erstellt. Bei der Erstellung der Prognosereferenzfälle und Maßnahmenplanfälle wurde darauf geachtet, dass das Ceteris Paribus Prinzip eingehalten wurde. Bei der Auswertung wurden Vergleiche zwischen den Projektfällen gezogen. Dabei wurden verkehrliche Kenngrößen wie Modal Split, Fahrzeugkilometer, Personenkilometer, Reisezeit von Graz Umgebung nach Graz und Streckenbelastungen zwischen den Projektfällen verglichen. Weiters wurden Differenznetze angefertigt.

Die Analyse der Ergebnisse zeigt einen Anstieg der Verkehrsleistung und der mIV Reisezeit, wenn das angenommene Bevölkerungswachstum von 43.000 Einwohner im Umland erfolgt. Dargestellt wird dies von der nachfolgenden Tabelle 48. Der Maßnahmenplanfall 1, der von einer Bevölkerungsansiedlung in der Kernstadt ausgeht, besitzt weniger Fahrzeugkilometer in Graz und Graz Umgebung, als der Maßnahmenplanfall 2 und 3, die beide von einer Bevölkerungsansiedlung im Umland ausgehen. Die Personenkilometer in Graz sind bei einer Bevölkerungsansiedlung im Umland geringer als bei einer Ansiedlung in der Kernstadt. Hingegen wachsen die Personenkilometer in Graz Umgebung bei einer Bevölkerungsansiedlung im Umland. Die mIV Reisezeit von Graz Umgebung nach Graz verlängert sich bei einer Bevölkerungsansiedlung im Umland. Im Tagesdurchschnitt bedeutet das eine um ca. 0,8 Minuten längere mIV Reisezeit. In den Spitzenstunden verlängert sich die Reisezeit um ca. 1,5 Minuten.

	BF	PRF 3m	MPF 1	MPF 2	MPF 3
Fahrzeugkilometer Graz [Fzghm]	4832786	5198311	5221705	5255802	5252768
Personenkilometer Graz [Perskm]	904865	1015687	1176223	1155583	1157400
Fahrzeugkilometer Graz Umgebung [Fzghm]	10107981	10601230	10372192	10752969	10753147
Personenkilometer Graz Umgebung [Perskm]	531070	541600	545455	613360	612447
Reisezeit mIV im Tagesmittel von GU nach Graz [min]	23,1	23,5	23,4	24,2	24,1
Reisezeit mIV in der Spitzenstunde von GU nach Graz [min]	30,3	30,6	30,5	31,9	31,8

Tabelle 48: Vergleich der Verkehrsleistung und der Reisezeit zwischen den Projektfällen

Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass eine Verdichtung der Kernstadt besser von der Verkehrsinfrastruktur aufgenommen werden kann, als eine Ansiedlung im Umland. Auch eine Ansiedlung im Umland entlang der Einzugsbereiche der S-Bahn-Haltestellen bringt keine starke Verbesserung bezüglich der Fahrzeugkilometer in Graz. Somit ist die Verdichtung der Kernstadt, in Kombination mit dem Ausbau des öffentlichen Verkehrs, die verkehrlich beste Lösung. Dies liegt daran, dass die Wegelängen kurzgehalten werden können und der öffentliche Verkehr durch eine höhere Bevölkerungsdichte wirtschaftlicher wird.

Sollte das Bevölkerungswachstum und deren verkehrlichen Auswirkungen noch genauer untersucht werden, kann durch folgende Maßnahmen eine Verbesserung der Ergebnisse erzielt werden:

- 1. Erhöhung des Kalibrierungsaufwandes des Grundmodells:** Da es sich in dieser Arbeit um ein bereits bestehendes Verkehrsmodell handelte, konnte der Modellierungsaufwand gering gehalten werden. Jedoch hängt die Qualität der Ergebnisse stark von der Grundstruktur des Verkehrsmodells ab. Somit kann durch eine genauere Anpassung der Anbindungen, Abbiegewiderstände, Streckenkapazitäten, sowie Anpassungen an die Zu- und Abgangszeiten für Haltestellen eine genauere Kalibrierung erfolgen.
- 2. Aktualisierung der Mobilitätsraten:** Da das Verkehrsmodell noch Mobilitätsraten aus dem Jahr 2008 beinhaltet, kann durch eine Aktualisierung der Mobilitätsraten die Verkehrsnachfrage besser berechnet werden. Weiters ist anzumerken, dass sich die Mobilitätsraten bis zum Jahr 2030 ändern können und die Einbeziehung diverser Trends, die das Mobilitätsverhalten abbilden, sinnvoll sein könnte.
- 3. Erhebung weiterer Faktoren, die das Bevölkerungsansiedlungsverhalten beeinflussen können:** Dies können Informationen über weitere raumplanerische Maßnahmen bzw. die Einbeziehung der Flächenwidmungspläne in Graz Umgebung sein.
- 4. Erhebung von genaueren Strukturdaten:** Da die Zielwahl im Verkehrsmodell abhängig von den Potenzialen ist, kann sich die Verkehrsnachfrage durch eine genauere Erhebung der zukünftigen Strukturdaten (Arbeitsplätze, Schulplätze, Einkaufsflächen, Freizeitpotenzial) verändern.
- 5. Untersuchung des Fahrplans nach besseren Taktverbindungen:** Bei den Maßnahmenplanfällen erfolgte keine taktfeine Anpassung der öffentlichen Verkehrslinien. Durch eine Anpassung der Abfahrtszeiten können Umsteigebeziehungen verbessert werden und somit die Attraktivität des öffentlichen Verkehrs gegebenenfalls noch gesteigert werden.

Literaturverzeichnis

- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, A17 Landes- und Regionalentwicklung (2016): Regionale Bevölkerungsprognose Steiermark 2015/16 – Bundesland, Bezirk und Gemeinden, Heft 5/2016, Graz.
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, A16 Verkehr und Landeshochbau (2010): Regionales Verkehrskonzept Graz und Graz-Umgebung, Endbericht, Graz.
- Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Referat Kommunikation Land Steiermark (2012): Der Südgürtel [online] <http://www.suedguertel.steiermark.at> [18.08.2017]
- Bähr, J. (2008): Ursachen von Urbanisierung, Berlin-Institut, Berlin.
- Bähr, J. (2011): Einführung in die Urbanisierung, Berlin-Institut, Berlin.
- C&P Immobilien AG (2016): Brauquartier Puntigam [online] <http://www.brauquartier-puntigam.at> [18.08.2017]
- Dugge, B. (2006): Eine simultanes Erzeugungs-, Verteilungs-, Aufteilungs- und Routenwahlmodell (EVA-U), Dissertation am Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr – Technische Universität Dresden, Dresden.
- Fallast, K.; Fellendorf, M.; Haberl, M.; Hofer, K.; Huber, G.; Lebitsch, J.; Solymos, A. (2016): Ropeway_POT Potential der Stadtseilbahn im multimodalen Stadtverkehr Verkehrsbefragung, Nachfragemodellierung und Potentialanalyse der Murgondel, Planum Fallast Tischler & Partner GmbH, Institut für Straßen- und Verkehrswesen – Technische Universität Graz, Holding Graz Linien, Endbericht, Graz.
- Fellendorf, M. (2010): Verkehrsplanung, Institut für Straßen- und Verkehrswesen - Technische Universität Graz, Vorlesungsskript.
- Fellendorf, M.; Veit, P.; Walter, S.: Weißbuch Infrastruktur 2025+ Konzept zur langfristigen Entwicklung der Infrastruktur der GKB, Technische Universität Graz; Endbericht.
- Forschungsgesellschaft Straße, Schiene und Verkehr (FSV): Richtlinie RVS 02.01.11 Grundsätze der Verkehrsplanung, Wien, 2013.
- Friedrichs, J. (1978): Steuerungsmaßnahmen und Theorie der Suburbanisierung, Akademie für Raumforschung Landesplanung (Hrsg.) Beiträge zu Problemen der Suburbanisierung, 2. Teil, Hermann Schroedel Verlag, Hannover.
- Friedrich, M. (2011): Wie viele? Wohin? Womit? Was können uns Verkehrsnachfragemodelle wirklich sagen? Tagungsbericht Heureka 11, FGSV Verlag, Köln.
- Gaebe, W. (1987): Verdichtungsräume, Strukturen und Prozesse in weltweiten Vergleich, Teubner Verlag, Stuttgart.
- GUARD (2011): Endbericht Forschungsprojekt GUARD, Verkehr^{plus}, Institut für Straßen und Verkehrswesen - Technische Universität Graz, Endbericht.

- Höfler, S. (2013): Fahrplanverknüpfung zwischen Fern- und Nahverkehr an zentralen Knoten – Fallstudie am Beispiel Graz Hauptbahnhof, Masterarbeit am Institut für Straßen- und Verkehrswesen - Technische Universität Graz, Graz.
- Köhler, U. (2014): Einführung in die Verkehrsplanung – Grundlagen, Modellbildung, Verkehrsprognose, Verkehrsnetze, Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart.
- Lohse, D.; Scheider, R. (1997): Vergleichende Untersuchungen der aggregierten und disaggregierten Verkehrsplanungsmodelle, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr – Technische Universität Dresden, Dresden.
- Lohse, D. (1997): Ermittlung von Verkehrsströmen mit n-linearen Gleichungssystemen unter Beachtung von Nebenbedingungen einschließlich Parameterschätzung, Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr – Technische Universität Dresden, Dresden.
- Lohse, D.; Schnabel, W. (2011): Grundlagen der Straßenverkehrstechnik und der Verkehrsplanung, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin.
- Magistrat Graz – Präsidialabteilung Referat für Statistik (2015): Bevölkerungsprognose 2015 - 2034 für die Landeshauptstadt Graz, Graz.
- Nehrling, H. (1985): Verkehrsinfrastruktur an der Belastungsgrenze? Land Nordrhein – Westfalen.
- Österreichische Raumordnungskonferenz (2015): ÖROK – Regionalprognosen 2014, Wien.
- Planung Transport Verkehr AG (2014): PTV Visum 14 – Benutzerhandbuch, PTV Group, Karlsruhe
- Pongratz Bau G.m.b.H. (2016): Wohnbau Triside Graz [online] <http://pongratz.at/projekt/triside/> [18.08.2017]
- Rösch, S. (2015): Urbanisierung – Demographische Entwicklung und Auswirkungen im globalen Vergleich, Landesbank Baden-Württemberg.
- Sammer, G.; Röschel, G.; Sammer, G. (2014): Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung 2013, Endbericht, Graz.
- Sammer, G.; Röschel, G.; König, P.; Keppeler B. (2015): Modellrechnung Graz-West, Endbericht, Graz.
- Schiller, C. (2004): Integration des ruhenden Verkehrs in die Verkehrsangebots- und Verkehrsnachfragemodellierung, Dissertation am Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr – Technische Universität Dresden, Dresden.
- Schiller, C. (2007): Erweiterung der Verkehrsnachfragemodellierung um Aspekte der Raum- und Infrastrukturplanung, Habilitationsschrift am Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr – Technische Universität Dresden, Dresden.
- Schütte, F. (2000): Dynamische Simulation des werktäglichen motorisierten Individualverkehrs – am Beispiel der EXPO 2000 -, Institut für Verkehrswirtschaft, Straßenwesen und Städtebau - Universität Hannover, Hannover.

- Stadtbaudirektion der Stadt Graz (2010): Rahmenplan Graz – Reininghaus, Schlussbericht, Graz.
- Stadtbaudirektion der Stadt Graz (2015): Ankerstraße – Straßgangerstraße [online] <http://www.stadtentwicklung.graz.at/cms/ziel/4089392/DE> [18.08.2017].
- Stadtbaudirektion der Stadt Graz (2015): Smart City Graz [online] <http://www.smartcitygraz.at> [18.08.2017].
- Stadtbaudirektion der Stadt Graz (2015): Wohnpark West [online] <http://www.stadtentwicklung.graz.at/cms/beitrag/10138385/2852837/> [18.08.2017].
- Statistik Austria (2014): Hochschulprognose 2014, Wien.
- Steiermärkisches Raumordnungsgesetz (StROG) von 23. März 2010, LGBl. Nr. 49/2010.
- Steinwald, G.; Künne, H.; Vogt, W. (2005): Stadtverkehrsplanung, Methoden, Ziele, Springer Verlag, Berlin.
- Umweltbundesamt (2017): Auswirkungen des Verkehrs [online] http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/verkehr/auswirkungen_verkehr/ [27.07.2017].
- Vrtic, M. (2003): Simultanes Routen- und Verkehrsmittelwahlmodell, Dissertation am Institut für Verkehrsplanung und Straßenverkehr – Technische Universität Dresden, Dresden.

Anhang

Anhang 1 – Modal Split des Basisfalls

Quellverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	20241	22491	16127	6460	23308	88627
II	St. Leonhard	11789	15560	10809	5350	11794	55303
III	Geidorf	10623	21273	21197	9335	16708	79136
IV	Lend	13781	21615	21595	10355	18147	85493
V	Gries	15807	24464	22644	10644	15810	89368
VI	Jakomini	15947	24736	17965	8784	16412	83843
VII	Liebenau	1677	5114	18396	6295	8822	40305
VIII	St. Peter	2100	5876	13827	5145	6247	33195
IX	Waltendorf	2931	5671	10294	3964	4462	27322
X	Ries	271	1343	5544	2452	2319	11929
XI	Mariatrost	795	2899	8877	3727	4512	20809
XII	Andritz	636	4331	17391	6704	9416	38478
XIII	Gösting	991	3537	11958	4723	6158	27368
XIV	Eggenberg	3612	9407	18998	8200	10736	50953
XV	Wetzelsdorf	2232	5358	13763	5367	6203	32923
XVI	Straßgang	1582	4521	19132	7240	8131	40607
XVII	Puntigam	774	2985	12370	4566	3925	24620
Gesamt		105789	181181	260887	109312	173109	830279

Zielverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	20578	22693	17383	6569	23549	90772
II	St. Leonhard	11714	15583	10949	5430	11806	55482
III	Geidorf	10490	20916	20573	9192	17041	78213
IV	Lend	13679	21670	21817	10040	18540	85747
V	Gries	15823	24482	22936	10519	16146	89906
VI	Jakomini	15834	24456	17972	9313	16178	83753
VII	Liebenau	1703	5141	17929	6623	8506	39902
VIII	St. Peter	2083	5769	13758	5334	6152	33096
IX	Waltendorf	2940	5710	10350	3996	4365	27361
X	Ries	270	1353	5509	2381	2273	11785
XI	Mariatrost	809	3019	8871	3861	4232	20793
XII	Andritz	630	4227	17328	6684	9150	38019
XIII	Gösting	982	3579	11848	4687	6118	27214
XIV	Eggenberg	3659	9562	18931	8087	10741	50980
XV	Wetzelsdorf	2203	5358	13796	5222	6240	32819
XVI	Straßgang	1607	4596	18850	6930	8199	40183
XVII	Puntigam	784	3069	12087	4444	3871	24254
Gesamt		105789	181181	260887	109312	173109	830279

Binnenverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	6748	1203	1656	16	100	9723
II	St. Leonhard	3687	1129	338	58	182	5394
III	Geidorf	5530	3172	1619	467	951	11740
IV	Lend	8994	3090	1492	434	852	14863
V	Gries	7996	3444	1732	452	644	14268
VI	Jakomini	7810	3376	873	285	535	12880
VII	Liebenau	2143	815	1907	407	333	5606
VIII	St. Peter	2050	541	830	161	70	3652
IX	Waltendorf	982	316	441	97	56	1891
X	Ries	492	124	171	63	24	874
XI	Mariatrost	817	271	465	146	89	1789
XII	Andritz	4962	1277	1784	416	256	8695
XIII	Gösting	1730	408	630	145	89	3002
XIV	Eggenberg	4253	1342	1472	369	298	7734
XV	Wetzelsdorf	2196	414	549	82	46	3287
XVI	Straßgang	2291	951	2309	578	357	6486
XVII	Puntigam	1020	319	713	143	55	2251
Gesamt		63701	22194	18981	4320	4939	114136

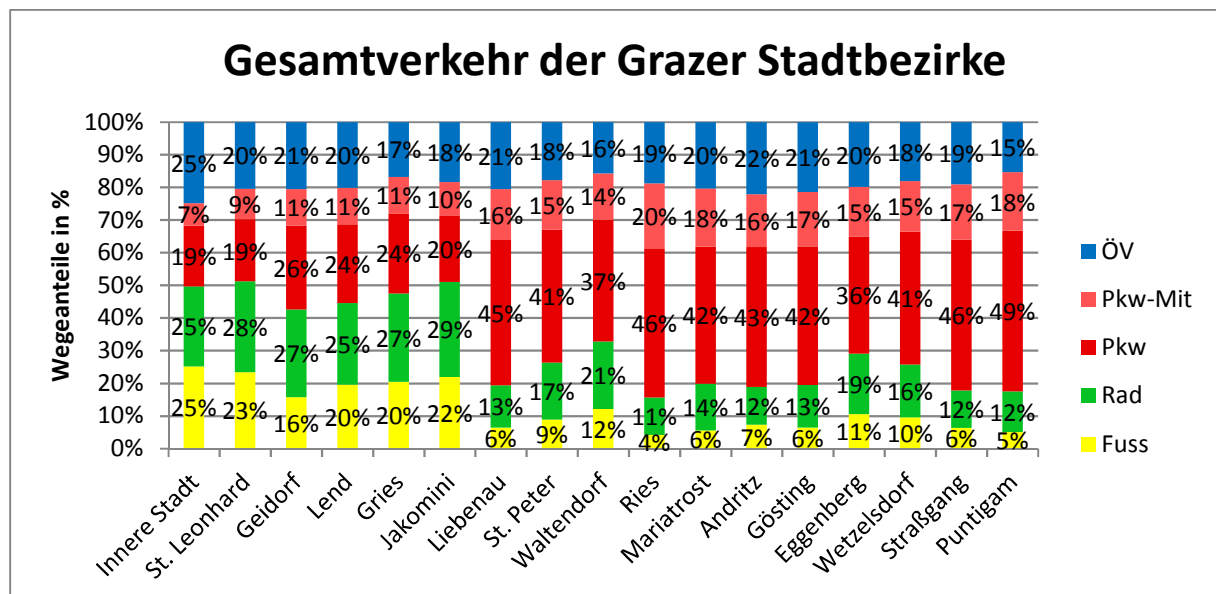
Gesamtverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	47568	46387	35166	13045	46957	189123
II	St. Leonhard	27189	32273	22095	10839	23783	116179
III	Geidorf	26644	45361	43390	18993	34700	169089
IV	Lend	36454	46375	44905	20829	37539	186103
V	Gries	39627	52389	47311	21615	32601	193543
VI	Jakomini	39591	52567	36810	18383	33125	180476
VII	Liebenau	5523	11071	38232	13325	17661	85812
VIII	St. Peter	6233	12186	28415	10640	12470	69943
IX	Waltendorf	6852	11697	21085	8056	8883	56573
X	Ries	1032	2820	11224	4896	4615	24588
XI	Mariatrost	2422	6189	18214	7735	8833	43392
XII	Andritz	6229	9835	36503	13804	18822	85192
XIII	Gösting	3703	7524	24436	9555	12366	57584
XIV	Eggenberg	11524	20311	39401	16656	21775	109668
XV	Wetzelsdorf	6631	11130	28108	10670	12490	69029
XVI	Straßgang	5480	10069	40291	14748	16687	87276
XVII	Puntigam	2578	6372	25170	9153	7851	51125
Gesamt		275280	384557	540756	222943	351158	1774694

Gesamtverkehr in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	25%	25%	19%	7%	25%	100%
II	St. Leonhard	23%	28%	19%	9%	20%	100%
III	Geidorf	16%	27%	26%	11%	21%	100%
IV	Lend	20%	25%	24%	11%	20%	100%
V	Gries	20%	27%	24%	11%	17%	100%
VI	Jakomini	22%	29%	20%	10%	18%	100%
VII	Liebenau	6%	13%	45%	16%	21%	100%
VIII	St. Peter	9%	17%	41%	15%	18%	100%
IX	Waltendorf	12%	21%	37%	14%	16%	100%
X	Ries	4%	11%	46%	20%	19%	100%
XI	Mariatrost	6%	14%	42%	18%	20%	100%
XII	Andritz	7%	12%	43%	16%	22%	100%
XIII	Gösting	6%	13%	42%	17%	21%	100%
XIV	Eggenberg	11%	19%	36%	15%	20%	100%
XV	Wetzelsdorf	10%	16%	41%	15%	18%	100%
XVI	Straßgang	6%	12%	46%	17%	19%	100%
XVII	Puntigam	5%	12%	49%	18%	15%	100%
	Gesamt	16%	22%	30%	13%	20%	100%

Modal Split Diagramm des Grazer Gesamtverkehrs:



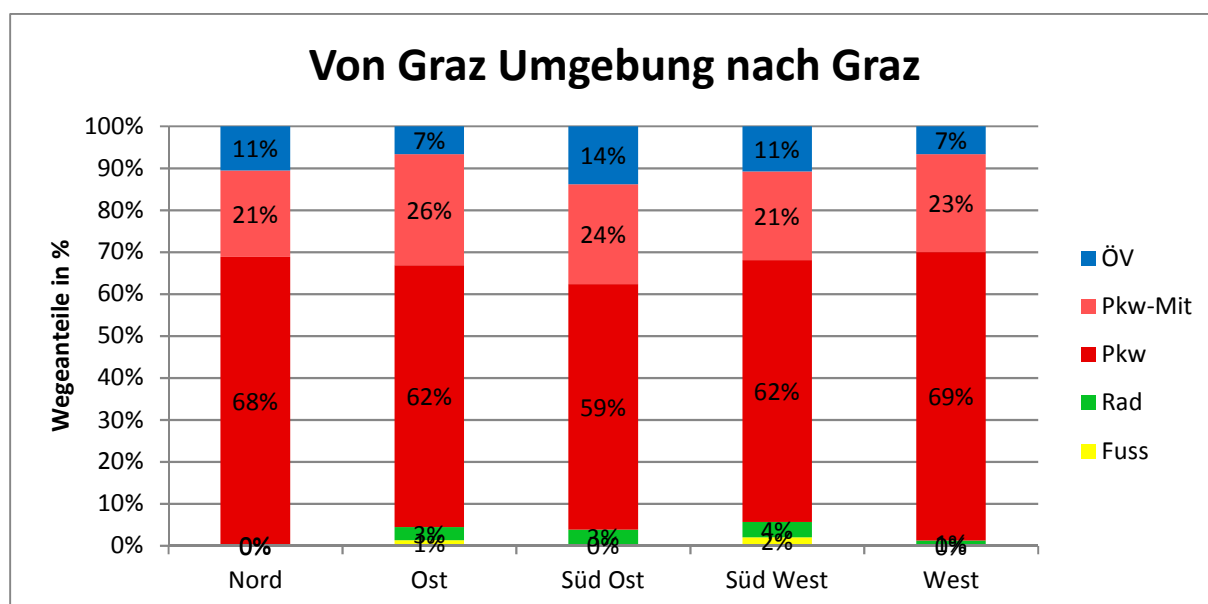
Modal Split von Graz Umgebung nach Graz:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	6	112	22312	6715	3436	32580
II	Ost	280	677	13595	5752	1456	21760
III	Süd Ost	146	1467	24909	10105	5905	42533
IV	Süd West	1205	2233	38185	12933	6599	61155
V	West	1	128	7401	2506	721	10758
Gesamt		1639	4617	106402	38011	18116	168785

Modal Split von Graz Umgebung nach Graz in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	68%	21%	11%	100%
II	Ost	1%	3%	62%	26%	7%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	59%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	4%	62%	21%	11%	100%
V	West	0%	1%	69%	23%	7%	100%
Gesamt		1%	3%	63%	23%	11%	100%

Modal Split Diagramm von Graz Umgebung nach Graz:



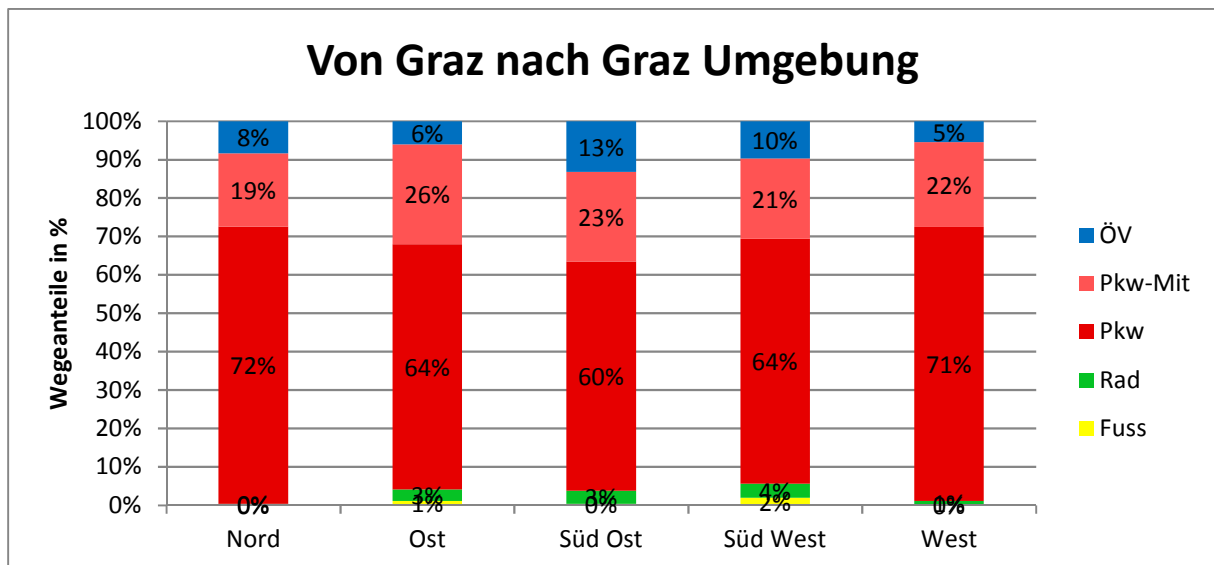
Modal Split von Graz nach Graz Umgebung:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	5	94	22116	5824	2575	30614
II	Ost	235	621	13433	5463	1272	21024
III	Süd Ost	141	1411	24528	9594	5423	41097
IV	Süd West	1143	2153	37177	12195	5688	58356
V	West	1	116	7463	2312	573	10466
Gesamt		1525	4395	104717	35388	15532	161557

Modal Split von Graz nach Graz Umgebung in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	72%	19%	8%	100%
II	Ost	1%	3%	64%	26%	6%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	60%	23%	13%	100%
IV	Süd West	2%	4%	64%	21%	10%	100%
V	West	0%	1%	71%	22%	5%	100%
Gesamt		1%	3%	65%	22%	10%	100%

Modal Split Diagramm von Graz nach Graz Umgebung:



Anhang 2 – Modal Split des Prognosereferenzfall 3m

Quellverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	21409	23406	17576	7105	26727	96223
II	St. Leonhard	12548	15918	11864	5961	13717	60009
III	Geidorf	11263	21013	23088	10284	18886	84534
IV	Lend	16283	24532	26410	13112	21915	102252
V	Gries	18564	26702	25929	12423	18449	102067
VI	Jakomini	17023	25196	19616	9728	18936	90498
VII	Liebenau	1886	5450	20507	7140	10323	45306
VIII	St. Peter	2370	6371	15706	6008	7613	38067
IX	Waltendorf	3194	5705	11221	4426	5137	29682
X	Ries	309	1364	6111	2762	2698	13243
XI	Mariatrost	887	2965	9747	4191	5229	23020
XII	Andritz	698	4472	18940	7507	10576	42192
XIII	Gösting	1063	3579	12640	5112	6576	28969
XIV	Eggenberg	6060	13936	28068	12022	15004	75090
XV	Wetzelsdorf	3749	6983	17117	6675	7801	42326
XVI	Straßgang	1892	5123	22756	8821	9820	48411
XVII	Puntigam	910	3476	14702	5594	5082	29764
Gesamt		120108	196191	301997	128871	204488	951653

Zielverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	21741	23536	18655	7280	26944	98156
II	St. Leonhard	12460	15933	11957	6082	13730	60162
III	Geidorf	11138	20686	22456	10133	19288	83701
IV	Lend	16185	24643	26673	12710	22432	102643
V	Gries	18611	26720	26212	12275	18939	102757
VI	Jakomini	16883	24900	19573	10376	18656	90389
VII	Liebenau	1911	5451	20000	7566	9877	44805
VIII	St. Peter	2344	6218	15646	6265	7449	37921
IX	Waltendorf	3201	5737	11261	4463	5024	29686
X	Ries	307	1373	6074	2678	2644	13076
XI	Mariatrost	901	3090	9737	4355	4901	22984
XII	Andritz	691	4362	18872	7478	10264	41666
XIII	Gösting	1054	3627	12529	5056	6561	28827
XIV	Eggenberg	6147	14180	28251	11830	15006	75415
XV	Wetzelsdorf	3701	6984	17220	6480	7871	42256
XVI	Straßgang	1911	5186	22465	8419	9902	47883
XVII	Puntigam	921	3564	14417	5423	5000	29326
Gesamt		120108	196191	301997	128871	204488	951654

Binnenverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	6897	1114	1634	16	105	9765
II	St. Leonhard	3934	1105	347	63	203	5652
III	Geidorf	5743	2945	1640	488	1019	11836
IV	Lend	11790	3750	1906	576	1065	19087
V	Gries	9042	3668	1938	533	766	15946
VI	Jakomini	8217	3198	892	299	588	13195
VII	Liebenau	2464	898	2053	474	398	6288
VIII	St. Peter	2465	622	930	197	89	4303
IX	Waltendorf	1073	320	462	109	65	2029
X	Ries	573	135	184	74	29	995
XI	Mariatrost	929	287	494	168	107	1985
XII	Andritz	5428	1353	1848	466	294	9389
XIII	Gösting	1725	391	604	145	91	2956
XIV	Eggenberg	7416	2410	2948	731	480	13985
XV	Wetzelsdorf	2790	521	773	121	68	4272
XVI	Straßgang	2995	1172	2764	777	482	8191
XVII	Puntigam	1313	379	857	179	75	2804
Gesamt		74795	24268	22273	5416	5923	132676

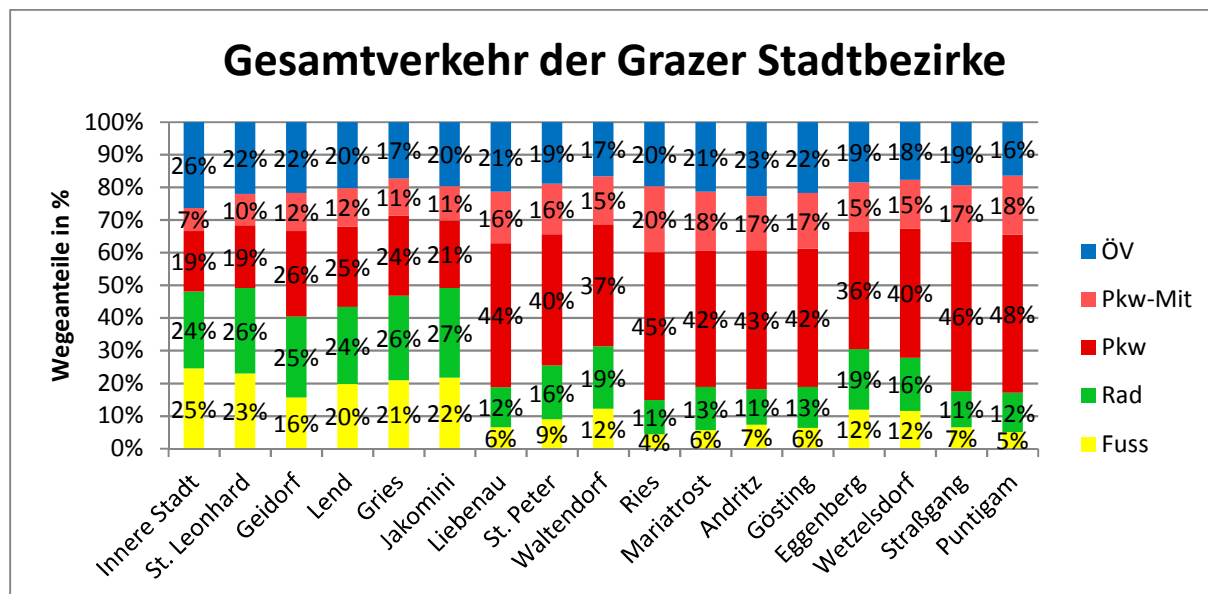
Gesamtverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	50047	48056	37865	14401	53775	204144
II	St. Leonhard	28942	32956	24168	12107	27651	125823
III	Geidorf	28145	44644	47184	20905	39192	180071
IV	Lend	44258	52926	54988	26398	45412	223982
V	Gries	46217	57089	54079	25231	38154	220770
VI	Jakomini	42123	53295	40081	20403	38180	194082
VII	Liebenau	6261	11800	42560	15180	20598	96398
VIII	St. Peter	7179	13210	32282	12470	15150	80291
IX	Waltendorf	7469	11763	22944	8998	10225	61398
X	Ries	1188	2872	12369	5514	5371	27314
XI	Mariatrost	2718	6342	19978	8715	10237	47989
XII	Andritz	6817	10186	39660	15451	21133	93247
XIII	Gösting	3842	7597	25772	10313	13228	60751
XIV	Eggenberg	19623	30526	59267	24583	30490	164490
XV	Wetzelsdorf	10240	14488	35110	13276	15740	88854
XVI	Straßgang	6798	11481	47985	18016	20204	104484
XVII	Puntigam	3145	7420	29976	11197	10157	61894
Gesamt		315011	416649	626267	263158	414898	2035983

Gesamtverkehr in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	25%	24%	19%	7%	26%	100%
II	St. Leonhard	23%	26%	19%	10%	22%	100%
III	Geidorf	16%	25%	26%	12%	22%	100%
IV	Lend	20%	24%	25%	12%	20%	100%
V	Gries	21%	26%	24%	11%	17%	100%
VI	Jakomini	22%	27%	21%	11%	20%	100%
VII	Liebenau	6%	12%	44%	16%	21%	100%
VIII	St. Peter	9%	16%	40%	16%	19%	100%
IX	Waltendorf	12%	19%	37%	15%	17%	100%
X	Ries	4%	11%	45%	20%	20%	100%
XI	Mariatrost	6%	13%	42%	18%	21%	100%
XII	Andritz	7%	11%	43%	17%	23%	100%
XIII	Gösting	6%	13%	42%	17%	22%	100%
XIV	Eggenberg	12%	19%	36%	15%	19%	100%
XV	Wetzelsdorf	12%	16%	40%	15%	18%	100%
XVI	Straßgang	7%	11%	46%	17%	19%	100%
XVII	Puntigam	5%	12%	48%	18%	16%	100%
	Gesamt	15%	20%	31%	13%	20%	100%

Modal Split Diagramm des Grazer Gesamtverkehrs:



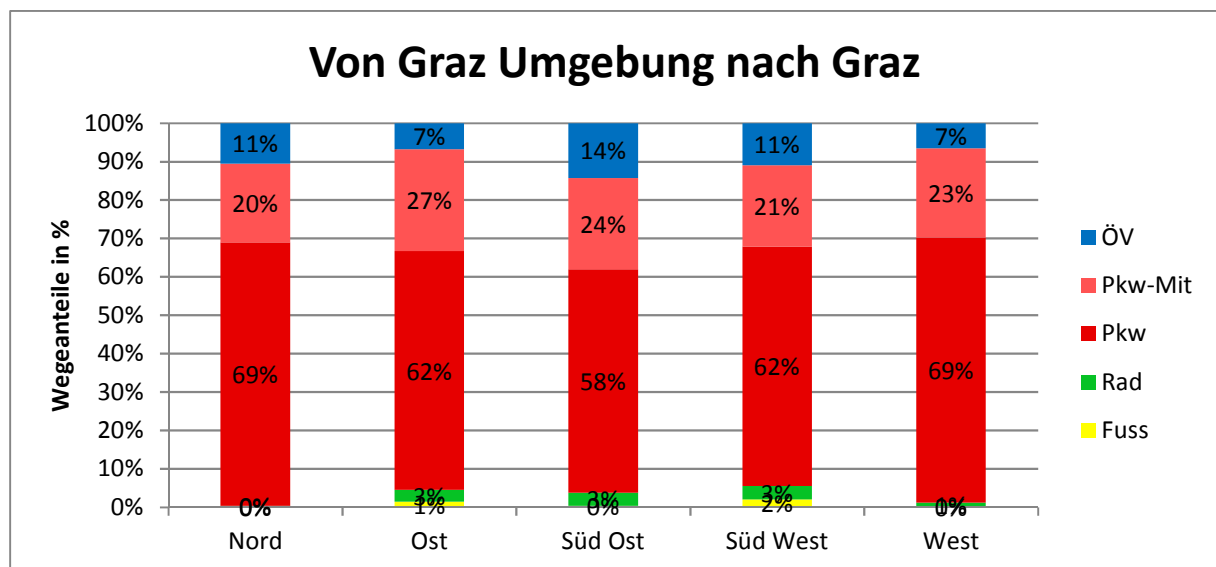
Modal Split von Graz Umgebung nach Graz:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	7	113	23301	6955	3573	33949
II	Ost	324	705	14246	6077	1558	22910
III	Süd Ost	174	1571	27016	11051	6627	46439
IV	Süd West	1378	2335	41808	14188	7333	67044
V	West	1	129	7652	2570	729	11080
Gesamt		1885	4854	114022	40842	19820	181423

Modal Split von Graz Umgebung nach Graz in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	69%	20%	11%	100%
II	Ost	1%	3%	62%	27%	7%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	58%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	3%	62%	21%	11%	100%
V	West	0%	1%	69%	23%	7%	100%
Gesamt		1%	3%	63%	23%	11%	100%

Modal Split Diagramm von Graz Umgebung nach Graz:



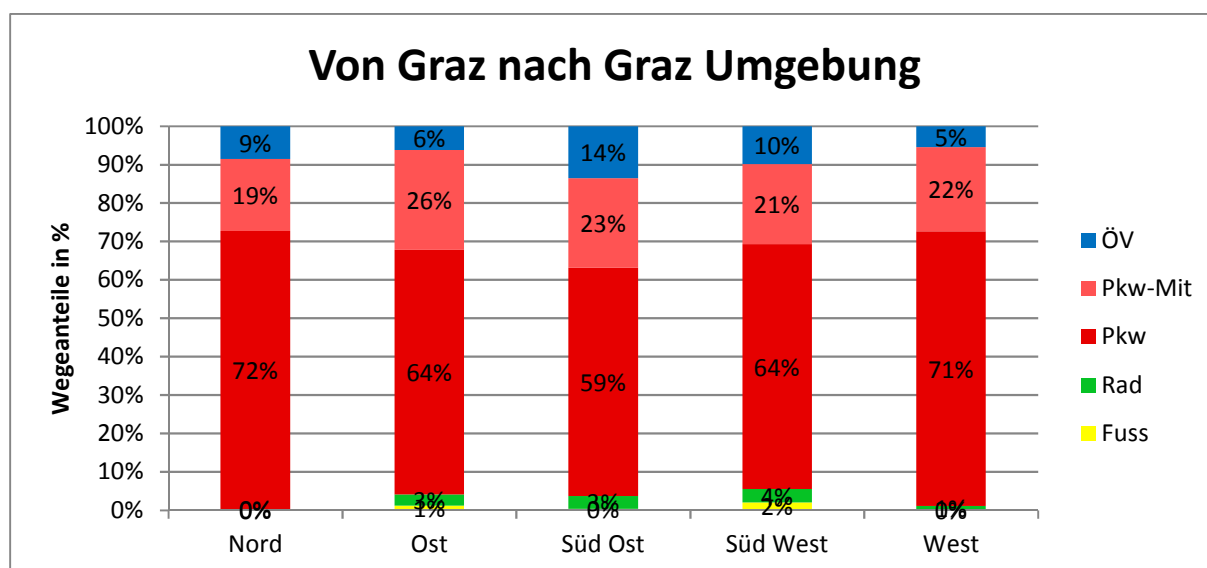
Modal Split von Graz nach Graz Umgebung:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	6	95	23149	5995	2725	31970
II	Ost	271	647	14093	5771	1368	22150
III	Süd Ost	167	1505	26675	10499	6069	44916
IV	Süd West	1295	2245	40839	13341	6319	64040
V	West	1	117	7710	2366	590	10785
Gesamt		1740	4609	112466	37973	17071	173859

Modal Split von Graz nach Graz Umgebung in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	72%	19%	9%	100%
II	Ost	1%	3%	64%	26%	6%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	59%	23%	14%	100%
IV	Süd West	2%	4%	64%	21%	10%	100%
V	West	0%	1%	71%	22%	5%	100%
Gesamt		1%	3%	65%	22%	10%	100%

Modal Split Diagramm von Graz nach Graz Umgebung:



Anhang 3 – Modal Split des Maßnahmenplanfall 1a

Quellverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	21555	23424	17451	6951	26559	95940
II	St. Leonhard	12553	15956	11823	5940	13794	60066
III	Geidorf	11266	21078	22995	10196	18848	84383
IV	Lend	16474	24458	26264	13003	22095	102295
V	Gries	19125	26476	25697	12300	18983	102581
VI	Jakomini	16987	24984	19542	9645	19382	90541
VII	Liebenau	1889	5430	20475	7178	10271	45244
VIII	St. Peter	2352	6286	15712	6027	7735	38112
IX	Waltendorf	3170	5675	11209	4423	5247	29724
X	Ries	303	1352	6107	2742	2698	13201
XI	Mariatrost	884	2964	9738	4172	5242	22999
XII	Andritz	688	4470	18922	7519	10534	42133
XIII	Gösting	1063	3564	12627	5068	6722	29044
XIV	Eggenberg	7074	14208	27701	11848	14625	75455
XV	Wetzelsdorf	3798	6937	16994	6552	8098	42378
XVI	Straßgang	1910	5165	22695	8832	10145	48747
XVII	Puntigam	924	3536	14679	5609	5158	29907
Gesamt		122012	195963	300632	128006	206138	952750

Zielverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	21907	23498	18583	7210	26748	97946
II	St. Leonhard	12451	15977	11925	6069	13735	60157
III	Geidorf	11150	20779	22404	10109	19267	83710
IV	Lend	16346	24474	26533	12539	22752	102644
V	Gries	19175	26447	25998	12280	19246	103146
VI	Jakomini	16864	24787	19500	10307	18964	90422
VII	Liebenau	1923	5522	19952	7454	9957	44808
VIII	St. Peter	2324	6183	15652	6281	7505	37945
IX	Waltendorf	3182	5734	11252	4494	5067	29730
X	Ries	302	1367	6072	2674	2643	13057
XI	Mariatrost	897	3084	9727	4328	4948	22984
XII	Andritz	681	4345	18867	7428	10340	41661
XIII	Gösting	1051	3597	12484	4980	6714	28825
XIV	Eggenberg	7142	14457	27813	11566	14739	75717
XV	Wetzelsdorf	3773	6981	17092	6436	8113	42395
XVI	Straßgang	1910	5168	22383	8413	10269	48143
XVII	Puntigam	933	3564	14395	5438	5130	29459
Gesamt		122012	195963	300632	128006	206138	952750

Binnenverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	6886	1114	1629	16	124	9769
II	St. Leonhard	3920	1102	346	63	204	5635
III	Geidorf	5710	2932	1636	485	1012	11775
IV	Lend	11709	3727	1906	578	1091	19011
V	Gries	9091	3590	1930	528	769	15908
VI	Jakomini	8192	3190	891	300	641	13215
VII	Liebenau	2476	896	2028	437	376	6214
VIII	St. Peter	2419	609	930	193	85	4236
IX	Waltendorf	1061	317	462	107	64	2010
X	Ries	562	132	183	72	29	978
XI	Mariatrost	924	285	494	167	106	1977
XII	Andritz	5392	1344	1847	461	291	9335
XIII	Gösting	1707	387	604	143	91	2932
XIV	Eggenberg	7120	2451	3018	769	524	13882
XV	Wetzelsdorf	2739	513	771	119	58	4199
XVI	Straßgang	2908	1159	2758	771	506	8103
XVII	Puntigam	1298	379	856	179	76	2788
Gesamt		74114	24128	22290	5389	6047	131968

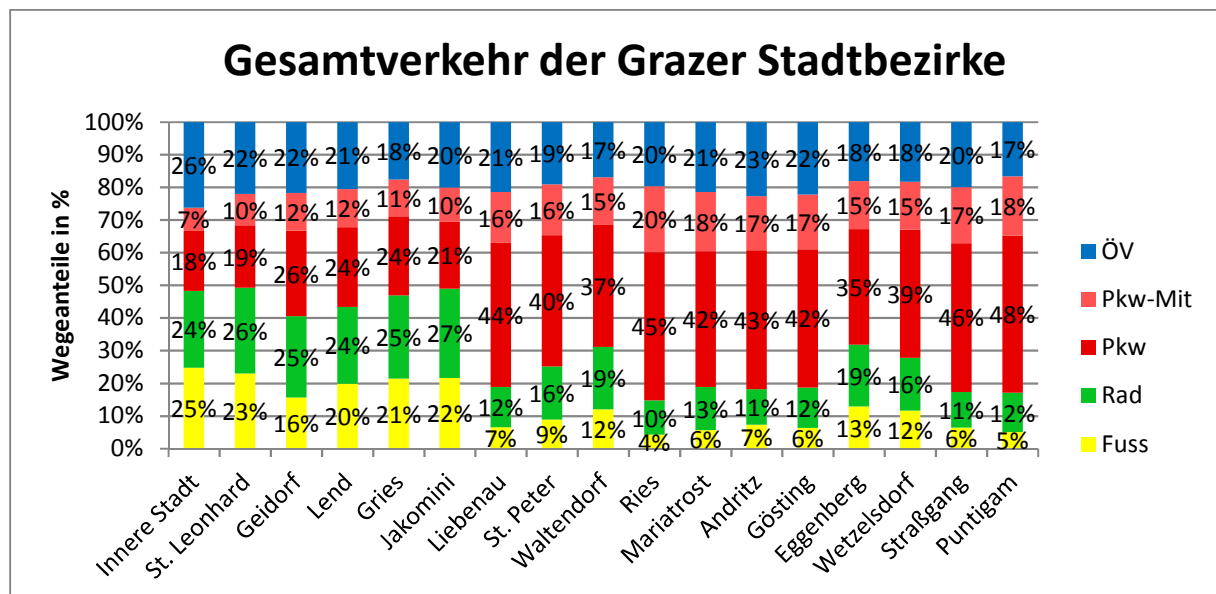
Gesamtverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	50348	48036	37663	14177	53430	203654
II	St. Leonhard	28924	33034	24094	12072	27734	125858
III	Geidorf	28126	44788	47036	20790	39127	179868
IV	Lend	44529	52658	54703	26121	45938	223950
V	Gries	47391	56513	53625	25108	38998	221635
VI	Jakomini	42043	52962	39933	20252	38988	194178
VII	Liebenau	6288	11849	42456	15069	20605	96266
VIII	St. Peter	7095	13079	32293	12500	15325	80293
IX	Waltendorf	7413	11727	22922	9025	10377	61465
X	Ries	1166	2851	12362	5488	5370	27237
XI	Mariatrost	2705	6333	19959	8667	10297	47960
XII	Andritz	6761	10159	39636	15407	21166	93129
XIII	Gösting	3821	7547	25715	10191	13527	60801
XIV	Eggenberg	21336	31116	58533	24183	29887	165055
XV	Wetzelsdorf	10310	14430	34856	13106	16269	88972
XVI	Straßgang	6728	11492	47837	18016	20920	104993
XVII	Puntigam	3154	7478	29931	11227	10364	62154
Gesamt		318138	416053	623554	261400	418323	2037467

Gesamtverkehr in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	25%	24%	18%	7%	26%	100%
II	St. Leonhard	23%	26%	19%	10%	22%	100%
III	Geidorf	16%	25%	26%	12%	22%	100%
IV	Lend	20%	24%	24%	12%	21%	100%
V	Gries	21%	25%	24%	11%	18%	100%
VI	Jakomini	22%	27%	21%	10%	20%	100%
VII	Liebenau	7%	12%	44%	16%	21%	100%
VIII	St. Peter	9%	16%	40%	16%	19%	100%
IX	Waltendorf	12%	19%	37%	15%	17%	100%
X	Ries	4%	10%	45%	20%	20%	100%
XI	Mariatrost	6%	13%	42%	18%	21%	100%
XII	Andritz	7%	11%	43%	17%	23%	100%
XIII	Gösting	6%	12%	42%	17%	22%	100%
XIV	Eggenberg	13%	19%	35%	15%	18%	100%
XV	Wetzelsdorf	12%	16%	39%	15%	18%	100%
XVI	Straßgang	6%	11%	46%	17%	20%	100%
XVII	Puntigam	5%	12%	48%	18%	17%	100%
	Gesamt	16%	20%	31%	13%	21%	100%

Modal Split Diagramm des Grazer Gesamtverkehrs:



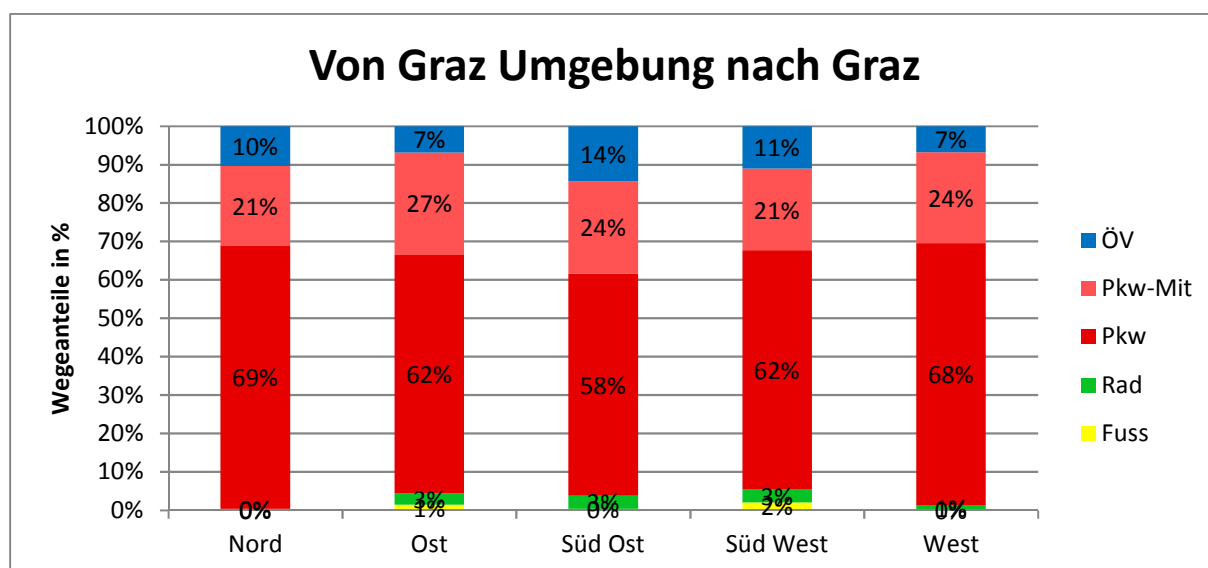
Modal Split von Graz Umgebung nach Graz:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	7	117	23318	7016	3537	33994
II	Ost	324	704	14244	6095	1568	22935
III	Süd Ost	176	1603	27011	11189	6726	46704
IV	Süd West	1369	2339	41792	14276	7431	67207
V	West	1	133	7661	2654	762	11211
Gesamt		1877	4895	114025	41230	20024	182051

Modal Split von Graz Umgebung nach Graz in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	69%	21%	10%	100%
II	Ost	1%	3%	62%	27%	7%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	58%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	3%	62%	21%	11%	100%
V	West	0%	1%	68%	24%	7%	100%
Gesamt		1%	3%	63%	23%	11%	100%

Modal Split Diagramm von Graz Umgebung nach Graz:



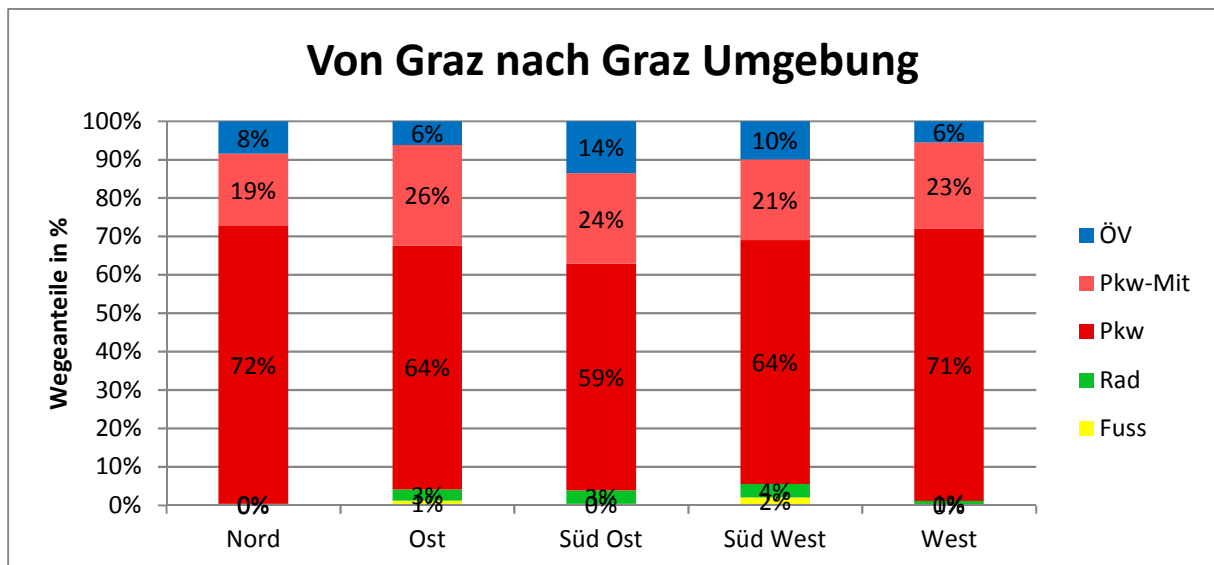
Modal Split von Graz nach Graz Umgebung:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	6	98	23154	6029	2720	32007
II	Ost	271	647	14096	5807	1370	22192
III	Süd Ost	170	1557	26682	10683	6110	45202
IV	Süd West	1299	2258	40828	13481	6398	64264
V	West	1	124	7716	2456	600	10897
Gesamt		1746	4685	112477	38456	17198	174562

Modal Split von Graz nach Graz Umgebung in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	72%	19%	8%	100%
II	Ost	1%	3%	64%	26%	6%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	59%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	4%	64%	21%	10%	100%
V	West	0%	1%	71%	23%	6%	100%
Gesamt		1%	3%	64%	22%	10%	100%

Modal Split Diagramm von Graz nach Graz Umgebung:



Anhang 4 – Modal Split des Maßnahmenplanfall 1b

Quellverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	22247	23999	17809	7146	27293	98493
II	St. Leonhard	12823	16130	11902	5986	13944	60786
III	Geidorf	11481	21249	23058	10171	19154	85114
IV	Lend	16650	24677	26422	13074	22181	103004
V	Gries	19214	26740	25847	12504	19033	103338
VI	Jakomini	17317	25138	19620	9682	19451	91208
VII	Liebenau	1931	5524	20585	7285	10369	45693
VIII	St. Peter	2393	6362	15718	6036	7801	38310
IX	Waltendorf	3230	5749	11228	4442	5300	29949
X	Ries	308	1369	6114	2750	2714	13255
XI	Mariatrost	898	3006	9761	4202	5304	23170
XII	Andritz	703	4517	18927	7485	10722	42354
XIII	Gösting	1084	3623	12680	5124	6680	29192
XIV	Eggenberg	6363	13220	25057	10731	13680	69051
XV	Wetzelsdorf	3370	6465	15893	6095	7846	39669
XVI	Straßgang	1919	5135	22722	8648	9783	48208
XVII	Puntigam	959	3567	14776	5570	5121	29993
Gesamt		122890	196469	298119	126930	206377	950785

Zielverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	22563	24063	18962	7395	27475	100457
II	St. Leonhard	12713	16117	11989	6083	13903	60805
III	Geidorf	11377	20954	22437	10073	19497	84338
IV	Lend	16543	24704	26718	12591	22886	103441
V	Gries	19288	26693	26152	12451	19368	103952
VI	Jakomini	17224	24954	19579	10307	19059	91122
VII	Liebenau	1964	5614	20069	7529	10068	45244
VIII	St. Peter	2368	6269	15657	6263	7584	38142
IX	Waltendorf	3248	5817	11271	4494	5129	29959
X	Ries	307	1385	6078	2672	2664	13106
XI	Mariatrost	914	3133	9749	4339	5016	23151
XII	Andritz	697	4415	18867	7450	10442	41871
XIII	Gösting	1072	3653	12565	5021	6733	29043
XIV	Eggenberg	6376	13390	25093	10486	13830	69174
XV	Wetzelsdorf	3329	6501	15952	6000	7796	39579
XVI	Straßgang	1934	5179	22465	8308	9920	47806
XVII	Puntigam	971	3630	14517	5468	5008	29594
Gesamt		122890	196469	298119	126930	206377	950785

Binnenverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	7154	1151	1711	16	107	10138
II	St. Leonhard	3989	1119	357	64	208	5737
III	Geidorf	5818	2978	1665	496	1035	11992
IV	Lend	12026	3819	1967	596	1107	19515
V	Gries	9306	3663	1978	542	779	16268
VI	Jakomini	8340	3236	910	305	651	13442
VII	Liebenau	2504	462	649	103	55	3774
VIII	St. Peter	2452	617	942	195	86	4292
IX	Waltendorf	1080	322	469	110	65	2046
X	Ries	572	135	186	74	29	996
XI	Mariatrost	939	289	502	170	108	2007
XII	Andritz	5484	1364	1883	468	294	9493
XIII	Gösting	1780	403	622	150	94	3048
XIV	Eggenberg	5756	2089	2404	647	450	11346
XV	Wetzelsdorf	2504	462	649	103	55	3774
XVI	Straßgang	3129	1216	2853	807	453	8458
XVII	Puntigam	1339	385	879	180	73	2857
Gesamt		74170	23711	20626	5028	5649	129184

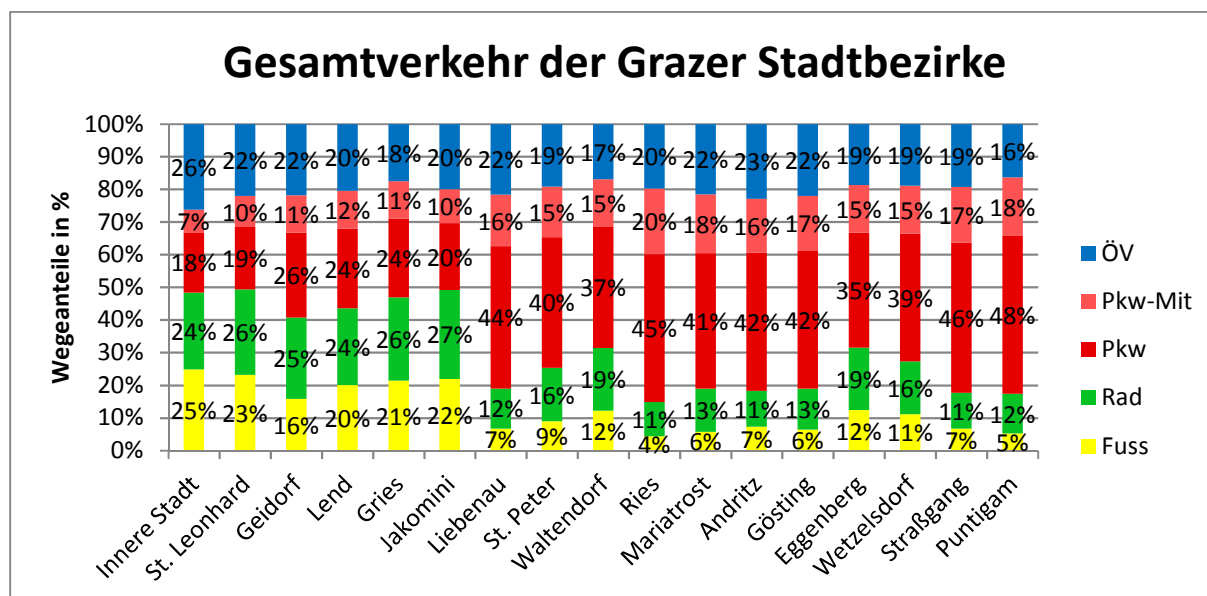
Gesamtverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	51963	49212	38482	14557	54875	209089
II	St. Leonhard	29526	33366	24248	12133	28055	127328
III	Geidorf	28677	45181	47160	20741	39686	181444
IV	Lend	45219	53200	55106	26261	46174	225960
V	Gries	47807	57096	53977	25498	39180	223559
VI	Jakomini	42881	53328	40108	20295	39161	195773
VII	Liebenau	6399	11600	41302	14917	20493	94711
VIII	St. Peter	7213	13248	32317	12494	15471	80744
IX	Waltendorf	7558	11888	22969	9045	10494	61954
X	Ries	1187	2888	12378	5496	5407	27356
XI	Mariatrost	2750	6428	20012	8711	10427	48328
XII	Andritz	6885	10296	39677	15402	21458	93718
XIII	Gösting	3936	7679	25867	10295	13506	61283
XIV	Eggenberg	18495	28699	52554	21863	27960	149572
XV	Wetzelsdorf	9202	13429	32494	12199	15697	83021
XVI	Straßgang	6983	11530	48040	17763	20156	104472
XVII	Puntigam	3269	7581	30173	11218	10203	62444
Gesamt		319950	416649	616864	258889	418404	2030755

Gesamtverkehr in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	25%	24%	18%	7%	26%	100%
II	St. Leonhard	23%	26%	19%	10%	22%	100%
III	Geidorf	16%	25%	26%	11%	22%	100%
IV	Lend	20%	24%	24%	12%	20%	100%
V	Gries	21%	26%	24%	11%	18%	100%
VI	Jakomini	22%	27%	20%	10%	20%	100%
VII	Liebenau	7%	12%	44%	16%	22%	100%
VIII	St. Peter	9%	16%	40%	15%	19%	100%
IX	Waltendorf	12%	19%	37%	15%	17%	100%
X	Ries	4%	11%	45%	20%	20%	100%
XI	Mariatrost	6%	13%	41%	18%	22%	100%
XII	Andritz	7%	11%	42%	16%	23%	100%
XIII	Gösting	6%	13%	42%	17%	22%	100%
XIV	Eggenberg	12%	19%	35%	15%	19%	100%
XV	Wetzelsdorf	11%	16%	39%	15%	19%	100%
XVI	Straßgang	7%	11%	46%	17%	19%	100%
XVII	Puntigam	5%	12%	48%	18%	16%	100%
	Gesamt	16%	21%	30%	13%	21%	100%

Modal Split Diagramm des Grazer Gesamtverkehrs:



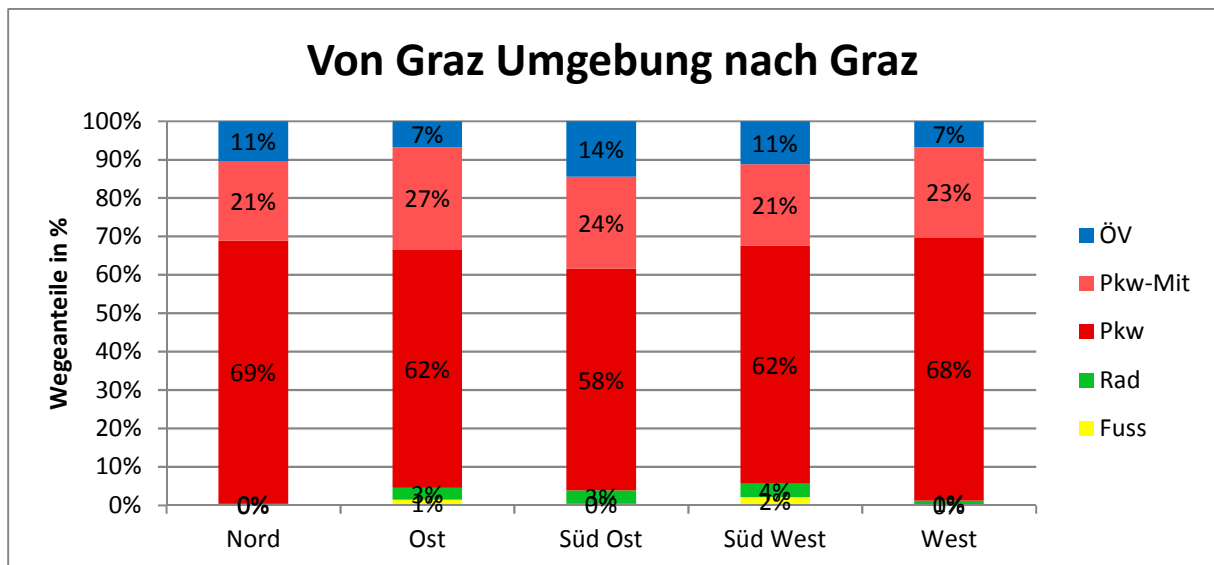
Modal Split von Graz Umgebung nach Graz:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	7	117	23153	6947	3558	33782
II	Ost	325	708	14187	6080	1560	22859
III	Süd Ost	180	1626	26996	11191	6759	46751
IV	Süd West	1397	2365	41785	14295	7569	67412
V	West	1	133	7568	2597	752	11051
Gesamt		1910	4949	113690	41110	20198	181856

Modal Split von Graz Umgebung nach Graz in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	69%	21%	11%	100%
II	Ost	1%	3%	62%	27%	7%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	58%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	4%	62%	21%	11%	100%
V	West	0%	1%	68%	23%	7%	100%
Gesamt		1%	3%	63%	23%	11%	100%

Modal Split Diagramm von Graz Umgebung nach Graz:



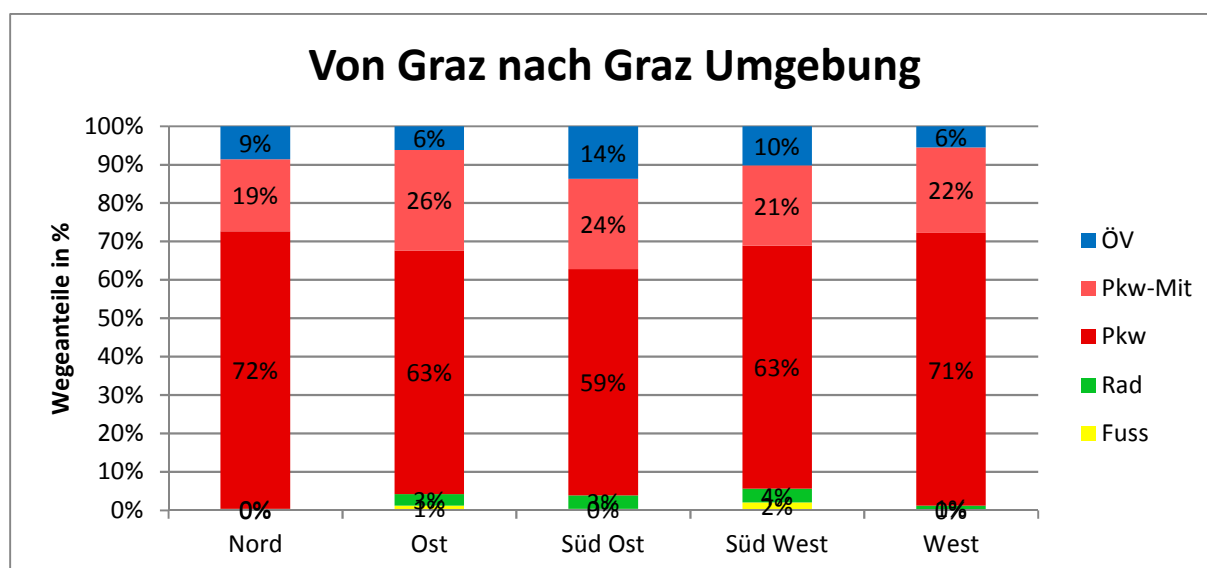
Modal Split von Graz nach Graz Umgebung:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	6	99	22990	5957	2747	31800
II	Ost	272	653	14033	5784	1366	22108
III	Süd Ost	173	1577	26651	10647	6197	45245
IV	Süd West	1312	2281	40837	13524	6576	64532
V	West	1	123	7629	2391	600	10743
Gesamt		1764	4733	112140	38303	17487	174427

Modal Split von Graz nach Graz Umgebung in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	72%	19%	9%	100%
II	Ost	1%	3%	63%	26%	6%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	59%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	4%	63%	21%	10%	100%
V	West	0%	1%	71%	22%	6%	100%
Gesamt		1%	3%	64%	22%	10%	100%

Modal Split Diagramm von Graz nach Graz Umgebung:



Anhang 5 – Modal Split des Maßnahmenplanfall 2

Quellverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	20460	21005	16140	6247	23903	87756
II	St. Leonhard	11895	14548	10843	5322	12439	55047
III	Geidorf	10640	19206	20845	9050	17200	76940
IV	Lend	14542	21225	22813	11160	19398	89137
V	Gries	16822	23753	23338	11209	17193	92315
VI	Jakomini	16104	22801	17901	8738	17549	83094
VII	Liebenau	1723	4876	18184	6369	9104	40256
VIII	St. Peter	2123	5518	13657	5215	6663	33176
IX	Waltendorf	2958	5233	10192	4010	4802	27196
X	Ries	277	1223	5454	2442	2418	11814
XI	Mariatrost	807	2692	8737	3741	4735	20712
XII	Andritz	644	4104	17097	6719	9750	38315
XIII	Gösting	1032	3401	11763	4743	6317	27255
XIV	Eggenberg	4284	9272	19409	8429	10991	52386
XV	Wetzelsdorf	2448	5117	13442	5219	6573	32799
XVI	Straßgang	1674	4391	19307	7302	8345	41019
XVII	Puntigam	843	3000	12602	4709	4225	25379
Gesamt		109277	171366	261724	110627	181605	834599

Zielverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	20734	21072	17757	6476	24063	90102
II	St. Leonhard	11783	14515	11029	5425	12367	55120
III	Geidorf	10532	18860	20238	8982	17447	76058
IV	Lend	14465	21270	23184	10756	20067	89742
V	Gries	16854	23740	23762	11191	17530	93077
VI	Jakomini	16005	22606	17947	9307	17168	83033
VII	Liebenau	1756	4959	17544	6561	8830	39649
VIII	St. Peter	2105	5446	13516	5393	6486	32947
IX	Waltendorf	2974	5301	10226	4062	4651	27213
X	Ries	276	1236	5398	2373	2368	11651
XI	Mariatrost	822	2808	8698	3868	4468	20665
XII	Andritz	639	4005	16947	6662	9471	37725
XIII	Gösting	1016	3425	11589	4643	6353	27027
XIV	Eggenberg	4351	9474	19334	8250	11186	52595
XV	Wetzelsdorf	2418	5168	13437	5145	6553	32720
XVI	Straßgang	1691	4429	18891	6949	8474	40435
XVII	Puntigam	855	3052	12227	4583	4123	24840
Gesamt		109277	171366	261724	110627	181605	834599

Binnenverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	6775	1089	1767	16	101	9747
II	St. Leonhard	3704	1039	355	60	193	5351
III	Geidorf	5392	2765	1599	460	958	11173
IV	Lend	10049	3227	1779	507	967	16529
V	Gries	8592	3410	1926	508	731	15166
VI	Jakomini	7823	3036	893	288	611	12650
VII	Liebenau	2196	794	1856	389	334	5568
VIII	St. Peter	2057	518	817	163	72	3628
IX	Waltendorf	990	295	436	100	60	1882
X	Ries	507	120	168	65	26	886
XI	Mariatrost	836	258	454	151	96	1795
XII	Andritz	4985	1239	1742	424	268	8658
XIII	Gösting	1729	393	612	147	91	2973
XIV	Eggenberg	4363	1347	1618	410	328	8065
XV	Wetzelsdorf	2178	385	538	82	44	3227
XVI	Straßgang	2531	983	2399	646	366	6925
XVII	Puntigam	1089	320	761	153	60	2383
Gesamt		65795	21219	19719	4569	5304	116606

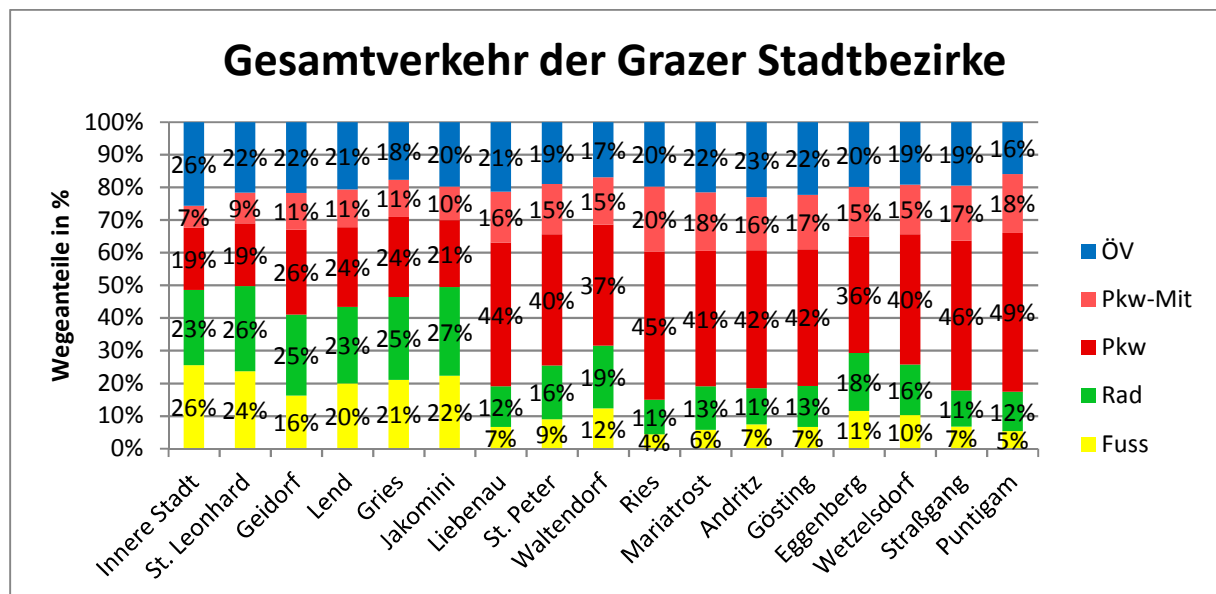
Gesamtverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	47968	43167	35664	12739	48067	187606
II	St. Leonhard	27383	30103	22227	10806	24999	115518
III	Geidorf	26563	40830	42681	18491	35606	164171
IV	Lend	39057	45721	47776	22423	40431	195408
V	Gries	42269	50903	49026	22908	35453	200559
VI	Jakomini	39933	48443	36741	18333	35327	178777
VII	Liebenau	5675	10629	37584	13319	18267	85474
VIII	St. Peter	6285	11483	27990	10771	13221	69750
IX	Waltendorf	6921	10830	20854	8173	9512	56291
X	Ries	1060	2579	11020	4881	4812	24351
XI	Mariatrost	2465	5758	17890	7761	9299	43173
XII	Andritz	6268	9349	35786	13806	19489	84697
XIII	Gösting	3777	7220	23964	9533	12761	57256
XIV	Eggenberg	12998	20093	40361	17090	22504	113046
XV	Wetzelsdorf	7044	10670	27418	10446	13169	68747
XVI	Straßgang	5896	9803	40596	14897	17185	88378
XVII	Puntigam	2787	6372	25590	9445	8408	52603
Gesamt		284349	363952	543168	225823	368513	1785804

Gesamtverkehr in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	26%	23%	19%	7%	26%	100%
II	St. Leonhard	24%	26%	19%	9%	22%	100%
III	Geidorf	16%	25%	26%	11%	22%	100%
IV	Lend	20%	23%	24%	11%	21%	100%
V	Gries	21%	25%	24%	11%	18%	100%
VI	Jakomini	22%	27%	21%	10%	20%	100%
VII	Liebenau	7%	12%	44%	16%	21%	100%
VIII	St. Peter	9%	16%	40%	15%	19%	100%
IX	Waltendorf	12%	19%	37%	15%	17%	100%
X	Ries	4%	11%	45%	20%	20%	100%
XI	Mariatrost	6%	13%	41%	18%	22%	100%
XII	Andritz	7%	11%	42%	16%	23%	100%
XIII	Gösting	7%	13%	42%	17%	22%	100%
XIV	Eggenberg	11%	18%	36%	15%	20%	100%
XV	Wetzelsdorf	10%	16%	40%	15%	19%	100%
XVI	Straßgang	7%	11%	46%	17%	19%	100%
XVII	Puntigam	5%	12%	49%	18%	16%	100%
	Gesamt	16%	20%	30%	13%	21%	100%

Modal Split Diagramm des Grazer Gesamtverkehrs:



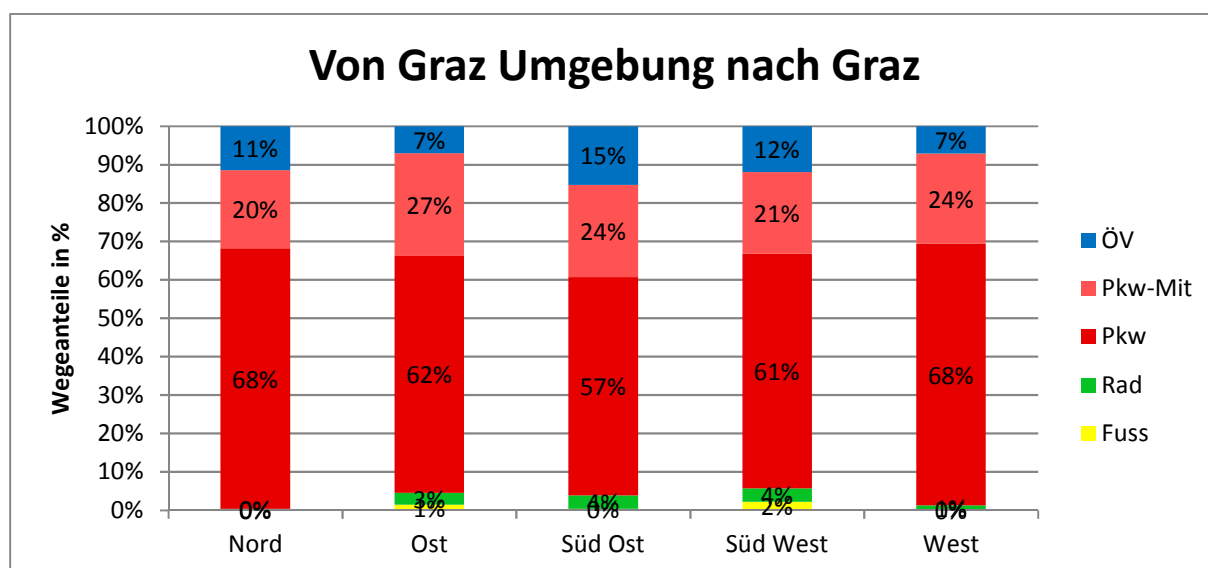
Modal Split von Graz Umgebung nach Graz:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	8	150	28008	8424	4719	41308
II	Ost	404	888	17477	7581	1997	28347
III	Süd Ost	207	1947	31400	13292	8431	55277
IV	Süd West	1662	2712	46874	16284	9156	76687
V	West	2	169	9337	3223	982	13712
Gesamt		2282	5865	133096	48804	25285	215331

Modal Split von Graz Umgebung nach Graz in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	68%	20%	11%	100%
II	Ost	1%	3%	62%	27%	7%	100%
III	Süd Ost	0%	4%	57%	24%	15%	100%
IV	Süd West	2%	4%	61%	21%	12%	100%
V	West	0%	1%	68%	24%	7%	100%
Gesamt		1%	3%	62%	23%	12%	100%

Modal Split Diagramm von Graz Umgebung nach Graz:



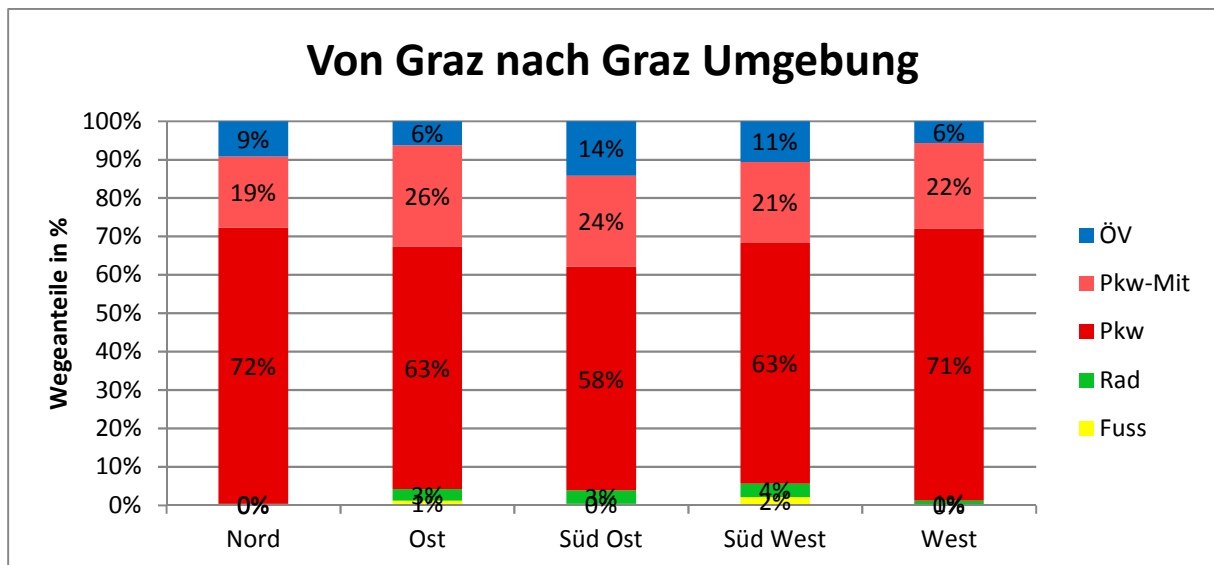
Modal Split von Graz nach Graz Umgebung:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	7	125	27936	7197	3571	38835
II	Ost	335	814	17356	7225	1737	27468
III	Süd Ost	195	1863	31177	12650	7616	53502
IV	Süd West	1542	2600	46125	15485	7814	73565
V	West	1	154	9463	2977	767	13362
Gesamt		2080	5557	132056	45534	21505	206732

Modal Split von Graz nach Graz Umgebung in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	72%	19%	9%	100%
II	Ost	1%	3%	63%	26%	6%	100%
III	Süd Ost	0%	3%	58%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	4%	63%	21%	11%	100%
V	West	0%	1%	71%	22%	6%	100%
Gesamt		1%	3%	64%	22%	10%	100%

Modal Split Diagramm von Graz nach Graz Umgebung:



Anhang 6 – Modal Split des Maßnahmenplanfall 3

Quellverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	20460	21004	16140	6250	23900	87755
II	St. Leonhard	11895	14548	10841	5321	12439	55044
III	Geidorf	10639	19204	20844	9050	17197	76935
IV	Lend	14542	21224	22814	11162	19396	89138
V	Gries	16823	23755	23340	11207	17194	92319
VI	Jakomini	16105	22802	17903	8737	17550	83097
VII	Liebenau	1723	4875	18189	6369	9101	40256
VIII	St. Peter	2123	5517	13657	5215	6662	33174
IX	Waltendorf	2958	5232	10191	4010	4802	27192
X	Ries	277	1222	5452	2443	2415	11809
XI	Mariatrost	807	2689	8733	3743	4727	20699
XII	Andritz	644	4101	17093	6714	9740	38292
XIII	Gösting	1032	3402	11767	4742	6319	27261
XIV	Eggenberg	4284	9272	19412	8431	10989	52388
XV	Wetzelsdorf	2448	5117	13447	5220	6572	32804
XVI	Straßgang	1675	4395	19319	7307	8356	41052
XVII	Puntigam	844	3003	12610	4710	4232	25400
Gesamt		109277	171363	261753	110632	181590	834615

Zielverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	20732	21069	17765	6480	24055	90101
II	St. Leonhard	11783	14514	11031	5428	12364	55120
III	Geidorf	10531	18857	20240	8985	17444	76057
IV	Lend	14466	21271	23185	10752	20069	89742
V	Gries	16855	23741	23765	11189	17530	93080
VI	Jakomini	16005	22606	17948	9309	17166	83034
VII	Liebenau	1756	4959	17546	6562	8829	39652
VIII	St. Peter	2105	5445	13518	5396	6484	32948
IX	Waltendorf	2973	5301	10226	4063	4650	27213
X	Ries	276	1236	5398	2374	2366	11651
XI	Mariatrost	822	2806	8700	3872	4464	20664
XII	Andritz	639	4004	16949	6666	9468	37725
XIII	Gösting	1016	3426	11588	4641	6355	27027
XIV	Eggenberg	4352	9476	19335	8245	11189	52598
XV	Wetzelsdorf	2418	5170	13439	5143	6554	32724
XVI	Straßgang	1692	4431	18891	6945	8478	40437
XVII	Puntigam	855	3053	12228	4581	4125	24842
Gesamt		109277	171363	261753	110632	181590	834615

Binnenverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	6775	1089	1766	16	101	9747
II	St. Leonhard	3704	1039	355	60	193	5350
III	Geidorf	5392	2765	1599	460	958	11173
IV	Lend	10049	3227	1779	507	967	16529
V	Gries	8592	3410	1927	508	731	15167
VI	Jakomini	7823	3036	893	288	611	12651
VII	Liebenau	2195	794	1856	389	334	5568
VIII	St. Peter	2057	518	817	163	72	3627
IX	Waltendorf	990	295	436	101	59	1881
X	Ries	507	120	168	65	26	886
XI	Mariatrost	836	258	454	151	96	1794
XII	Andritz	4981	1238	1742	424	267	8653
XIII	Gösting	1729	393	613	147	91	2974
XIV	Eggenberg	4362	1346	1618	410	328	8065
XV	Wetzelsdorf	2178	385	539	82	44	3228
XVI	Straßgang	2534	984	2401	647	366	6932
XVII	Puntigam	1090	320	762	153	60	2386
Gesamt		65794	21219	19723	4570	5304	116610

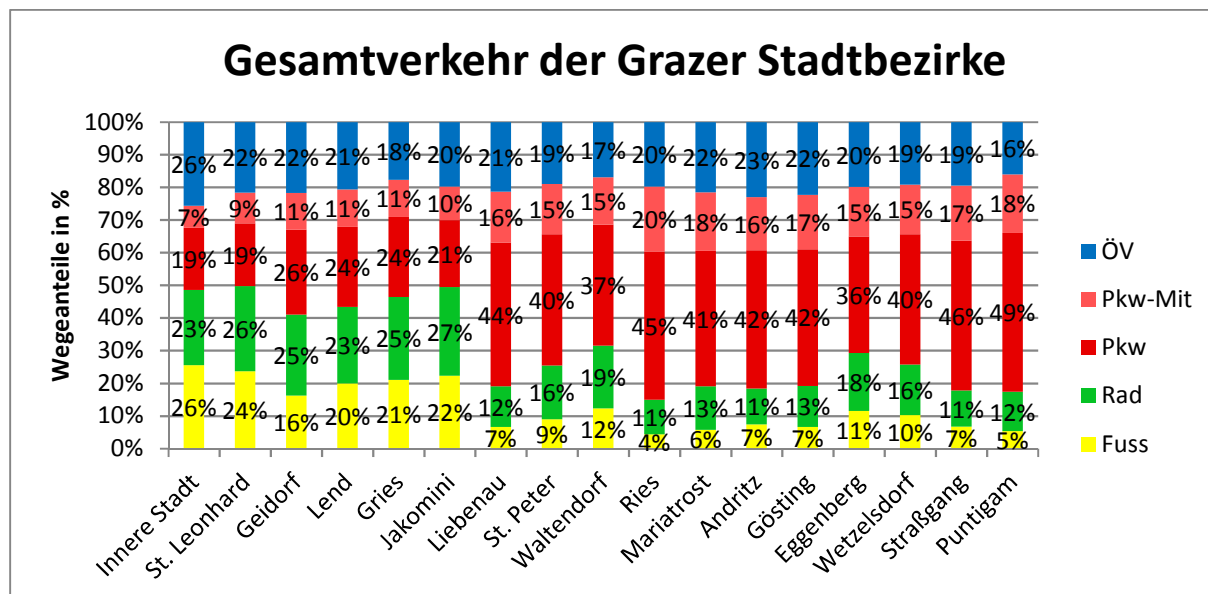
Gesamtverkehr:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	47967	43162	35671	12746	48056	187602
II	St. Leonhard	27382	30101	22227	10809	24995	115514
III	Geidorf	26561	40827	42683	18495	35600	164165
IV	Lend	39057	45721	47778	22421	40432	195408
V	Gries	42270	50905	49031	22904	35455	200566
VI	Jakomini	39933	48444	36743	18334	35327	178782
VII	Liebenau	5674	10628	37591	13320	18263	85476
VIII	St. Peter	6284	11480	27992	10774	13218	69748
IX	Waltendorf	6921	10828	20853	8174	9511	56286
X	Ries	1060	2577	11019	4883	4807	24346
XI	Mariatrost	2464	5753	17887	7766	9287	43158
XII	Andritz	6264	9343	35784	13804	19475	84670
XIII	Gösting	3777	7221	23968	9530	12766	57262
XIV	Eggenberg	12998	20095	40365	17086	22506	113051
XV	Wetzelsdorf	7044	10672	27424	10445	13170	68756
XVI	Straßgang	5900	9811	40612	14898	17201	88422
XVII	Puntigam	2790	6377	25600	9445	8416	52628
Gesamt		284347	363945	543228	225834	368484	1785839

Gesamtverkehr in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Innere Stadt	26%	23%	19%	7%	26%	100%
II	St. Leonhard	24%	26%	19%	9%	22%	100%
III	Geidorf	16%	25%	26%	11%	22%	100%
IV	Lend	20%	23%	24%	11%	21%	100%
V	Gries	21%	25%	24%	11%	18%	100%
VI	Jakomini	22%	27%	21%	10%	20%	100%
VII	Liebenau	7%	12%	44%	16%	21%	100%
VIII	St. Peter	9%	16%	40%	15%	19%	100%
IX	Waltendorf	12%	19%	37%	15%	17%	100%
X	Ries	4%	11%	45%	20%	20%	100%
XI	Mariatrost	6%	13%	41%	18%	22%	100%
XII	Andritz	7%	11%	42%	16%	23%	100%
XIII	Gösting	7%	13%	42%	17%	22%	100%
XIV	Eggenberg	11%	18%	36%	15%	20%	100%
XV	Wetzelsdorf	10%	16%	40%	15%	19%	100%
XVI	Straßgang	7%	11%	46%	17%	19%	100%
XVII	Puntigam	5%	12%	49%	18%	16%	100%
	Gesamt	16%	20%	30%	13%	21%	100%

Modal Split Diagramm des Grazer Gesamtverkehrs:



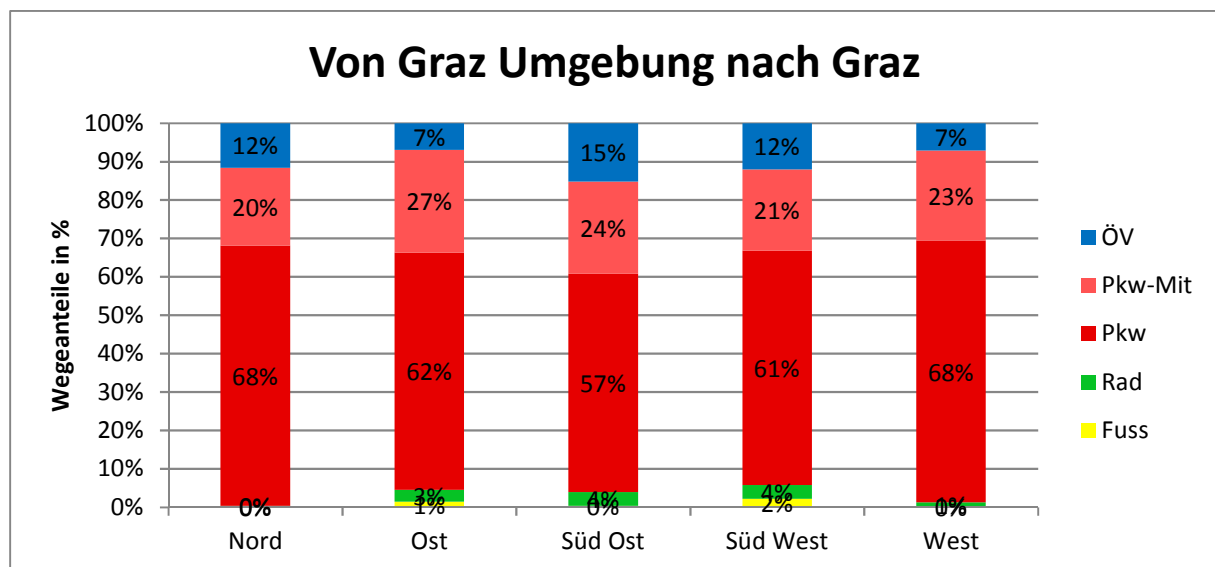
Modal Split von Graz Umgebung nach Graz:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	8	159	28774	8639	4923	42503
II	Ost	376	827	16462	7116	1856	26636
III	Süd Ost	203	1946	30815	13005	8246	54215
IV	Süd West	1742	2832	48422	16834	9542	79372
V	West	2	156	8718	3004	906	12786
Gesamt		2330	5920	133191	48598	25473	215511

Modal Split von Graz Umgebung nach Graz in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	68%	20%	12%	100%
II	Ost	1%	3%	62%	27%	7%	100%
III	Süd Ost	0%	4%	57%	24%	15%	100%
IV	Süd West	2%	4%	61%	21%	12%	100%
V	West	0%	1%	68%	23%	7%	100%
Gesamt		1%	3%	62%	23%	12%	100%

Modal Split Diagramm von Graz Umgebung nach Graz:



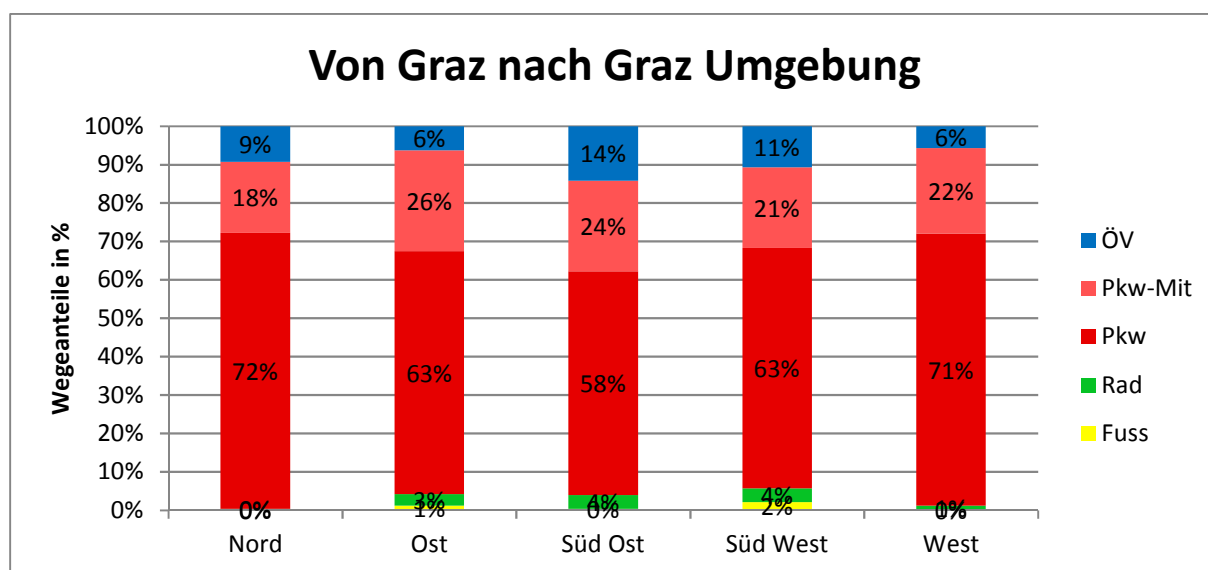
Modal Split von Graz nach Graz Umgebung:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	7	132	28730	7386	3714	39969
II	Ost	313	758	16326	6773	1615	25785
III	Süd Ost	191	1866	30552	12382	7460	52451
IV	Süd West	1613	2713	47745	16030	8134	76234
V	West	1	143	8813	2769	711	12438
Gesamt		2125	5612	132166	45340	21635	206877

Modal Split von Graz nach Graz Umgebung in Prozent:

Nr.	Stadtbezirk	Fuß	Rad	Pkw	Pkw-Mit	ÖV	Gesamt
I	Nord	0%	0%	72%	18%	9%	100%
II	Ost	1%	3%	63%	26%	6%	100%
III	Süd Ost	0%	4%	58%	24%	14%	100%
IV	Süd West	2%	4%	63%	21%	11%	100%
V	West	0%	1%	71%	22%	6%	100%
Gesamt		1%	3%	64%	22%	10%	100%

Modal Split Diagramm von Graz nach Graz Umgebung:



Anhang 7 – Streckenbelastungen der Einfahrtsstraßen

Strecke	Fahrtrichtung	BF [Fzg/d]	MPF1a [Fzg/d]	MPF1b [Fzg/d]	MPF2 [Fzg/d]	MPF3 [Fzg/d]
Wiener Straße	Stadteinwärts	15678	16917	17007	17071	17246
Wiener Straße	Stadtauswärts	16448	17933	17639	17735	17872
Weinzöttlstraße	Stadteinwärts	11411	11607	12066	12250	12007
Weinzöttlstraße	Stadtauswärts	10562	10592	10737	11102	11203
Mariatroster Straße	Stadteinwärts	8129	8295	8118	8490	8659
Mariatroster Straße	Stadtauswärts	8192	8348	8392	8966	8944
Elisabethstraße	Stadteinwärts	7599	7811	7654	7718	7835
Elisabethstraße	Stadtauswärts	8705	9241	9072	9169	9234
Plüddemanngasse	Stadteinwärts	7761	7983	8036	8193	7970
Plüddemanngasse	Stadtauswärts	6231	6577	6524	6575	6409
Liebenauer Hauptstraße	Stadteinwärts	5485	5767	5703	5855	5771
Liebenauer Hauptstraße	Stadtauswärts	5937	6321	6132	6074	6346
Triester Straße	Stadteinwärts	8248	8577	8554	9300	9321
Triester Straße	Stadtauswärts	9197	9356	9180	9856	9944

DVD:

