

Verkehrsuntersuchung Alternativenprüfung zur Fahrstreifenerweiterung A9 zwischen Knoten Graz-West und Anschlussstelle Wildon

- Ergebnisbericht -

Auftraggeber:

Amt der Stmk. Landesregierung
A16 Verkehr und Landeshochbau
Referat Gesamtverkehrsplanung und Straßeninfrastruktur
Stempfergasse 7
8010 Graz

Bearbeiter Technische Universität Graz

Martin Fellendorf
Karl Hofer
Thomas Veit

Bearbeiter:in Trafility GmbH

Georg Kribernegg
Florian Koppelhuber
Elisabeth Scherounigg

Graz, 20.10.2023



Institut für Straßen- und Verkehrswesen



Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	6
1.1. Aufgabenstellung	6
1.2. Arbeitsschritte	6
1.3. Projektablauf	7
1.4. Projektabgrenzung	9
2. Aufbau Verkehrsmodell Steiermark 2022	11
2.1. Modellgrundlagen	11
2.2. Grundlagen Bestandsverkehr	13
2.2.1. Zählstellen motorisierter Individualverkehr	13
2.2.2. Erhebungen Öffentlicher Verkehr	13
2.2.3. Historische Verkehrsentwicklung	14
2.2.4. Modal Split	16
2.2.5. Reiseweitenverteilung	17
2.3. Untersuchungs- und Planungsgebiet	18
2.4. Netzangebot im IV und ÖV	22
2.4.1. IV-Streckennetz Bestand	22
2.4.2. ÖV-Angebot Bestand	22
2.5. Verkehrserzeugung und Lageindizes	23
2.5.1. Definition und Berechnung der Lageindizes	23
2.5.2. Aktivitätenketten und Mobilitätsraten	26
2.6. Zielwahl	29
2.7. Moduswahl	31
2.8. Güterverkehrsnachfrage im Binnenverkehr	35
2.9. Externe Verkehrsnachfrage für Pkw und Lkw	36
2.10. Korrektur Nachfragematrix mIV	37
2.11. Verkehrsumlegung	38
2.11.1. mIV-Umlegung	38
2.11.2. ÖV-Umlegung	42
2.12. Modellvalidierung – Qualitätskriterien	43

2.12.1.	Konfidenzintervalle nach QUALIVERMO	43
2.12.2.	SQV-Statistiken	47
2.12.3.	Elastizitäten	49
2.12.4.	Modal Split	50
2.12.5.	Reiseweitenverteilung	51
2.12.6.	Nachfragekennwerte im öffentlichen Verkehr	52
2.12.7.	Fazit Qualitätssicherung	53
3.	Prognose	54
3.1.	Szenarienübersicht	55
3.2.	Strukturdaten	57
3.2.1.	Strukturdaten 2040	58
3.2.2.	Strukturdaten 2025	60
3.3.	Angebotsmaßnahmen motorisierten Individualverkehr	61
3.4.	Angebotsmaßnahmen Bahn	62
3.4.1.	Koralmbahn	62
3.4.2.	Südbahn 2025	62
3.4.3.	Südbahn 2040	63
3.4.4.	Graz-Köflach-Bahn 2040	65
3.4.5.	Steirische Ostbahn 2040	65
3.5.	Angebotsmaßnahmen Regionalbusse	66
3.5.1.	Busbündel Südost und Südwest 2025 & 2040	66
3.5.2.	Busbündel Deutschlandsberg 2025 & 2040	68
3.6.	Angebotsmaßnahmen ÖV Stadt Graz	70
3.7.	QZD-Prognose Pkw und Lkw	71
3.8.	Lkw-Binnenverkehr	72
4.	Analyse der Prognoseberechnungen	74
4.1.	Verkehrsbelastungen	75
4.1.1.	Verkehrsbelastungen auf der A9 Pyhrn Autobahn	76
4.1.2.	Verkehrsbelastungen auf dem Landesstraßennetz	77
4.1.3.	Exkurs Induzierter Verkehr A9 Fahrstreifenerweiterung	78
4.1.4.	Exkurs Auswirkung des A9 Ausbaus auf Graz	79

4.2.	Nachweis der Leistungsfähigkeit der Hauptfahrbahn A9	83
4.3.	Modal Split	87
4.4.	Verkehrsleistung und Fahrgastzahlen im ÖV	87
4.5.	Verkehrsleistung und Treibhausgase (THG) im mIV	88
4.6.	Untersuchung einer Pannenstreifenfreigabe	94
4.6.1.	Berechnungsmethodik der temporären Pannenstreifenfreigaben	94
4.6.2.	Verkehrsbelastung und Auslastung der Pannenstreifenfreigabe	95
4.6.3.	Verkehrsleistung und Treibhausgase im mIV der Pannenstreifenfreigabe	96
4.6.4.	Zusammenfassung temporäre Pannenstreifenfreigabe	97
4.7.	Zusammenfassung	98
5.	Fazit	105
	Literaturverzeichnis	110
	Abbildungsverzeichnis	112
	Tabellenverzeichnis	114

1. Einleitung

1.1. Aufgabenstellung

Die A9 Pyhrn Autobahn zwischen Graz und Leibnitz ist stark frequentiert und die Nutzer:innen leiden regelmäßig unter Staus und Überlastungen. Zwischen 2009 und 2019 stieg die Verkehrsbelastung der A9 Pyhrn Autobahn um etwa 60%. Angesichts einer prognostizierten Zunahme der Einwohnerzahl um +12%, der Arbeitsplätze um +7% und den großen vorhandenen Flächenreserven an Industrie- und Gewerbegebieten sowie dem Cargo Center Graz (CCG) als intermodaler Güterterminal von internationaler Bedeutung, ist im Südkorridor bis zum Jahr 2040 eine weitere Verschärfung der Verkehrssituation zu erwarten. Im Ausbauprogramm der ASFINAG war ein dreistreifiger Ausbau der A9 zwischen dem Autobahnknoten Graz-West und der Anschlussstelle Wildon vorgesehen. Dieses Ausbauprogramm wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) aus Klimaschutzgründen im November 2021 ausgesetzt, um einer weiteren Zunahme des Kfz-Verkehrs entgegenzuwirken.

Das Land Steiermark beauftragte daraufhin die Erstellung einer Verkehrsuntersuchung in der geprüft werden soll, ob es Alternativen es zu einem dreistreifigen Ausbau der A9 im besagten Abschnitt gibt. Dazu soll das Verlagerungspotenzial von der Straße auf die Schiene unter Berücksichtigung der geplanten Maßnahmen im Öffentlichen Verkehr, insbesondere jener zusätzlich möglichen Schienenverkehre durch den Ausbau der Koralmbahn und der Südbahn ermittelt werden. Dadurch soll eine Aussage getroffen werden können, ob die umfassenden Verbesserungen im Öffentlichen Verkehr und weitere Mobilitätsmaßnahmen ausreichen, die A9 Pyhrn Autobahn und parallele Landesstraßen auch ohne dreistreifigen Ausbau zu entlasten.

Die Prüfung erfolgte in Zusammenarbeit der Technischen Universität Graz (Institut für Straßen- und Verkehrswesen) und der Trafility GmbH. Mithilfe eines detaillierten Verkehrsmodells werden in der Untersuchung die verkehrlichen Wirkungen im Straßen- und Öffentlichen Verkehr für unterschiedliche Planungsvarianten analysiert und verglichen.

1.2. Arbeitsschritte

Folgende Arbeitsschritte waren im Zuge der Bearbeitung der Untersuchung notwendig:

- Erhebung von Strukturdaten und Bevölkerungszahlen für die Jahre 2022 und 2040.
- Zusammenspielen des aktuellen Netzgraphen der Graphen-Integrations-Plattform (GIP) mit dem vorhandenen ÖV-Fahrplan des Verkehrsverbundes.
- Festlegung des Untersuchungsgebiets, der Verkehrszelleneinteilung und Zuordnung der aktuellen Strukturdaten bzw. Bevölkerung aus dem Jahr 2022. Hier war die Verfeinerung der Struktur- und Bevölkerungsdaten aufgrund der detaillierten Zelleneinteilung notwendig.

- Klassifizierung der Verkehrszellen anhand der definierten vier Lageindizes. Die Lageindizes berechnen sich über die Binnenerwerbs- und Nahversorgungsquote je Verkehrszelle.
- Aufbereitung der erhaltenen Quell-Ziel-Durchgangsverkehrsmatrizen des Verkehrsmodells Österreich (VPÖ 2040+).
- Berechnung der Mobilitätsraten je verhaltenshomogener Gruppe und je Lageindex.
- Modellschätzungen für Ziel- und Moduswahl je verhaltenshomogener Gruppe und je Lageindex.
- Kalibrierung eines wegefeinen, verkehrsmittelübergreifenden Verkehrsnachfragemodells für die Bezirke Graz, Graz-Umgebung, Leibnitz, Voitsberg, Deutschlandsberg, Hartberg-Fürstenfeld, Weiz und Südoststeiermark.
- Darstellung der Ist-Situation 2022 im Verkehrsnachfragemodell (Basisfall).
- Definition von Prognoseszenarien für das Jahr 2040 in Abstimmung mit dem Land Steiermark und dem BMK.
- Einarbeitung der relevanten Bevölkerungs-, Struktur- und Infrastrukturänderungen auf Straße und Schiene in das Verkehrsnachfragemodell bis zum Jahr 2040.
- Berechnung der unterschiedlichen Prognoseszenarien für das Jahr 2040.
- Darstellung der Nachfrageergebnisse für die einzelnen Prognoseszenarien für das Jahr 2040.

1.3. Projektablauf

In der Startsituation mit dem Land Steiermark am 01.06.2022 wurde das geplante Konzept der Untersuchung und der angedachte Projektzeitplan vorgestellt. Dabei wurden regelmäßige Abstimmungstermine mit dem BMK und den Bearbeiter:innen des Verkehrsmodells Österreich (VPÖ 2040+) vereinbart. Als Prognosezeitpunkt wurde das Jahr 2040 festgelegt. Ebenso wurde die räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebiets definiert. Diese umfasst den gesamten Bezirk Leibnitz und den südlichen Bereich von Graz-Umgebung.

In einem ersten Abstimmungstermin mit dem BMK am 11.07.2022 wurden Projektzeitplan und Methode der Untersuchung vorgestellt. Es wurde die räumliche Abgrenzung des Untersuchungsgebiets festgelegt und Datenanfragen zu dem Basismodell 2019 des VPÖ 2040+ gestellt. Diese waren die Quell-Ziel und Durchgangsverkehrsmatrizen für Pkw, Lkw und ÖV. Es erfolgte hierbei in einem Folgetermin eine Abstimmung bezüglich der Einfüllpunkte dieser externen Verkehre.

Im nächsten Abstimmungstermin mit dem Land Steiermark am 20.10.2022 wurden erste Prognoseszenarien festgelegt und die verfeinerte Modellierungsmethodik präsentiert. Eine detaillierte Abstimmung im Bereich der ÖV-Maßnahmen auf Straße und Schiene wurde in einem Folgetermin mit dem Land Steiermark durchgeführt. Der gewünschte Erhalt der Daten aus der Grazer Mobilitätserhebung 2021 für die Modellschätzung war über das Land Steiermark nicht möglich. Deshalb musste hier auf Alternativen zurückgegriffen werden (Zielwahl: Mobilfunkdaten, Moduswahl: Österreich Unterwegs 2013/14 und Erhebung des Stadtgrenzüberschreitenden Verkehrs 2022).

Der darauffolgende Termin mit dem BMK am 24.10.2022 diente zur Bestätigung der beschlossenen Szenarien und der Präsentation des entwickelten Verfahrens zur Bestimmung der vier Lageindizes im Untersuchungsgebiet. Um eine Vergleichbarkeit mit dem VPÖ 2040+ (geplante Fertigstellung Mitte 2023) zu erreichen, wurde ein Austausch der Strukturdaten 2020 und 2040 vereinbart. Die geplanten Szenarien wurden auf Basis der Hinweise von Seiten der ASFINAG aktualisiert. Zusätzlich wurde festgelegt, die Kapazitätserweiterung am Güterterminal Werndorf zu berücksichtigen. Der angedachte S-Bahn-Tunnel in der Stadt Graz wurde nicht in die Modellierung aufgenommen, da dafür keine gesicherte Finanzierung vorliegt und diese Maßnahme nicht im ÖBB-Zielnetz 2040 aufscheint.

In der Zeit von November 2022 bis Mai 2023 wurden in internen Workshops und Abstimmungsterminen der Auftragnehmer zur Nachfragemodellierung Methoden zu Modellschätzung der Zielwahl und Moduswahl ausgearbeitet sowie Festlegungen zum Aufbau des Verkehrsmodells getroffen. Ebenso wurden alle Szenarien implementiert und mit der iterativen Kalibrierung des Basisfalls 2022 begonnen.

Am 30.05.2023 wurden in einem Termin mit dem Land Steiermark und dem BMK die Ergebnisse der Modellschätzungen, die Methode zur Berechnung des Verkehrsaufkommens im Güterverkehr im Binnenverkehr sowie die bearbeitete Quell-Ziel-Durchgangsverkehrsmatrizen aus dem VPÖ 2040+ mit den definierten Einfüllpunkten präsentiert.

In einem Zwischenabstimmungstermin mit dem Land Steiermark wurden am 28.06.2023 die ersten noch nicht validierten Ergebnisse der Prognoseszenarien vorgestellt. Hier zeigt sich bereits, dass die Auslastungen ohne Ausbau auf der A9 aufgrund des hohen Anteils an Lkws über 100% liegen und die parallel geführten Landesstraßen hohe Belastungen aufweisen. Durch einen dritten Fahrstreifen sinkt die Auslastung auf der A9 und die Belastungen auf den Landstraßen gehen zurück. Die Prognoseszenarien wurden in diesem Abstimmungstermin noch geringfügig adaptiert und deren Anzahl verringert. Die neue Szenarienliste enthält nun nur mehr zwei für das Jahr 2025 (Eröffnung Koralmbahn) sowie vier für das Jahr 2040.

Am 23.08.2023 wurden dem Land Steiermark und am 25.08.2023 dem BMK die Endergebnisse der Untersuchung vorgestellt. Auf Basis der berechneten Ergebnisse wird aus verkehrlicher Sicht ein 3-streifiger Ausbau der A9 zwischen dem Knoten Graz-West und der Anschlussstelle Wildon empfohlen, da die Auslastungen auf den Teilstücken der A9 ohne

Ausbau über 100% erreichen (108% im Bereich Knoten Graz West – Schwarzl See) und somit im Level of Service F liegen.

1.4. Projektabgrenzung

Gemäß der RVS 02.01.11 wird das der Planung zugrunde liegende System wie folgt abgegrenzt.

Zeitliche Abgrenzung

Im Verkehrsmodell wird der Analysezeitpunkt 2022 abgebildet. Für die Prognose wurden die Jahre 2025 und 2040 festgelegt. Es wird ein Werktagverkehrsmodell erstellt (DTVw), das den Verkehr im Untersuchungsgebiet an einem durchschnittlichen Werktag Montag bis Freitag zum Analysezeitpunkt 2022 und für die beiden Prognosezeitpunkte 2025 und 2040 abbildet.

Inhaltliche Abgrenzung

In der Untersuchung werden die Wirkungen von Maßnahmen im Personenverkehr und Straßengüterverkehr modelliert und beurteilt. Fuß- und Radverkehr werden in der Nachfragemodellierung grundsätzlich berücksichtigt; es erfolgt jedoch keine Modellierung (Routenwahl) im Netzmodell. Das Verkehrsnachfragemodell für den Personenverkehr innerhalb des Untersuchungsgebiets (Binnenverkehr) wird mithilfe der Software PTV-VISUM 2022 als Aktivitätenketten-basiertes Modell (VISEM) umgesetzt. VISEM ist ein disaggregiertes verhaltensorientiertes Verkehrsnachfragemodell unter Einbeziehung sozio-demografischer und verkehrspolitischer Einflussgrößen. Für die Verkehrserzeugung des Straßengüterverkehrs werden die Berechnungsansätze von Bosserhoff (Bosserhoff, 2022) verwendet. Dabei wird die Entwicklung der Bebauung von vorhandenen Potenzialflächen für Industrie und Gewerbe über Annahmen des zukünftigen Bebauungsgrades ohne Rückkoppelung mit Erreichbarkeiten modelliert. Die Verkehrsnachfrage für den Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr außerhalb des Untersuchungsgebiets erfolgt basierend auf dem VPÖ 2040+ für den Analysezeitpunkt.

Räumliche Abgrenzung

Das Untersuchungsgebiet umfasst die Steiermark südlich des Alpenhauptkammes (siehe Abbildung 1). Die Verkehre von und nach benachbarten Regionen wie der Obersteiermark, Niederösterreichs, des Burgenlands, Kärntens oder Sloweniens werden über Kordonverkehrszellen als externe Nachfrage modelliert.

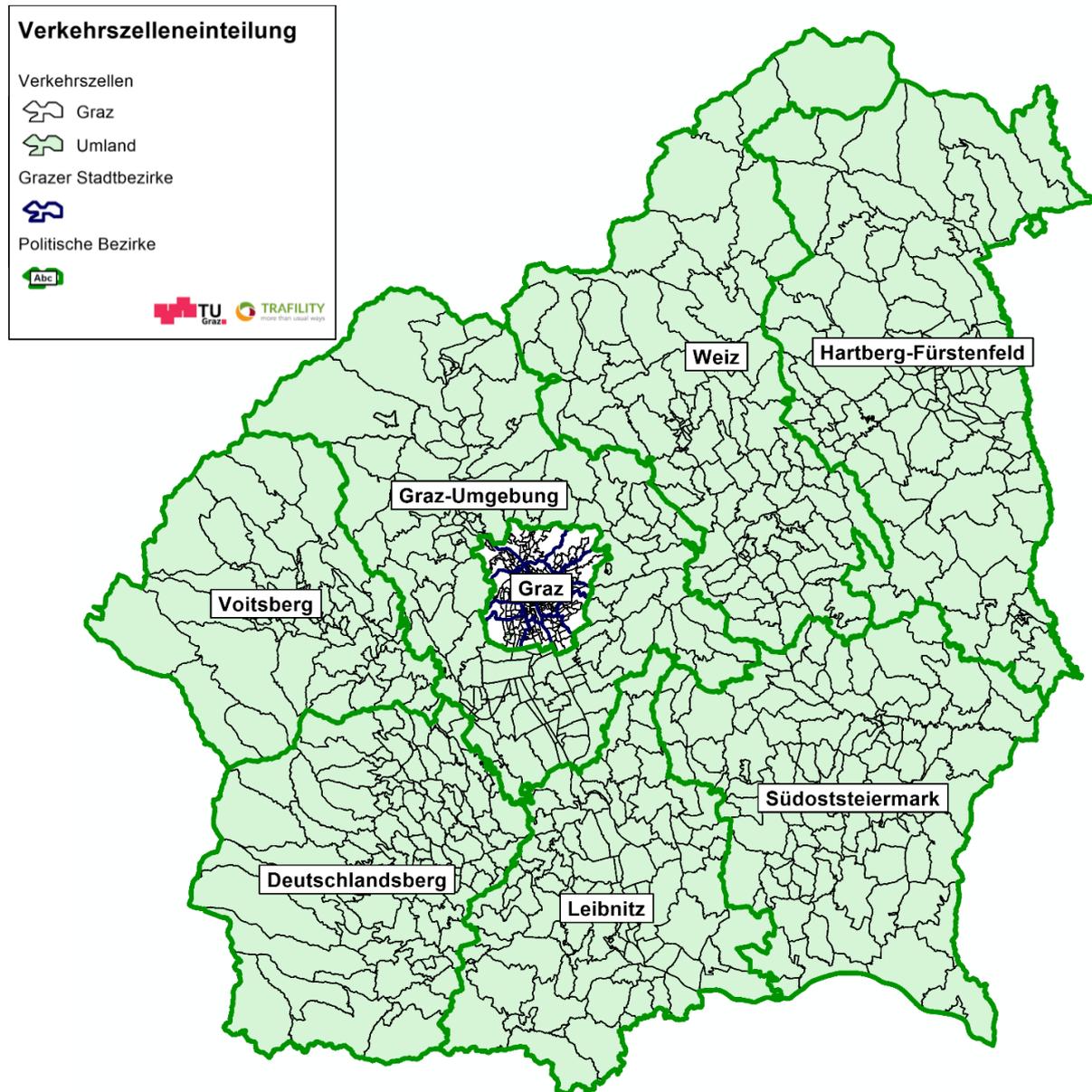


Abbildung 1: Untersuchungsgebiet VerMeS22

2. Aufbau Verkehrsmodell Steiermark 2022

Makroskopische Verkehrsnachfragemodelle dienen der Wirkungsermittlung im Rahmen eines Verkehrsplanungsprozesses. Sie sind Teil einer formalen Wirkungsermittlung und bilden Ortsveränderungen von Personen und Gütern modellhaft ab. Sofern das Modell ausreichend genau für den jeweiligen Anwendungsfall kalibriert und validiert wurde, kann es sowohl zur Analyse des IST-Zustandes als auch für prognostizierte Planungszustände (Szenarien) eingesetzt werden. Anhand quantitativ ermittelbarer Kenngrößen werden Defizite einzelner Planungsvarianten und Verbesserungen gegenüber dem IST-Zustand bestimmt. Die Zusammenhänge im Verkehrssystem werden direkt mit analytischen Funktionen in Abhängigkeit zu relevanten Einflussgrößen beschrieben. Die bekannteste Modellgruppe von makroskopischen Verkehrsnachfragemodellen sind die klassischen Vier-Stufen-Modelle. Das Untersuchungsgebiet wird in Verkehrszellen, die auch als Verkehrsbezirke bezeichnet werden können, unterteilt. Zwischen den Zellen werden mit Hilfe mathematischer Methoden Fahrten erzeugt und auf das Verkehrsnetz verteilt.

Im Rahmen der Untersuchung baute das Projektkonsortium das neue „**VerkehrsModell Steiermark 2022**“ (VerMeS22) auf. Obwohl das Akronym eine gesamtsteirische Verkehrsmodellierung suggeriert, beschränkt es sich wie das bereits am Institut für Straßen- und Verkehrswesen in früheren Studien verwendete Verkehrsmodell GUARD20, auf das oben dargestellte Untersuchungsgebiet; d.h. Steiermark ohne Obersteiermark. Das VerMeS22 berechnet im Basisfall die Verkehrsnachfrage für einen durchschnittlichen Werktag im Jahr 2022 (Analysezeitpunkt) und bietet die Basis für alle Prognoserechnungen im Projekt.

2.1. Modellgrundlagen

Grundsätzlich besteht ein Verkehrsmodell, wie in Abbildung 2 ersichtlich, aus Verkehrsangebot und Verkehrsnachfrage. Das Verkehrsangebot umfasst alle Netze, Verkehrsmittel und die Fahrpläne des öffentlichen Verkehrs (siehe Abschnitt 2.4). In der Verkehrsmodellierung werden vier Arbeitsschritte unterschieden. Wenn diese Arbeitsschritte sequenziell in einer aggregierten Form durchgeführt werden, wird von einem 4-Stufen-Algorithmus gesprochen, der aus den Schritten

- Verkehrserzeugung
- Verkehrsverteilung (Zielwahl)
- Verkehrsmittelwahl (Moduswahl)
- Verkehrsumlegung

besteht. Im VerMeS22 wurde ein Aktivitätenketten-basierter Ansatz gemäß PTV-VISEM für die Nachfragemodellierung verwendet. VISEM ist ein disaggregiertes verhaltensorientiertes Verkehrsnachfragemodell, bei dem sozio-demographische Eigenschaften der Mobilität über verhaltenshomogene Gruppen berücksichtigt werden. Im Gegensatz zum rein sequenziellen 4-Stufen-Algorithmus erfolgt eine simultane Ziel- und Verkehrsmittelwahl getrennt für jede

verhaltenshomogene Quell-Ziel-Gruppe. Somit wird nicht zuerst das Ziel gewählt und danach das Verkehrsmittel, sondern die Zielwahl ist abhängig von den zur Verfügung stehenden Verkehrsmitteln. Dadurch erfolgt eine realitätsnähere Zielwahl in Abhängigkeit verfügbarer Verkehrsmittel; d.h. z.B. keine Wahl eines Einkaufszentrums für Personen ohne Pkw-Verfügbarkeit, das nicht mit dem ÖV erreichbar ist. Die einzelnen Schritte der Verkehrsnachfrageberechnung werden ab Abschnitt 2.5 näher erläutert.

Abbildung 2 zeigt den schematischen Ablaufplan des Verkehrsmodells VerMeS22. Das Verkehrsangebot besteht aus dem Straßennetz und dem ÖV-Netz. In die Verkehrsnachfrage fließen die Strukturdaten, das Verhalten der Bewohner sowie die Anzahl und Lage von Arbeitsplätzen, Einkaufsmöglichkeiten etc. ein. Nach der Berechnung der ersten drei Stufen, Verkehrserzeugung, -verteilung und -mittelwahl, entstehen für jeden Verkehrsmodus Nachfragematrizen. Diese Matrizen werden im vierten Schritt, der Verkehrsumlegung, auf das Verkehrsangebot umgelegt. Die in der Verkehrsumlegung generierten Verkehrsbelastungen für den mIV und ÖV wie auch die Kenngrößen des Modal Splits oder Reiseweitenverteilungen werden danach mit Zähldaten verglichen. Im iterativen Prozess der Kalibrierung wird durch Parameteranpassung die Differenz zwischen empirischen und Modellwerten minimiert.

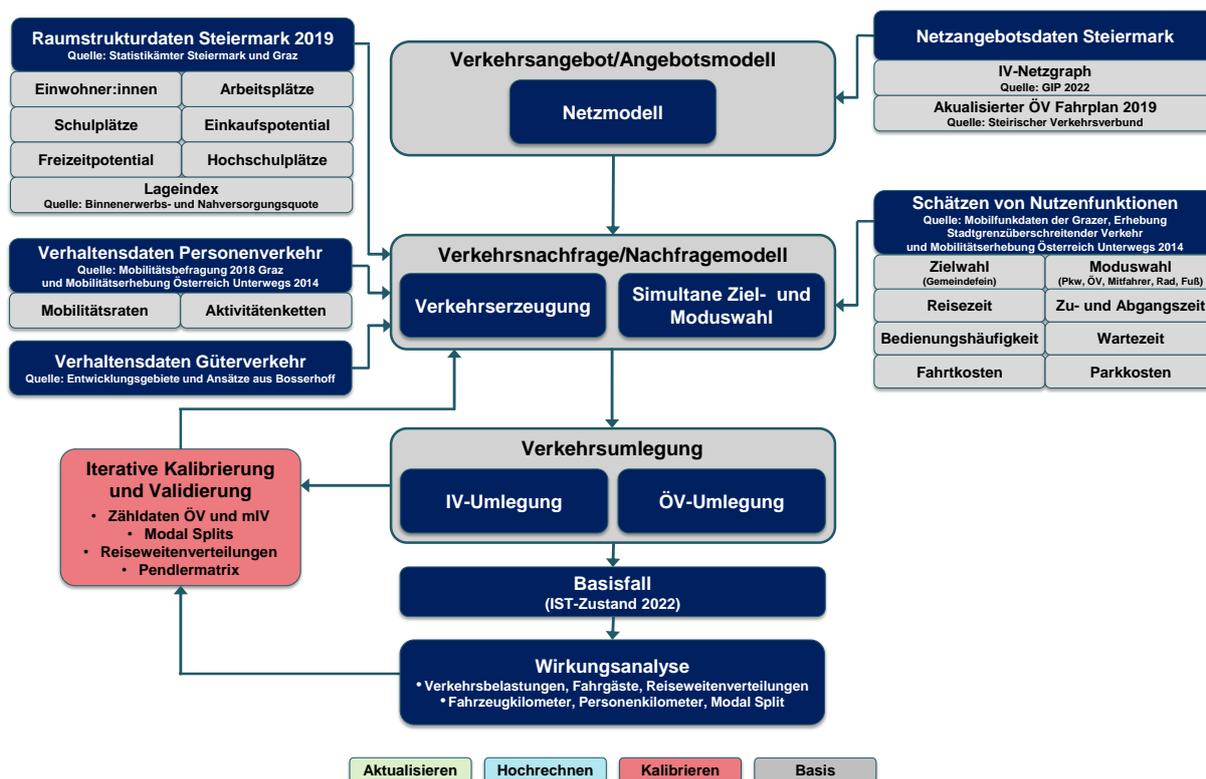


Abbildung 2: Ablauf Verkehrsmodell VerMeS22

2.2. Grundlagen Bestandsverkehr

2.2.1. Zählstellen motorisierter Individualverkehr

Als Grundlage für die Modellkalibrierung stehen 146 Zählstellen zur Verfügung. Davon sind 76 Zählstellen auf den Landesstraßen, 54 Zählstellen auf dem ASFINAG-Netz und 16 Zählstellen in Graz. Folgende Abbildung 3 zeigt die mIV-Zählstellen im Planungsgebiet.

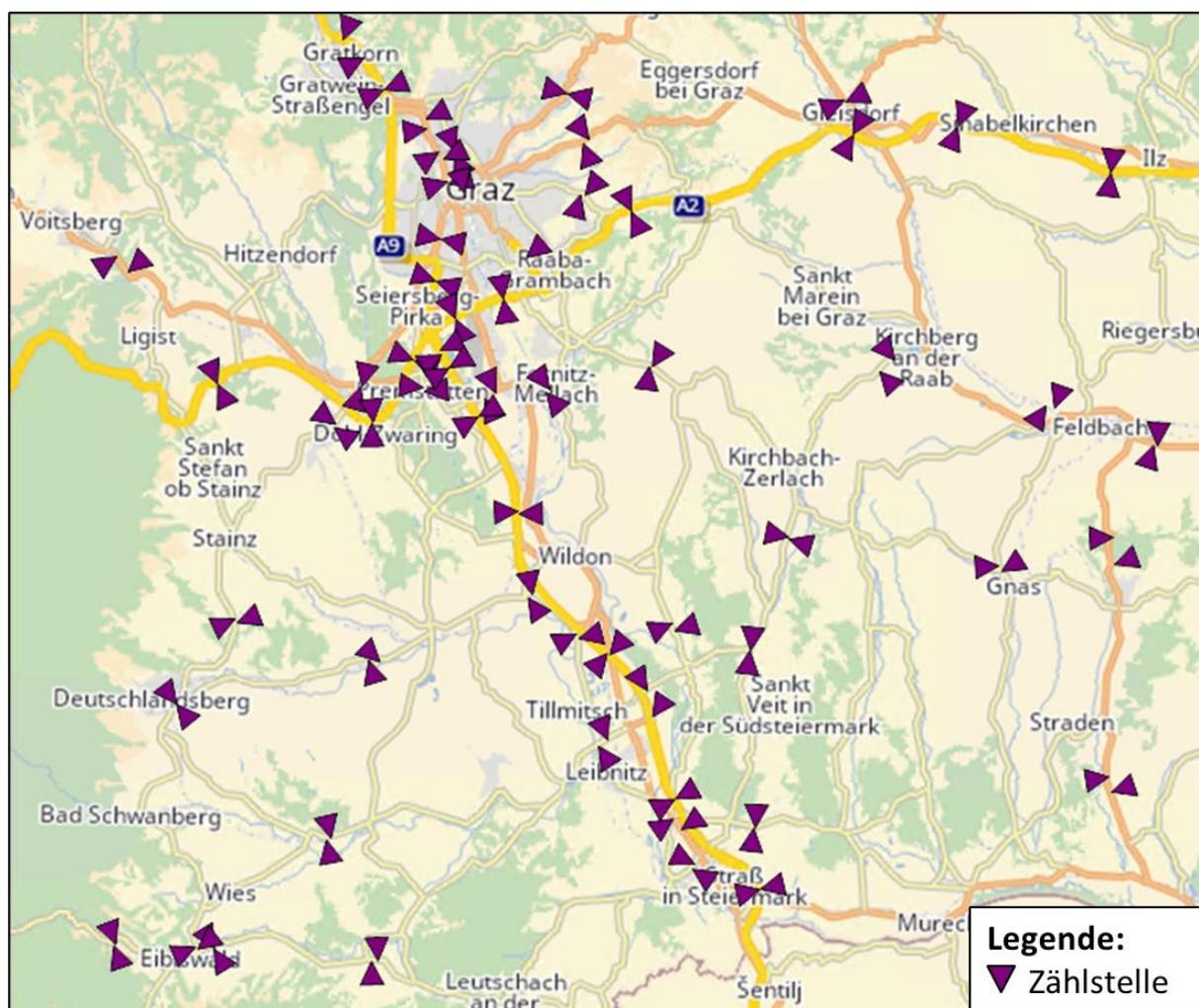


Abbildung 3: Kfz-Zählstellen im Untersuchungsgebiet

2.2.2. Erhebungen Öffentlicher Verkehr

Für die Kalibrierung des öffentlichen Verkehrs standen zahlreiche Zähldaten aus unterschiedlichen Datenquellen zur Verfügung. Das sind:

- 554 haltestellenfeine Zähldaten (Ein- und Aussteiger) für die Linien der Holding Graz Linien getrennt nach Bus und Straßenbahn
- Fahrgastzahlen für 48 Bus- und Straßenbahnlinien der Holding Graz Linien. Diese stammen für die Buslinien aus manuellen Fahrgastzählungen und für die Straßenbahnen aus automatischen Fahrgastzählungen (AFZ).

- Fahrgastzahlen für die 11 steirischen S-Bahnen, zur Verfügung gestellt vom Land Steiermark. Es waren Fahrgastzahlen für die einzelnen S-Bahnen sowie haltstellenfeine Ein- und Aussteigerdaten von 118 Haltestellen des S-Bahn-Netzes vorhanden, die für die Kalibrierung des Verkehrsmodells verwendet werden konnten.

2.2.3. Historische Verkehrsentwicklung

Der Beurteilungsabschnitt der A9 Pyhrn Autobahn zwischen dem Knoten Graz-West und der Anschlussstelle Wildon war aufgrund der sehr dynamischen Verkehrsentwicklung bereits in den letzten Jahren Gegenstand intensiver Verkehrsuntersuchungen. Abbildung 4 zeigt die Verkehrsbelastung am Querschnitt der A9 im Abschnitt Kalsdorf-Wundschuh für die Jahre 2008 bis 2019 (ASFINAG, 2020).

In Orange dargestellt ist zusätzlich die Verkehrsentwicklung in Prozent zum Vorjahr, wobei Jahre, für die keine Zählwerte vorliegen, interpoliert wurden.

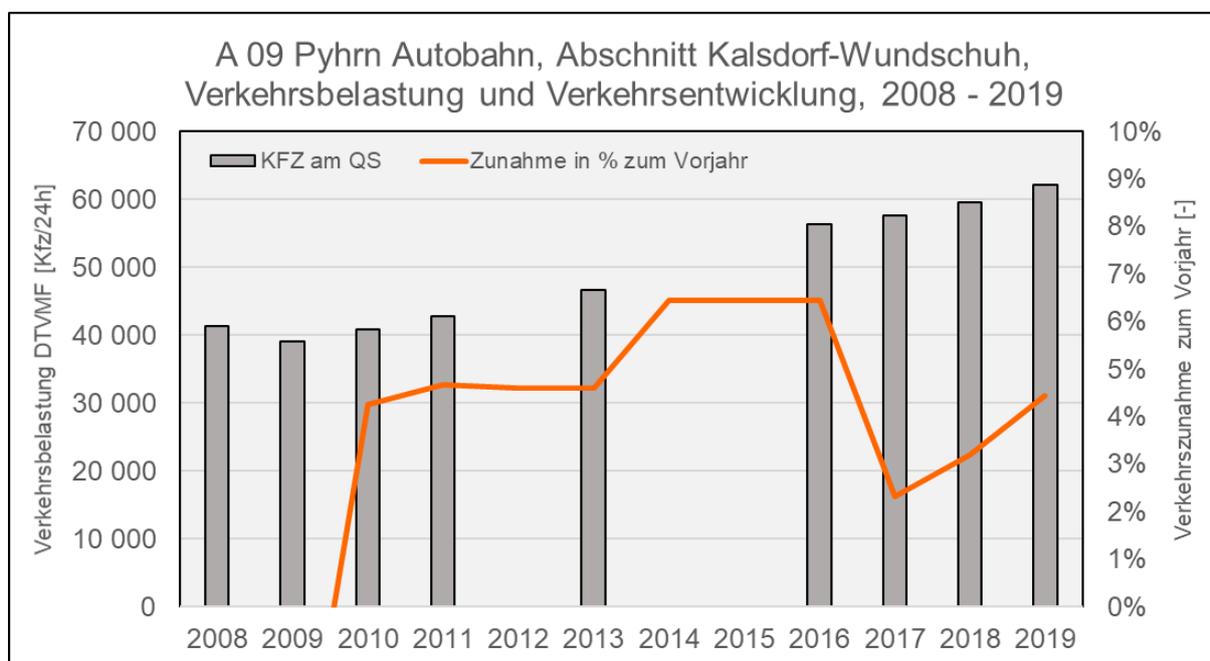


Abbildung 4: Verkehrsbelastung und Verkehrsentwicklung der A9, Abschnitt Kalsdorf-Wundschuh, 2008-2019

Seit 2010 kommt es auf der A9 zu einer kontinuierlichen Verkehrszunahme. Mit Ausnahme im Jahr 2017 (+2,3%) lag die jährliche Zunahme im A9 Abschnitt Kalsdorf-Wundschuh zwischen 3,2% und 6,4%. Die hohen jährlichen Verkehrszunahmen kumulieren sich über die letzten Jahre (2009 bis 2019) zu einer deutlichen Verkehrszunahme von insgesamt knapp 59%. In nur zehn Jahren ist die Verkehrsbelastung an diesem Querschnitt von rd. 39.100 auf rd. 62.200 Kfz/24h gestiegen. Zur Verdeutlichung dieser Dynamik dieses Autobahnabschnitts im Vergleich zu benachbarten Abschnitten zeigt Abbildung 5 einen Vergleich rund um Graz, allerdings für die Jahre 2012 bis 2022.

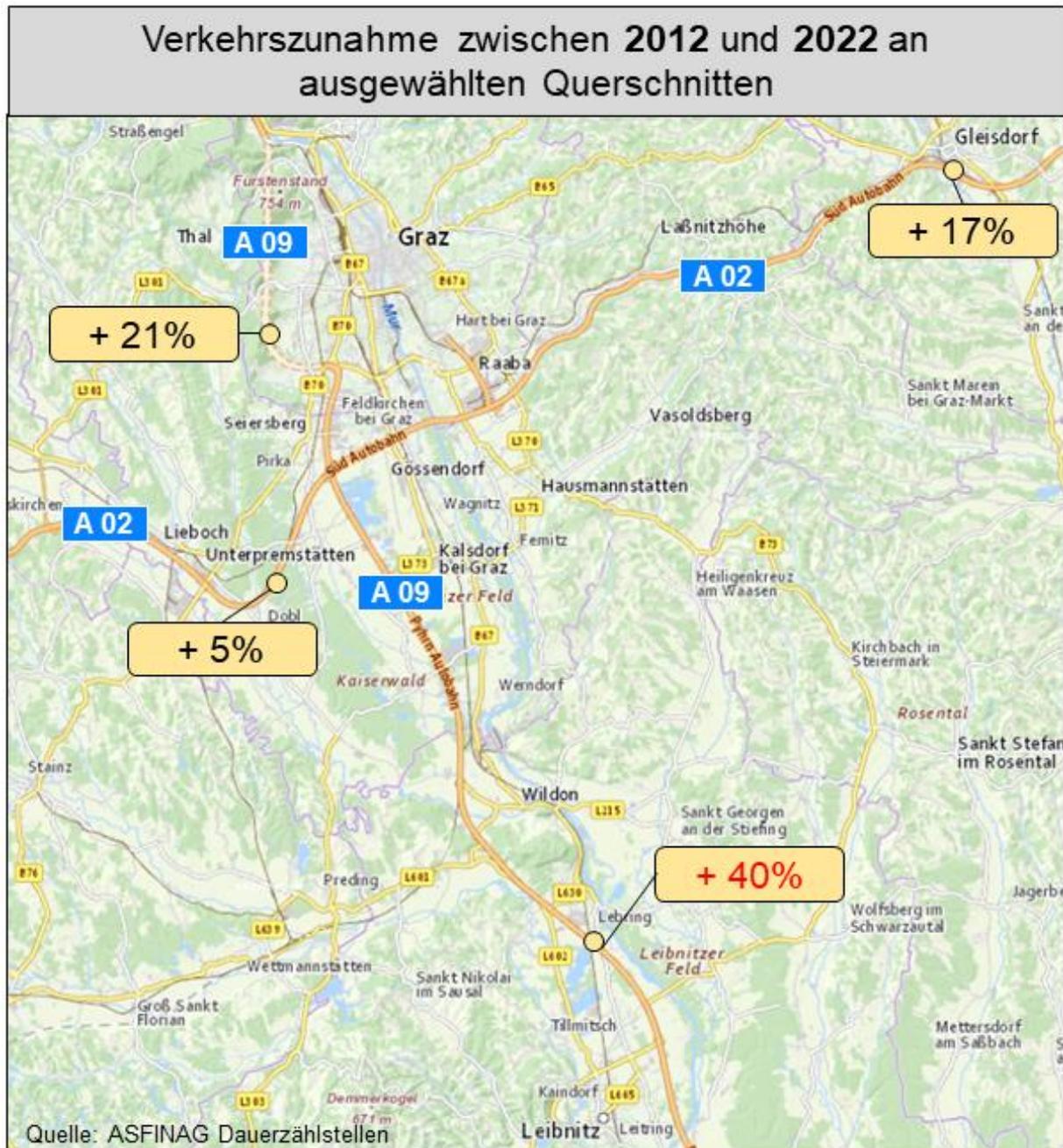


Abbildung 5: Verkehrszunahme zwischen 2012 und 2022 an ausgewählten Querschnitten

Mit einer Verkehrszunahme in den letzten zehn Jahren zwischen 2012 bis 2022 (also inklusive der Corona-Jahre) von immerhin noch +40% liegt die Zunahme im Abschnitt der A9 südlich von Graz deutlich höher als auf der A2 (+17% östlich von Graz und +5% westlich von Graz) und nahezu doppelt so hoch wie im A9 Plabutschunnel (+21%).

Das gegenständliche Verkehrsmodell VerMeS22 basiert auf mittleren Tagesverkehrsstärken im Werktagverkehr. Für die Berechnung der Auslastungen und der Emissionen werden jedoch stundenfeine Verkehrsbelastungen benötigt, weshalb für die Ermittlung der Bemessungsverkehrsstärken auf die Tagesganglinien der Zählstellen auf dem ASFINAG Netz von 2019 zurückgegriffen wird.

In Abbildung 6 wird beispielhaft die mittlere Tagesganglinie im JDTV der ASFINAG Zählstelle 340 – ASt Schwarzlsee bis ASt Schachenwald – am Querschnitt dargestellt.

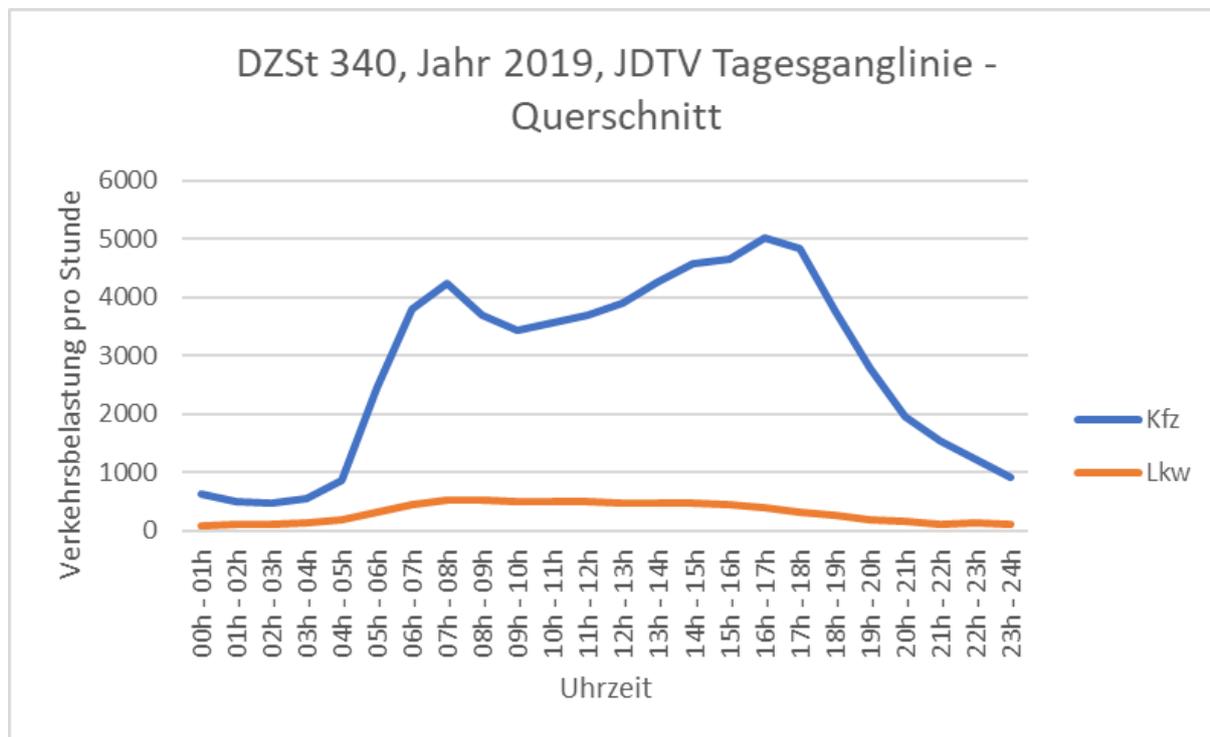


Abbildung 6: Durchschnittliche Tagesganglinie im JDTV der DZSt 340, Jahr 2019

2.2.4. Modal Split

Der Modal Split bezieht sich auf die Wahl der Verkehrsmittel, die Personen für ihre täglichen Fortbewegungen nutzen. Diese Aufteilung gibt Einblick in die Präferenzen und Gewohnheiten der Bevölkerung im Verkehrssektor. Der Modal Split umfasst im Verkehrsmodell die Transportmittel Pkw-Lenker, Pkw-Mitfahrer, ÖV, Fuß und Rad. Abbildung 7 zeigt den Modal Split der Grazer Wohnbevölkerung (Lageindex 1) und jenen der Umlandbewohner:innen (Lageindex 2 bis 4). Die Beschreibung der Lageindizes findet sich in Kapitel 2.5.1. Die Erhebungsdaten von Österreich Unterwegs (Tomschy, et al., 2016) waren die Grundlage für die Ermittlung des Modal Splits für die Lageindizes 2 bis 4. Für den Modal Split des Lageindex 1 wurden die Erhebungsdaten des Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung 2021 (Stadt Graz, 2022) verwendet.

Wie Abbildung 7 zeigt, nutzt die Grazer Wohnbevölkerung (Lageindex 1) in Summe rd. 59% aller Wege die Verkehrsmittel des Umweltverbundes (Fuß, Rad und ÖV). Die restlichen rd. 41% Wegeanteil fallen auf Pkw-Lenker:innen und Pkw-Mitfahrer:innen.

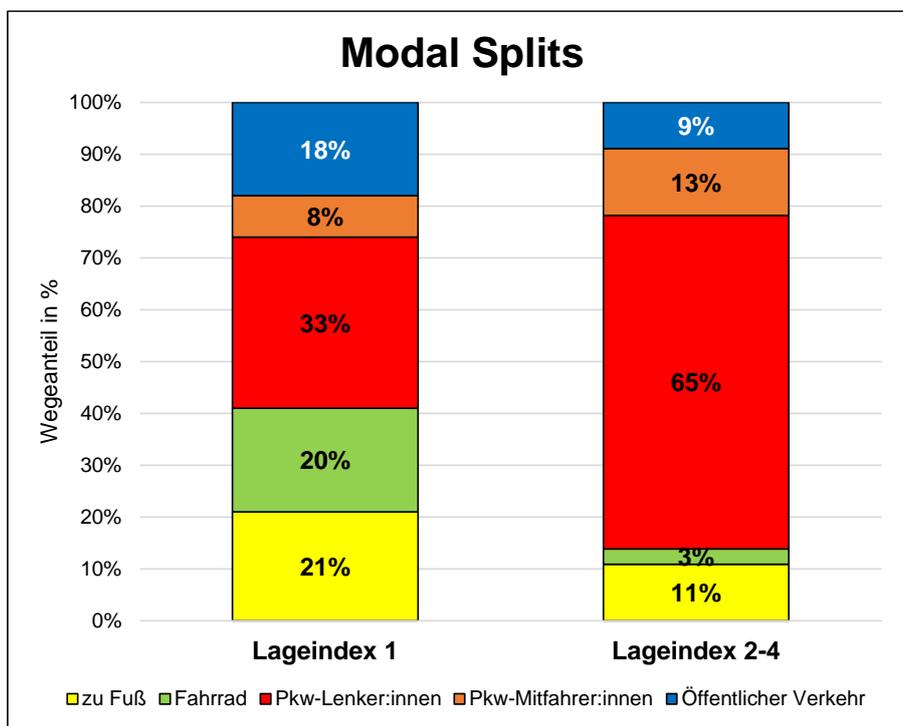


Abbildung 7: Verkehrsmittelwahl der Grazer Wohnbevölkerung & der Umlandbevölkerung

Im Gegensatz dazu zeigt sich ein anderes Bild für die Verkehrsmittelwahl der Umlandbevölkerung außerhalb von Graz (Lageindex 2-4). Hier dominiert klar der Individualverkehr mit rd. 78% Wegeanteil der Pkw-Lenker:innen und Mitfahrer:innen. Lediglich 9% der Wege werden mit öffentlichen Verkehrsmitteln zurückgelegt, rd. 11% zu Fuß und rd. 3% mit dem Rad.

2.2.5. Reiseweitenverteilung

Aus den Rohdaten der Erhebung Österreich Unterwegs (Tomschy et al., 2016) kann die Reiseweitenverteilung raumspezifisch ermittelt werden, wie die zwei nachfolgenden Beispiele zum Mobilitätsverhalten der Grazer:innen verdeutlichen. Abbildung 8 zeigt die Reiseweitenverteilung für Grazer Pkw-Lenker:innen und der Nutzer:innen des ÖV. Bei den Pkw-Lenker:innen wird deutlich, dass rd. 52% dieser Pkw-Fahrten kürzer als 5 Kilometer sind.

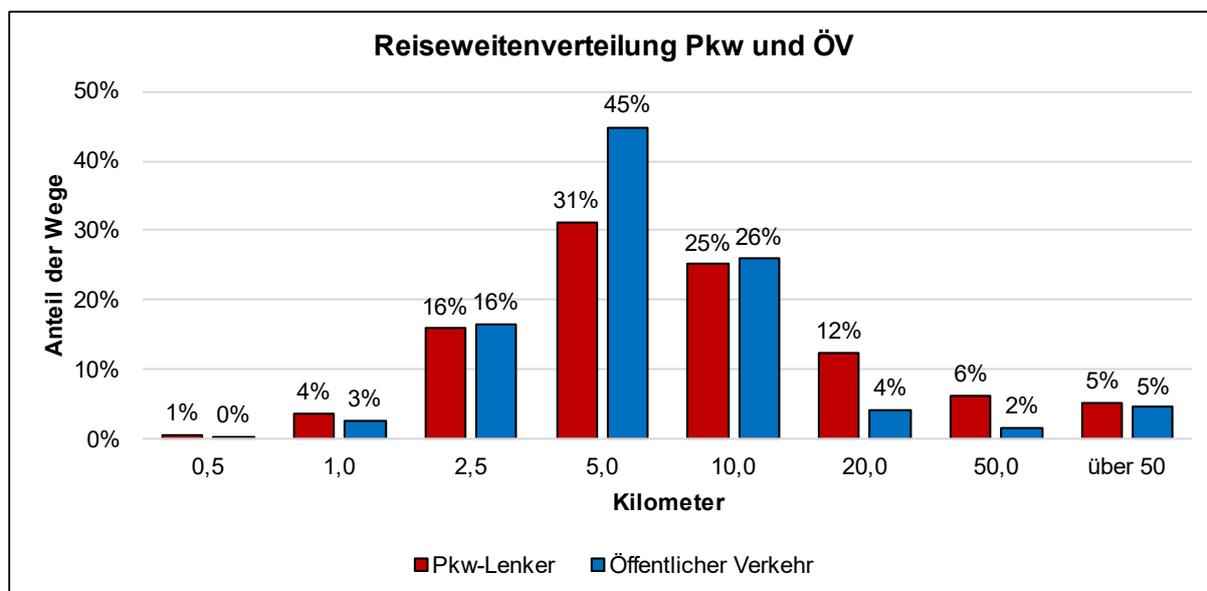


Abbildung 8: Reiseweitenverteilung der Pkw-Lenker:innen sowie der ÖV-Nutzer:innen der Grazer Wohnbevölkerung

Die Reiseweitenverteilung im Öffentlichen Verkehr in Graz zeigt, dass rd. 65% der Grazer:innen Wegstrecken mit weniger als 5 Kilometer mit den Öffis fahren.

2.3. Untersuchungs- und Planungsgebiet

In einem Verkehrsnachfragemodell soll der aktuelle und zukünftige Verkehr eines Untersuchungsgebiets realistisch abgebildet werden. Im Untersuchungsgebiet werden die Personen- und Güterwege in diesem umgrenzten Gebiet modellhaft abgebildet. Das Untersuchungsgebiet soll so groß gewählt werden, dass alle verkehrlichen und umweltbezogenen Wirkungen einer verkehrsrelevanten Maßnahme abgebildet und analysiert werden können. Das Planungsgebiet umfasst lediglich den Raum, in dem die Maßnahme durchgeführt wird. Das Planungsgebiet ist somit immer ein Teilraum, der meist deutlich kleiner ist als das Untersuchungsgebiet. In Abbildung 9 sind die unterschiedlichen Räume nach der in Deutschland üblichen Bezeichnung (Räume statt Gebiete) dargestellt und zusätzlich die üblichen fünf Verkehrsarten in Bezug auf die räumliche Abgrenzung ausgewiesen (Friedrich, et al., 2019):

- Binnenverkehr (BV): Jene Wege, die Quelle und Ziel im Untersuchungsgebiet haben. Sie werden vollständig im Modell abgebildet.
- Quellverkehr (QV) und Zielverkehr (ZV): Jene Wege mit Quelle oder Ziel im Untersuchungsgebiet. Diese werden aus externen Datenquellen (übergeordnetes Modell) übernommen und nicht modelliert.
- Durchgangsverkehr (DV) und Außenverkehr (AV): Jene Wege, die weder Quelle noch Ziel im Untersuchungsgebiet haben. Diese werden aus externen Datenquellen (übergeordnetes Modell) übernommen und nicht modelliert.

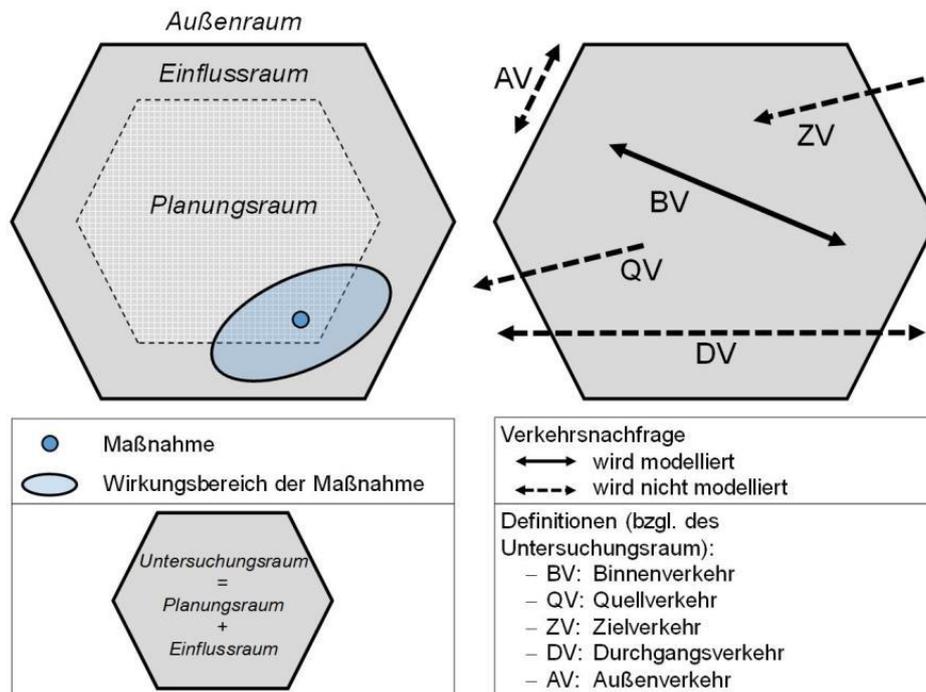


Abbildung 9: Räume und Verkehrsarten in einem Verkehrsnachfragemodell (Quelle: Friedrich et al., 2019)

Gemäß RVS 02.01.11 „Grundsätze der Verkehrsplanung“ (FSV, 2013) entspricht der Planungsraum dem Planungsgebiet und der Einflussraum dem Untersuchungsgebiet. Diese Begriffe werden im weiteren Verlauf dieses Berichts verwendet. Das Untersuchungsgebiet des verwendeten Verkehrsnachfragemodells umfasst, wie in Abbildung 10 dargestellt, die West-, Ost- und Südsteiermark sowie den steirischen Zentralraum. Es wird im Norden durch die Obersteiermark, im Osten durch Ungarn und das Burgenland, im Süden durch Slowenien sowie im Westen durch Kärnten begrenzt. Das Untersuchungsgebiet umfasst rund 910.000 Einwohner:innen. Davon lebt rund ein Drittel in Graz. Das Untersuchungsgebiet wird durch 1.057 Verkehrszellen modelliert, wobei 338 auf das Stadtgebiet von Graz entfallen und 70 Kordonverkehrszellen sind. Durch die rund 8.400 Anbindungen werden die in den Verkehrszellen erzeugten Fahrten in das Netzmodell eingefüllt. Abbildung 10 zeigt das gesamte Untersuchungsgebiet des Verkehrsmodells Großraum Graz.

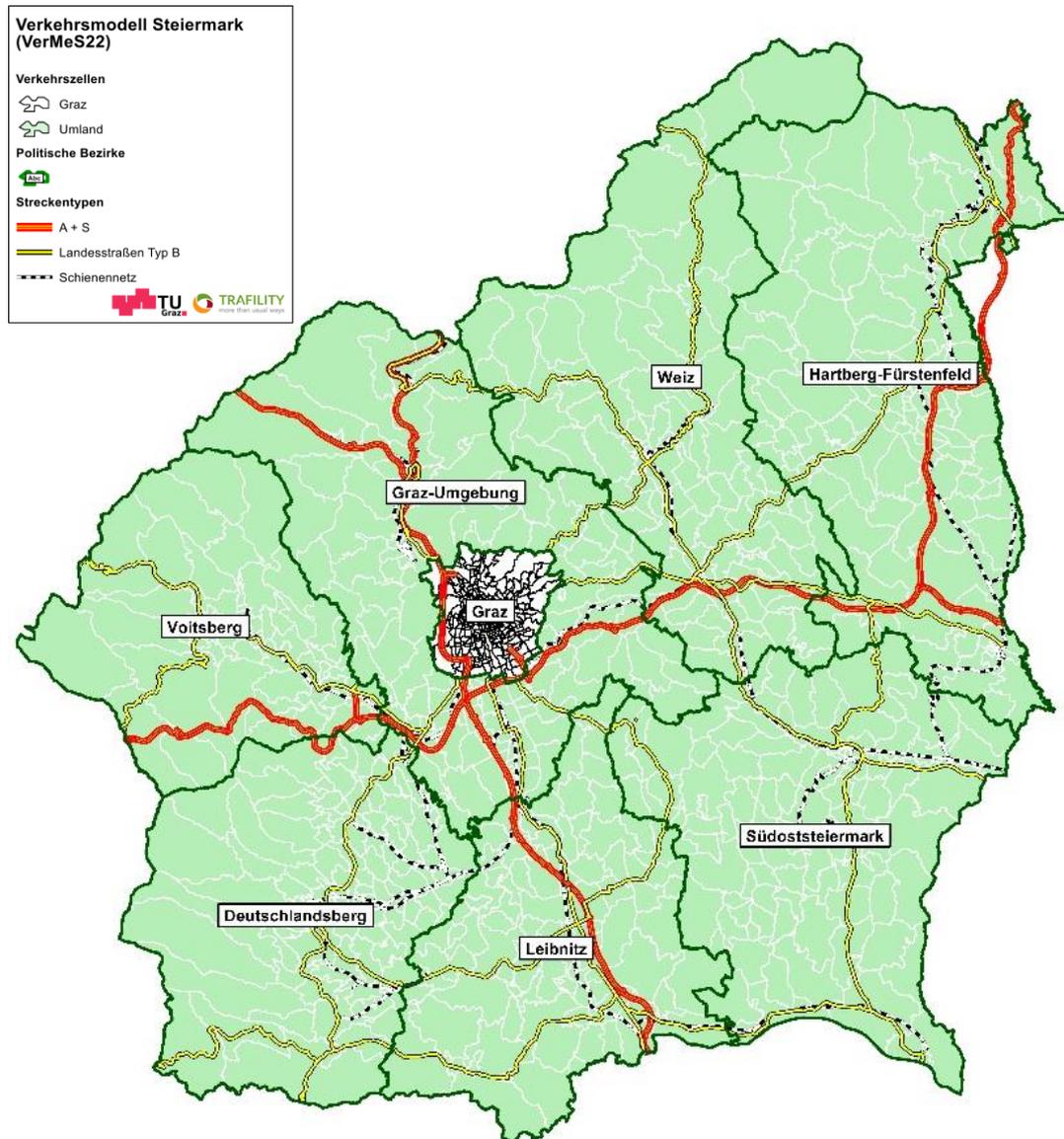


Abbildung 10: Verkehrszellen und wichtige Verkehrswege im Untersuchungsgebiet von VerMeS22

Die Verkehrszelleneinteilung des Verkehrsmodells orientierte sich an folgenden Parametern:

- Strukturen im Planungsgebiet, nämlich Topographie, Verkehrsnetz und Flächennutzung
- Verwaltungsgrenzen der Katastralgemeinden auf Gemeindeebene außerhalb von Städten
- Zellhomogenität hinsichtlich Einwohnerzahl, die zu einer Teilung von Verkehrszellen in städtischen Gebieten führt (Basis: Zählsprengel)
- Raumzusammenhänge, namentlich zentralörtliche Gliederung und Art des Siedlungsraums

Während im Ballungsraum Graz die räumliche Modellauflösung sehr fein ist, nimmt diese mit zunehmender Entfernung ab. Die Verkehrszelleneinteilung des Umlandes liegt im

Wesentlichen gemeindefein vor, wobei näher zum Planungsgebiet liegende Gemeinden zum Teil disaggregiert (auf Katastralgemeinden) und Gemeinden am östlichen Rand des Untersuchungsgebiets aggregiert wurden.

Für die gegenständliche Untersuchung wurde ein Planungsgebiet („Südkorridor“; Abbildung 11) im Bereich Pyhrn Autobahn A9 definiert. Dieses Planungsgebiet dient in weiterer Folge als Bezugsraum für die Auswertungen verkehrlicher Kennwerte und umfasst den Großteil des politischen Bezirks Leibnitz sowie den südlichen Teil des politischen Bezirks Graz-Umgebung. In diesem Planungsgebiet wurden im Bereich der A9 die Verkehrszellen aufgrund der zahlreichen bestehenden und geplanten Gewerbeflächen verfeinert. Das Planungsgebiet enthält 124 Verkehrszellen in denen 117.944 Einwohner leben und 52.661 Arbeitsplätze zur Verfügung stehen.

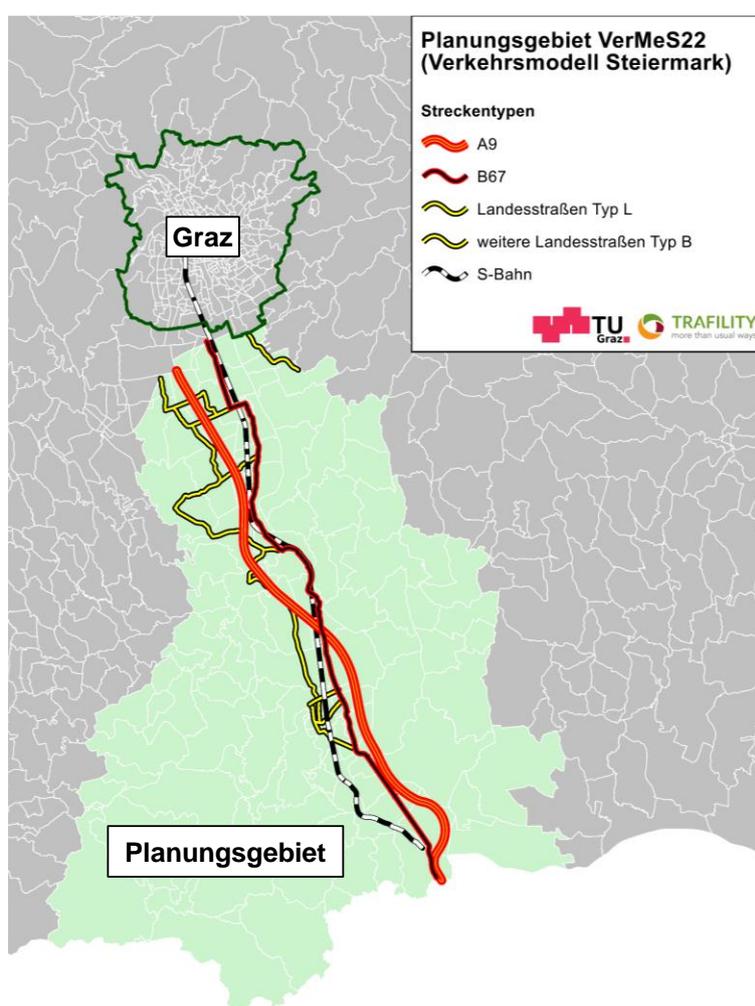


Abbildung 11: Definiertes Planungsgebiet „Südkorridor“ und relevante Streckenzüge entlang der A9

2.4. Netzangebot im IV und ÖV

2.4.1. IV-Streckennetz Bestand

Das IV-Streckennetz wurde dem *Trafility-Verkehrsmodell Steiermark-Süd 2019* aus der Studie „Verkehrsuntersuchung A 09 Pyhrn Autobahn, KN Graz-West – ASt Wildon Fahrstreifenzulegung; UVP-Feststellungsverfahren“ entnommen (ASFINAG, 2020). Die ursprüngliche Grundlage entspringt dem GIP-Graphen (<https://www.gip.gv.at/>). Für die gegenständliche Untersuchung wurden die vorhandenen Geschwindigkeiten angepasst. Erfahrungsgemäß sind die zulässigen Geschwindigkeiten vor allem auf dem Landesstraßennetz höher als die tatsächlich erzielbaren Reisegeschwindigkeiten. Mangels vollständiger Datengrundlagen zu tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten, wurden die Geschwindigkeiten auf den Strecken der Landes- und Gemeindestraßen pauschal um 10% reduziert.

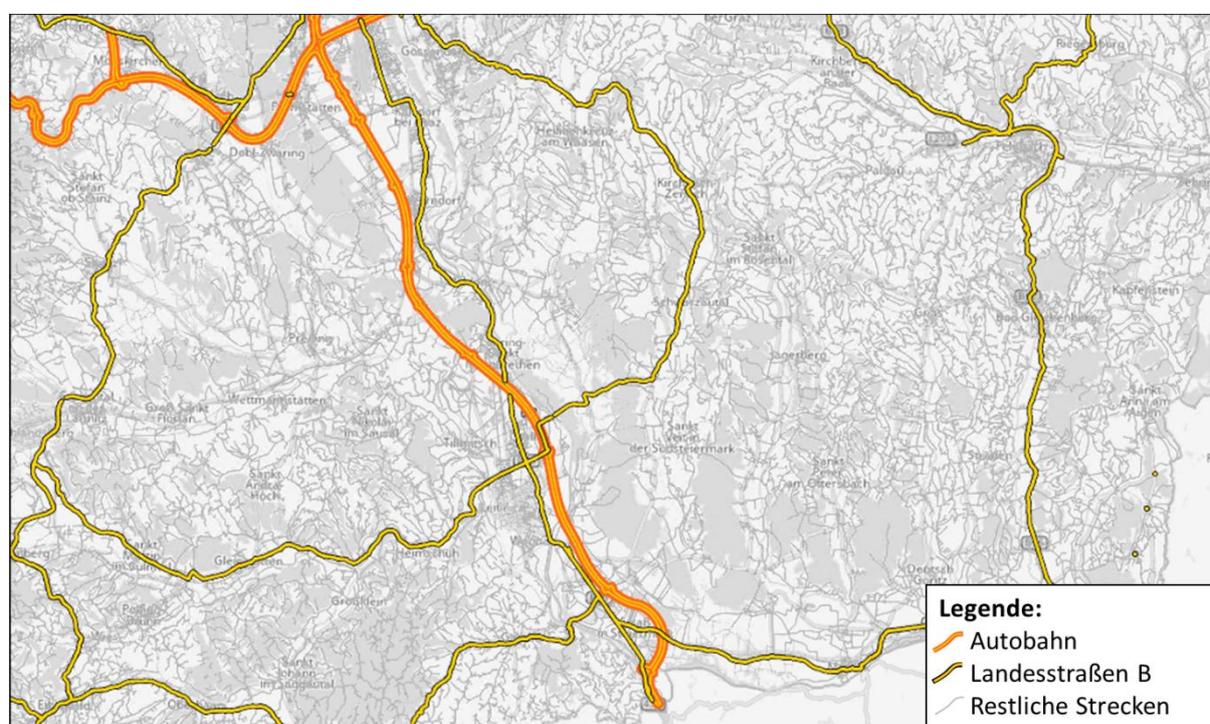


Abbildung 12: IV-Streckennetz Verkehrsmodell

Das Streckennetz wurde in die Streckentypen Autobahn, Landesstraße B, Landesstraße L, Stadtstraße, Gemeindestraße, Fuß- und Radwege und Nebenweg unterteilt.

2.4.2. ÖV-Angebot Bestand

Die Basis des ÖV-Angebots im Verkehrsmodell bildet der ÖV-Fahrplan vom Dezember 2019 und die Haltestellenstandorte für die gesamte Steiermark. Die Daten wurden vom Steirischen Verkehrsverbund zur Verfügung gestellt. Aufbauend auf diesen Fahrplandaten wurden bekannte Änderungen bis zum Jahr 2022 im ÖV-Angebot aktualisiert. Dies betrifft beispielsweise den Linientausch zwischen den Straßenbahnlinien 3 und 4 in Graz, sowie die Verlängerungen der Straßenbahnlinien 4 und 6 nach Reininghaus bzw. in die Smart City

Waagner Biro. Zusätzlich wurden auch neue Haltestellen wie beispielsweise die Haltestelle Münzgrabengürtel der Linie 6 ergänzt. Insgesamt enthält das Verkehrsmodell 618 ÖV-Linien und 10.798 Haltestellen mit 22.974 Haltepunkten.

2.5. Verkehrserzeugung und Lageindizes

Mit der Verkehrserzeugung wird zunächst das Quellverkehrsaufkommen je Verkehrszelle berechnet. Kernelemente der Modellierung sind die Einteilung der Nachfrage in verhaltenshomogene Gruppen (VHG), die Erzeugung bzw. Ableitung von Aktivitätenketten und die Annahme zu den Mobilitätsraten auf Basis von Mobilitätserhebungen sowie die Hinterlegung von Nachfrageganglinien im Netz. Die verhaltenshomogenen Gruppen (VHG) werden hinsichtlich Alter, Ausbildung, Pkw-Verfügbarkeit und Erwerbstätigkeit unterschieden. Die Personenanzahl einer VHG wird für jede Verkehrszelle aus der Einwohnerzahl, der Altersverteilung, dem Motorisierungsgrad, der Erwerbstätigenquote und dem Bildungsniveau berechnet und zugeordnet. Dahinter steckt die Überlegung, dass durch die Einteilung in verhaltenshomogene Gruppen das reale Verkehrsverhalten besser abgebildet werden kann. Die einzelnen Personengruppen unterscheiden sich in der Anzahl der zurückgelegten Wege pro Tag, in der Wegelänge, bei der Verkehrsmittelwahl des hauptsächlich verwendeten Verkehrsmittels und der hauptsächlich durchgeführten Aktivität. Innerhalb einer Personengruppe soll das Verkehrsverhalten möglichst gleich (homogen) sein. Im VerMeS22 gibt es 15 unterschiedliche Personengruppen (Tabelle 1) für jeweils die Aktivitätenketten und das spezifische Verkehrsaufkommen ermittelt werden.

Tabelle 1: Verhaltenshomogene Gruppe VerMeS22

Abkürzung	Verhaltenshomogene Gruppe
K	Kinder
VSCH	Volksschüler:innen
Sch	Schüler:innen
Azubi	Auszubildende
Stud	Studierende
VEmP	Voll-Erwerbstätige mit Pkw
TEmP	Teil-Erwerbstätige mit Pkw
VEoP	Voll-Erwerbstätige ohne Pkw
TEoP	Teil-Erwerbstätige ohne Pkw
NEmP	Nicht Erwerbstätige mit Pkw
NEoP	Nicht Erwerbstätige ohne Pkw
PJmP	Pensionist:innen unter 75 Jahren mit Pkw
PJoP	Pensionist:innen unter 75 Jahren ohne Pkw
PAmP	Pensionist:innen über 75 Jahren mit Pkw
PAoP	Pensionist:innen über 75 Jahren ohne Pkw

2.5.1. Definition und Berechnung der Lageindizes

Aufgrund des unterschiedlichen Mobilitätsverhalten (z.B. Wahl des Abfahrtzeitpunktes, Modal Splits) der städtischen Bevölkerung und der Umlandbevölkerung wurde ein Lageindex eingeführt. Die Mobilitätsraten und die Abfahrtszeitpunkte sind raumspezifisch; d.h. nach

Lageindex auf die verhaltenshomogenen Gruppen angewendet worden. Die Festlegung der Lageindizes wurde für die Prognosezeitpunkte neu ermittelt, d.h. es kommt in der Prognoserechnung durch die Bevölkerungsentwicklung und/oder verbesserte/verschlechterte Einkaufsgelegenheiten zu Verschiebungen des Lageindex von Verkehrszellen. Es wurden fünf Werte für den Lageindex definiert, die sich an den Raumtypen der ÖROK orientieren.

- **Lageindex 0 (Kordon-Verkehrszellen):**

Kordon-Verkehrszellen besitzen den Lageindex 0. Der Lageindex der Kordon-Verkehrszellen bleibt in der Prognose unverändert.

- **Lageindex 1 (Urban-Großstadt):**

Dieser Lageindex bildet das urbane Mobilitätsverhalten einer Großstadt ab. Alle Verkehrszellen der Landeshauptstadt Graz sind dem Lageindex 1 zugeordnet. Das Mobilitätsverhalten zeichnet sich durch eine hohe Wegeanzahl und eine Affinität zur Nutzung der Verkehrsmittel des Umweltverbundes (Fuß, ÖV, Rad) aus, da die Entfernungen zu wichtigen Einrichtungen und Arbeitsplätzen kurz sind. In den 338 Verkehrszellen des Lageindex 1 leben 294.678 Einwohner:innen und es existieren 196.828 Arbeitsplätze.

- **Lageindex 2 (Urban-Bezirkshauptstadt)**

Dem Lageindex 2 werden alle Verkehrszellen der Bezirkshauptstädte des Untersuchungsgebiets (mit Ausnahme von Graz) zugeordnet. Das Mobilitätsverhalten in den Bezirkshauptstädten unterscheidet sich von jenen der Stadt Graz. Es besteht eine Affinität zum Umweltverbund, jedoch ist diese nicht so ausgeprägt wie in Graz. Es werden mehr Wege mit dem Pkw absolviert, da insbesondere Arbeitsplätze auch außerhalb der Bezirkshauptstädte liegen. Die Anzahl der Einwohner:innen beträgt 87.771 und es stehen 73.966 Arbeitsplätze in den 104 Verkehrszellen zur Verfügung. Lageindex 2 ist somit jener Lageindex mit der geringsten Einwohner:innenzahl.

- **Lageindex 3 (Übergangsbereich)**

Räumliche Übergangsbereiche im Untersuchungsgebiet werden dem Lageindex 3 zugeordnet. Hier wird der Pkw für tägliche Fahrten häufig genutzt. Jedoch gibt es in den Verkehrszellen Infrastruktur, die es erlaubt Wege auch ohne Auto und Arbeitswege mit dem ÖV zurückzulegen (bspw. Pendler nach Graz). Die 229.537 Einwohner:innen verteilen sich auf 236 Verkehrszellen und es existieren 111.328 Arbeitsplätze in den Verkehrszellen.

- **Lageindex 4 (Ländlich)**

Im Lageindex 4 werden alle ländlichen Regionen des Untersuchungsgebiets gesammelt. Hier wird für tägliche Wege hauptsächlich der Pkw benutzt, da sowohl Arbeits-, Freizeit und Einkaufsmöglichkeiten nicht vor Ort verfügbar sind und das ÖV-Angebot zu diesen Zielen nicht attraktiv ist. Lageindex 4 weist in 379 Verkehrszellen 298.307 Einwohner:innen auf. Es befinden sich 92.207 Arbeitsplätze in diesem Lageindex.

Die Berechnung der Lageindizes je Verkehrszelle erfolgt über folgende Eingangsgrößen:

- Binnenpendler:innen
- Einwohner:innen
- Erwerbstätige
- Fläche der Verkehrszelle
- Geschäftsfläche (Einkaufspotenzial)

Aus diesen Eingangsgrößen werden zwei Kenngrößen berechnet.

$$\text{Binnenerwerbsquotendichte} = \frac{\frac{\text{Binnenerwerbspendingler: innen}}{\text{Erwerbstätige}}}{\text{Fläche der Verkehrszelle in km}^2}$$

Formel 1: Binnenerwerbsquotendichte

Die eine Kenngröße beschreibt die Binnenerwerbsquotendichte (Formel 1) und die zweite die Nahversorgungsquotendichte (Formel 2).

$$\text{Nahversorgungsquotendichte} = \frac{\frac{\text{Geschäftsfläche}}{\text{Einwohner: innen}}}{\text{Fläche der Verkehrszelle in km}^2}$$

Formel 2: Nahversorgungsquotendichte

Die Grenzen zur Einteilung der Verkehrszellen aufgrund der Kenngrößen wurden auf Basis der von „Großstadt“, „Bezirkshauptstadt“, „Übergangsbereich“ und „ländlich“ getroffen. Die Grenzen wurden für die Prognoserechnung nicht verändert. Da eine Dichte berechnet wird, ist der Einfluss der Fläche der jeweiligen Verkehrszelle groß. Da die Verkehrszelleneinteilung jedoch modellierungstechnische Hintergründe, erfolgt die Ermittlung eines mittleren Lageindex je Gemeinde.

In Abbildung 13 sind die Zelleneinteilung und die Zuordnung der Lageindizes für das Jahr 2022 ersichtlich.

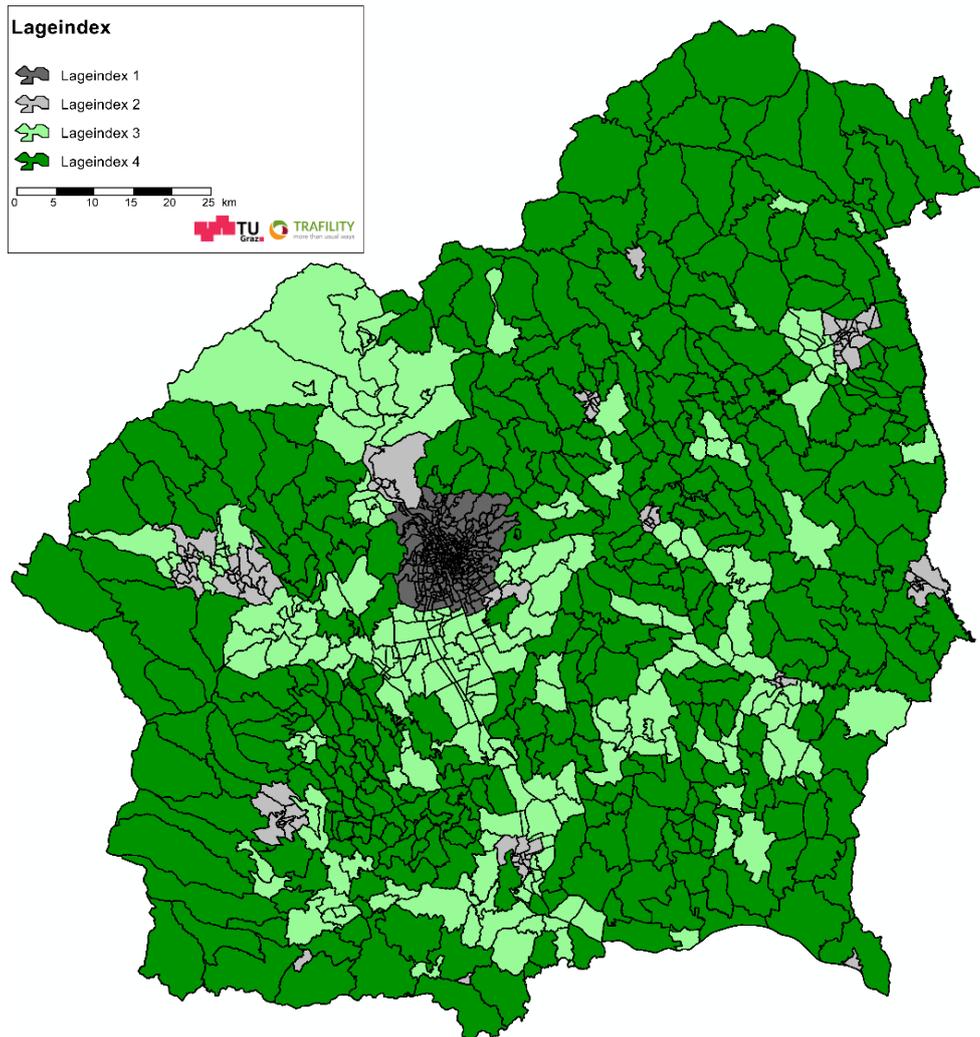


Abbildung 13: Lageindexeinteilung des VerMeS22

2.5.2. Aktivitätenketten und Mobilitätsraten

Im Berechnungsalgorithmus VISEM wird ein Aktivitätenketten-basierter Ansatz zur Berechnung der Nachfrage verwendet. Eine Aktivitätenkette ist eine Abfolge von Aktivitäten und die Wege dazwischen dienen zur Überwindung der räumlichen Distanz zwischen den unterschiedlichen Orten, wo die jeweilige Aktivität stattfindet. Eine Aktivitätenkette besteht aus einer Folge von Aktivitäten, die am Wohnort beginnt und endet (z.B. Wohnen-Arbeiten-Einkaufen-Freizeit-Wohnen). Aus erhobenen Wegeprotokollen wurden die Häufigkeiten der Aktivitätenketten ermittelt. Im VerMeS22 wurden für 8 unterschiedliche Aktivitäten (siehe Tabelle 2) insgesamt 51 unterschiedlichen Aktivitätenketten gebildet. Die Eintrittswahrscheinlichkeit einer einzelnen Aktivitätenkette ist abhängig von der verhaltenshomogenen Gruppe. Ein/e Erwerbstätige/r kann zum Beispiel innerhalb eines Werktages die Aktivitätenkette Wohnen-Arbeiten-Wohnen und Wohnen-Einkaufen-Wohnen durchlaufen. Nicht Erwerbstätige oder Schüler weisen andere Aktivitätenketten häufiger auf.

Aus Mobilitätsuntersuchungen ist bekannt, dass die Wegeanzahl und die Aktivitätenketten zwischen den verhaltenshomogenen Gruppen stark variieren. In Abbildung 14 sind die Mobilitätsraten für den Lageindex 1 (Grazer Bevölkerung) abgebildet. Diese stammen aus der Grazer Mobilitätsbefragung aus dem Jahr 2018. Erkennbar ist, dass Studierende, Erwerbstätige und Pensionist:innen unter 75 Jahre mit Pkw die meisten Aktivitäten pro Werktag durchführen. In der Summe kann mehr als eine Aktivitätenkette pro Tag durchgeführt werden, weil eine Aktivitätenkette per Definition jeweils am Wohnort beginnt und endet. Wird der Wohnort mehrfach am Tag für eine außerhäusliche Aktivität verlassen, entstehen mehrere Aktivitätenketten für diese Person. Pro Werktag liegt bei einem/r durchschnittlichen Grazer Erwerbstätige/n mit Pkw-Verfügbarkeit die Wahrscheinlichkeit der Aktivitätenkette Wohnen-Arbeiten-Wohnen (WAW) bei 65% und die Wahrscheinlichkeit für die Aktivitätenketten Wohnen-Freizeit-Wohnen (WFW) oder Wohnen-Einkaufen-Wohnen (WEW) bei jeweils 20%. Bei den Studierenden wird mit einer knapp 75% Wahrscheinlichkeit die Aktivitätenkette Wohnen-Hochschule-Wohnen (WHW), mit rund 25% Wahrscheinlichkeit WFW und mit 20% Wahrscheinlichkeit WEW angetreten. Generell machen die 3-elementigen Aktivitätenketten den Großteil aller Aktivitätenketten aus. Aktivitätenketten bestehend aus mehr als vier Aktivitäten treten mit geringerer Wahrscheinlichkeit auf. Nicht-Erwerbstätige Personen führen Gelegenheitsarbeiten durch, so dass auch sie mit geringer Wahrscheinlichkeit eine Aktivitätenkette WAW aufweisen.

Tabelle 2: Aktivitäten im VerMeS22

VHG	Aktivität	Strukturgröße	Wert der Strukturgröße
W	Wohnen	Einwohner:innen	Anzahl der Einwohner:innen
A	Arbeiten	Arbeitsplätze	Anzahl der Arbeitsplätze
B	Berufsschule	Berufsschulplätze	Anzahl der Berufsschulplätze
E	Einkaufen	Einkaufsmöglichkeiten	Verkaufsflächen des Einzelhandels
F	Freizeit	Freizeitmöglichkeiten	Anzahl der Nennung der Verkehrszelle als Freizeit-Ziel
V	Volksschule	Volksschulplätze	Anzahl der Volksschulplätze
H	Hochschule	Hochschulplätze	Anzahl der Hochschulplätze
S	Schule	Schulplätze	Anzahl der Schulplätze

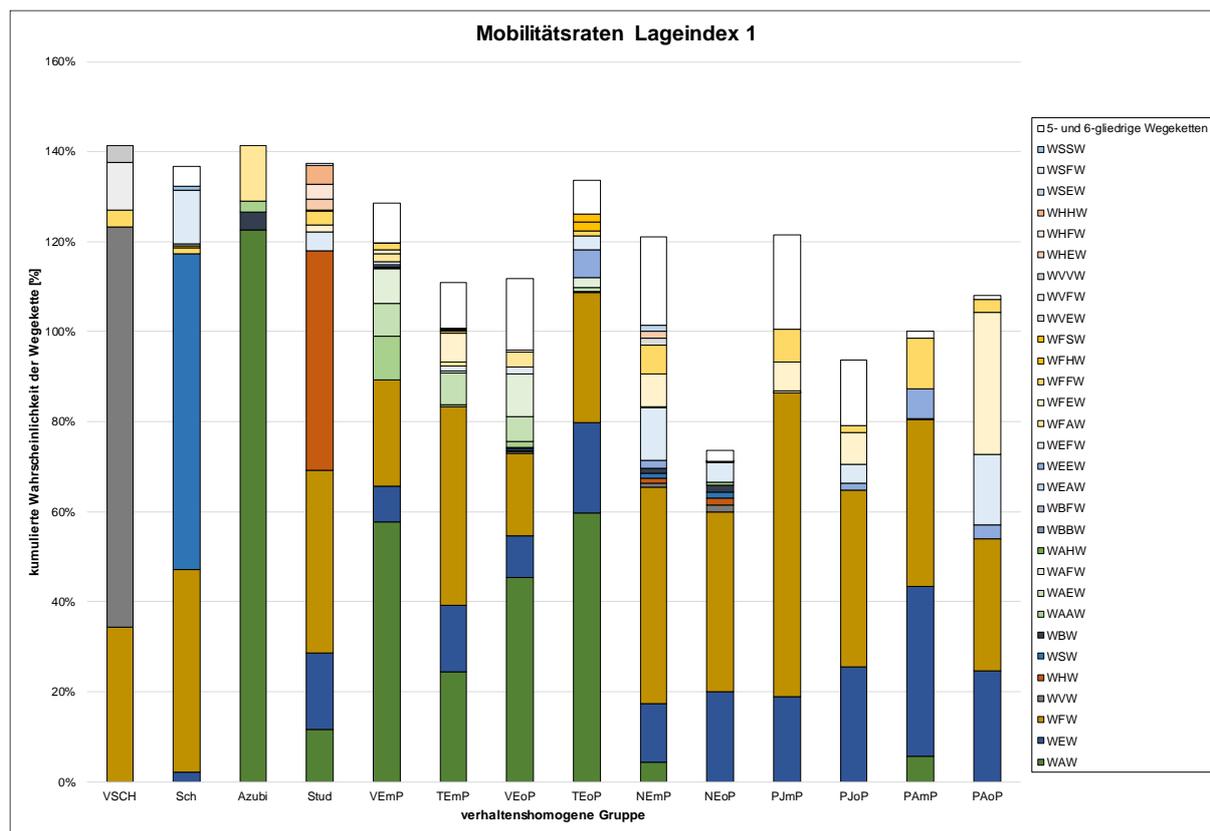


Abbildung 14: Wahrscheinlichkeit der Aktivitätenkette der verhaltenshomogenen Gruppen für Lageindex 1 (ohne Kinder unter 6 Jahren) mit den Aktivitäten W=Wohnen, A=Arbeiten, B=Berufsschule, E=Einkaufen, F=Freizeit, V=Volksschule, H=Hochschule und S=Schule

Der Vergleich zwischen den Wahrscheinlichkeiten der Aktivitätenketten je verhaltenshomogener Gruppe und Lageindex zeigt die Unterschiede in der Mobilität zwischen den Bewohner:innen der Stadt Graz (Lageindex 1, Abbildung 14) und den Bewohner:innen des Umlands (Lageindex 2-4 zusammengefasst, Abbildung 15). Besonders deutlich ersichtlich ist dieser Unterschied bei der verhaltenshomogenen Gruppe „PAoP“. Die Pensionist:innen (alt) ohne Pkw-Verfügbarkeit sind in der Stadt Graz doppelt so mobil wie im Umland (Lageindex 2-4). Zudem wird deutlich, dass die Pkw-Verfügbarkeit einen wichtigeren Parameter für die Mobilität im Umland darstellt. Die verhaltenshomogene Gruppe „VEmP“ unterscheidet sich hingegen zwischen den dargestellten Lageindizes kaum.

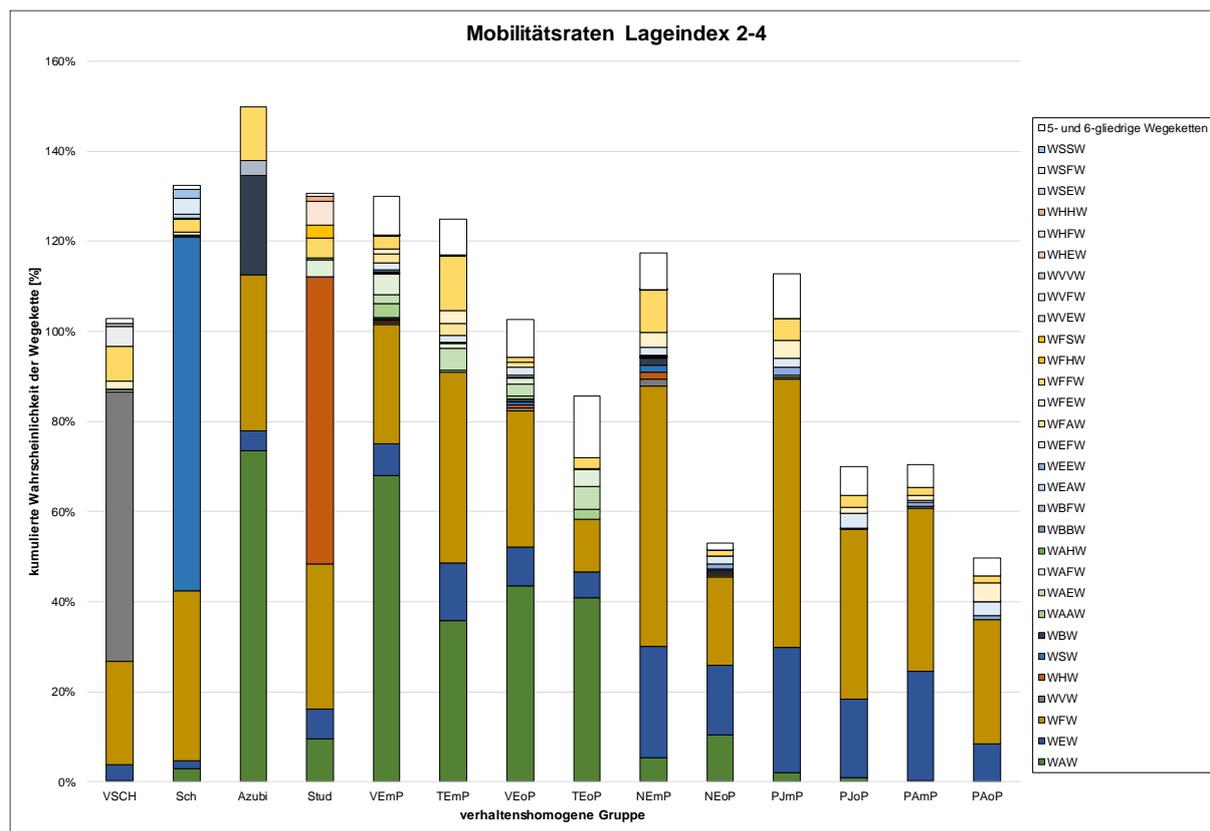


Abbildung 15: Wahrscheinlichkeit der Aktivitätskette der verhaltenshomogenen Gruppen für Lageindex 2-4 (ohne Kinder unter 6 Jahren) mit den Aktivitäten W=Wohnen, A=Arbeiten, B=Berufsschule, E=Einkaufen, F=Freizeit, V=Volksschule, H=Hochschule und S=Schule

2.6. Zielwahl

Bevor die Zielwahl im VerMeS22 berechnet werden konnte, war es notwendig, Nutzenfunktionen zu schätzen, die Einflüsse auf die Zielwahl der einzelnen Einwohner:innen zu untersuchen und diese mit Parametern zu belegen. Für die Zielwahl wurden erhaltene Mobilfunkdaten von Invenium Data Insights verwendet. Diese enthielten Informationen zu Alter, Quelle- und Zielzelle und die Aktivitäten Wohnen, Arbeiten, Bildung und Sonstiges. Mittels eines Algorithmus in R-Studio (Posit PBC, 2023) der Strukturdaten und Wahrscheinlichkeiten beinhaltete konnten die Aktivitäten Bildung und Sonstiges noch weiter verfeinert werden. Die Aktivität Bildung wurde abhängig von der Personengruppe spezifiziert. So entspricht Bildung bei Volksschüler:innen der Aktivität Volksschule, bei Schüler:innen der Aktivität Schule und bei Studierenden die Aktivität Hochschule. Die Aufteilung der Aktivitäten wurde mit den verfügbaren Daten aus Österreich Unterwegs (Tomschy, et al., 2016) plausibilisiert.

Die Modellschätzung wurde aktivitätenfein für 14 verhaltenshomogene Gruppe der vier Lageindizes durchgeführt. Für die verhaltenshomogene Gruppe Kinder wurden keine Nutzenfunktionen geschätzt, da für Kinder keine Daten vorhanden waren. Somit wurden insgesamt 104 Nutzenfunktionen geschätzt. Theoretisch müssten für 14 VHG, vier Lageindizes und sieben Außer-Haus-Aktivitäten 392 Nutzenfunktionen vorhanden sein. Die 104 Nutzenfunktionen ergeben sich, da nicht alle verhaltenshomogenen Gruppen alle

Aktivitäten ausüben. So absolvieren beispielsweise Volksschüler:innen keine Arbeitsaktivitäten.

Die Nutzenfunktionen enthalten die Parameter Reisezeit Pkw, Reisezeit ÖV, die Strukturgröße der Zielverkehrszelle, die durch die Reiseweite dividiert wird, um die Entfernung und die Attraktivität der Verkehrszellen einzubeziehen, sowie eine Konstante, die die nicht beobachtbaren Einflüsse beinhaltet. Diese Konstante dient später im Verkehrsmodell als Kalibrierungsgröße je Verkehrszelle, Personengruppe, Aktivität und Lageindex. Die Kenngrößen und Strukturdaten wurde von unterschiedlichen Datenquellen bezogen. Die Reisezeit für den Pkw wurde aus dem umgelegten Verkehrsmodell GUARD20, dem Verkehrsmodell des Instituts für Straßen- und Verkehrswesen der TU Graz, verwendet. Durch die Verwendung der umgelegten Reisezeiten war gewährleistet, dass die Reisezeiten auch Alternativrouten beinhaltet. Die Reisezeit für den ÖV stammt aus dem erhaltenen und angepassten Fahrplan des Steirischen Verkehrsverbunds aus dem VerMeS22. Ebenso stammen die verwendeten Strukturgrößen je Aktivität sowie die Reiseweite aus dem VerMeS22.

$$U_{i,j} = ASC_j + \beta_{RZ,Pkw} * RZ_{Pkw,i,j} + \beta_{Str} * \frac{Str_{j,S}}{RW_{Pkw,i,j}}$$

mit:	$U_{i,j}$	= Nutzen von Verkehrszelle i zu j
	ASC_j	= Zielkonstante der Verkehrszelle j
	$\beta_{RZ,Pkw}$	= Beta Parameter Reisezeit Pkw
	$RZ_{Pkw,i,j}$	= Reisezeit Pkw von Verkehrszelle i zu j
	β_{Str}	= Beta Strukturgröße
	$Str_{j,S}$	= Strukturgröße der Verkehrszelle j
	S	= Strukturgröße S
	$RW_{Pkw,i,j}$	= Reiseweite Pkw von Verkehrszelle i zu j

Formel 3: Nutzenfunktion für die Zielwahl im VerMeS22

Für die Modellschätzung wurde ein Multinomiales Logitmodell verwendet. Es war in der Schätzung notwendig, Verkehrszellen, die nicht von einer Personengruppe gewählt wurden, auszuschließen, da sonst in der Maximum Likelihood Schätzung keine Lösung gefunden worden wäre. Dies betraf vor allem die Kombination aus Personengruppen und Aktivitäten mit geringer Stichprobengröße. Den Verkehrszellen, die somit keine Konstante aus der Modellschätzung erhielten, wurde in einem weiteren Schritt der Mittelwert aus den geschätzten Konstanten in Abhängigkeit des Lageindex zugeordnet. Formel 3 zeigt die allgemeine Nutzenfunktion für die Zielwahl und Tabelle 3 zeigt die verwendeten Beta-Parameter für die Personengruppen VEmP und TEOp für alle vier Lageindizes für die Aktivität „Arbeiten“.

Im Zuge der Modellkalibrierung in der Simulationssoftware VISUM wurden die c-Werte, die den Verlauf der Widerstandsfunktion beeinflussen, verändert. Die Werte liegen im Bereich zwischen 0,5 und 5, wobei der überwiegende Teil zwischen 1 und 3 liegt. Zusätzlich wurden die obere und untere Grenze der Zielkonstanten der Verkehrszellen je verhaltenshomogener Gruppe für alle Lageindizes standardisiert.

Tabelle 3: Beta-Parameter der Zielwahl

Aktivität	Lageindex	Verhaltenshomogene Gruppe	Kenngroße	Beta-Parameter
Arbeiten	Lageindex 1 (Urban Großstadt)	Vollerwerbstätige mit Pkw	ASC	zwischen -6,43 und 1,66
			Reisezeit Pkw	-0.00519
			Strukturgröße	-0.00002
		Teil-Erwerbstätige ohne Pkw	ASC	zwischen -2,79 und 4,44
			Reisezeit Pkw	-0.00438
			Strukturgröße	-0.00003
	Lageindex 2 (Urban Bezirkshauptstadt)	Vollerwerbstätige mit Pkw	ASC	zwischen -6,43 und 1,66
			Reisezeit Pkw	-0.01404
			Strukturgröße	0.00004
		Teil-Erwerbstätige ohne Pkw	ASC	zwischen -2,79 und 4,44
			Reisezeit Pkw	-0.01225
			Strukturgröße	-0.00004
	Lageindex 3 (Übergangsbereich)	Vollerwerbstätige mit Pkw	ASC	zwischen -6,43 und 1,66
			Reisezeit Pkw	-0.01589
			Strukturgröße	0.00007
		Teil-Erwerbstätige ohne Pkw	ASC	zwischen -2,79 und 4,44
			Reisezeit Pkw	-0.01319
			Strukturgröße	0.00003
Lageindex 4 (Ländlich)	Vollerwerbstätige mit Pkw	ASC	zwischen -6,43 und 1,66	
		Reisezeit Pkw	-0.01634	
		Strukturgröße	0.00006	
	Teil-Erwerbstätige ohne Pkw	ASC	zwischen -2,79 und 4,44	
		Reisezeit Pkw	-0.01443	
		Strukturgröße	-0.00002	

2.7. Moduswahl

Analog zur Zielwahl mussten auch vor der Moduswahlberechnung in VerMeS22 Nutzenfunktionen geschätzt werden, die Einflüsse auf die Moduswahl der einzelnen Einwohner:innen untersuchen und diese mit Parametern belegen. Da die Mobilfunkdaten keine gewählten Verkehrsmittel für die aufgezeichneten Wege enthielten wurden für die Moduswahl zwei Datenquellen verwendet. Für die Binnenwege in Graz und die Binnenwege außerhalb von Graz wurden die Mobilitätsdaten aus Österreich Unterwegs 2014 (Tomschy, et al., 2016) verwendet. Für die Wege von und nach Graz wurden die Mobilitätsdaten aus der Erhebung „Stadtgrenzüberschreitender Verkehr 2022“ (Cik, et al., 2023) verwendet.

Der Grund für diese Aufteilung der Datenquellen sind die fehlenden Informationen zu den Quellen und Zielen in Graz. In Österreich Unterwegs 2014 wird Graz als eine Gemeinde definiert und somit gibt es keine Information zur Verteilung der Wege in Graz. Die einzige Information ist die Wegedauer des gewählten Verkehrsmittels. Durch die Adressfeine Information aus der Erhebung „Stadtgrenzüberschreitender Verkehr 2022“ war es jedoch möglich, die Ziele der Befragten Verkehrszellen zuzuordnen. Dasselbe Problem bestand für

Binnenwege in Graz. Hier wurden deshalb die Reisezeitverhältnisse zwischen den Verkehrsmitteln Fuß, Mitfahrer, ÖV, Pkw und Rad berechnet und eine obere und untere Grenze von +/-15% definiert. Die Reisezeiten stammen abermals aus GUARD20. Dadurch war es möglich die nichtgewählten Alternativen zu bestimmen. Diese Bestimmung betraf nur die Fahrzeit je Verkehrsmittel. Die übrigen Parameter je Verkehrsmittel wurden aus den Matrizen von GUARD20 entnommen, per Zufallszahl bestimmt oder fix gesetzt. Die Verkehrszellenbinnenverkehr wurden für Fuß auf 10 min und für Rad auf 5 min gesetzt. Tabelle 4 zeigt die Datenquelle für jeden Parameter der Verkehrsmittel.

Tabelle 4: Datenquellen der Parameter der Moduswahl

Verkehrsmittel	Parameter	Datenquelle
Fuß	Gehzeit	RZ-Verhältnis Berechnung aus GUARD20
Mitfahrer	Zu- und Abgangszeit	Mit Zufallszahl zwischen 1 und 8 min gesetzt
	Wartezeit	Mit Zufallszahl zwischen 0 und 5 min gesetzt
	Fahrzeit	RZ-Verhältnis Berechnung aus GUARD20
ÖV	Zu- und Abgangszeit	Abhängig vom Verkehrssystem und der Region. Bahn wurde als P&R (Zufahrt mit Pkw) bei weit entfernten Zellen angenommen, sonst fußläufig
	Wartezeit	Abhängig von Bedienungshäufigkeit. Unter 10 min die halbe Taktzeit. Darüber mit Zufallszahl zwischen 2 und 6 min.
	Bedienungshäufigkeit	Berechnung eines durchschnittlichen Takts/Tag: 90, 60, 45, 30, 15, 10 min
	Fahrzeit	RZ-Verhältnis Berechnung aus GUARD20
	Umstiege	Kenngößenmatrix aus GUARD20
	Kosten	Wenn ÖV-Karte keine Kosten, sonst abhängig von Zonen
Pkw	Zu- und Abgangszeit	Zufallszahl zwischen 1 und 2 min gesetzt
	Fahrzeit	RZ-Verhältnis Berechnung aus GUARD20
	Kosten	0,42 €/km
Rad	Zu- und Abgangszeit	1 min und in den inneren Bezirken von Graz 2 min
	Fahrzeit	RZ-Verhältnis Berechnung aus GUARD20

Die Modellschätzung wurde modusfein für jede der 14 verhaltenshomogene Gruppe in den vier Lageindizes durchgeführt. Insgesamt wurden 260 Nutzenfunktionen geschätzt. Analog zur Zielwahl wurden für die verhaltenshomogene Gruppe Kinder wurden keine Nutzenfunktionen geschätzt, da für diese Personengruppe keine Daten verfügbar waren. In der Theorie müssten für 14 verhaltenshomogenen Gruppen, vier Lageindizes und fünf Verkehrsmittel 280 Nutzenfunktionen vorhanden sein. Die Verringerung auf 260 Nutzenfunktionen ergibt sich, da nicht alle verhaltenshomogenen Gruppen alle Verkehrsmittel zur Verfügung haben. So haben beispielsweise Volksschüler:innen definitiv keine Pkw-Verfügbarkeit.

$$U_{F,i,j} = ASC_F + \beta_{FZ,F} * FZ_{F,i,j}$$

$$U_{M,i,j} = ASC_M + \beta_{GZ,M} * GZ_{M,i,j} + \beta_{WZ,M} * WZ_{M,i,j} + \beta_{FZ,M} * FZ_{M,i,j}$$

$$U_{O,i,j} = ASC_O + \beta_{GZ,O} * GZ_{O,i,j} + \beta_{WZ,O} * WZ_{O,i,j} + \beta_{BDH} * BDH_{i,j} + \beta_{USt} * USt_{i,j} + \beta_{UStWZ} * UStWZ_{i,j} + \beta_{FZ,O} * FZ_{O,i,j} + \beta_{Kosten,O} * Kosten_{O,i,j}$$

$$U_{P,i,j} = ASC_P + \beta_{GZ,P} * GZ_{P,i,j} + \beta_{FZ,P} * FZ_{P,i,j} + \beta_{Kosten,P} * Kosten_{P,i,j}$$

$$U_{R,i,j} = ASC_R + \beta_{GZ,R} * GZ_{R,i,j} + \beta_{FZ,R} * FZ_{R,i,j}$$

mit:	$U_{m,i,j}$	= Nutzen des Verkehrsmittels m für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j
	m	= Verkehrsmittel m entspricht: F = Fußgänger, M = Mitfahrer, O = ÖV, P = Pkw, R = Rad)
	ASC_m	= Moduskonstante für Verkehrsmittel m
	$\beta_{GZ,m}$	= Beta Parameter Gehzeit für Verkehrsmittel m
	$GZ_{m,i,j}$	= Gehzeit für Verkehrsmittel m für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j
	$\beta_{WZ,m}$	= Beta Parameter Wartezeit für Verkehrsmittel m
	$Wartezeit_{m,i,j}$	= Wartezeit für Verkehrsmittel m für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j
	β_{BDH}	= Beta Bedienungshäufigkeit
	$BDH_{i,j}$	= Bedienungshäufigkeit für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j
	β_{USt}	= Beta Umsteigehäufigkeit
	$USt_{i,j}$	= Umsteigehäufigkeit für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j
	β_{UStWZ}	= Beta Umsteigehäufigewartezeit
	$UStWZ_{i,j}$	= Umsteigewartezeit für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j
	$\beta_{FZ,m}$	= Beta Parameter Fahrzeit für Verkehrsmittel m
	$FZ_{m,i,j}$	= Fahrzeit für Verkehrsmittel m für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j
	$\beta_{Kosten,m}$	= Beta Parameter Kosten für Verkehrsmittel m
	$Kosten_{m,i,j}$	= Kosten für Verkehrsmittel m für die Beziehung von Verkehrszelle i zu j

Formel 4: Nutzenfunktionen für die Moduswahl im VerMeS22

Für die Schätzung der Parameter wurde ein Multinomiales Logitmodell verwendet. Hier musste darauf geachtet werden, dass die teilweise Verfügbarkeit von Pkws in bestimmten Personengruppen beachtet wird. So haben nicht alle Schüler:innen die Möglichkeit einen Pkw zu benutzen bzw. können in Haushalten Personen die in der verhaltenshomogenen Gruppe als „ohne Pkw“ definiert sind auch einen Pkw nutzen (Hier wird ein Pkw im Haushalt von mehreren Personen genutzt). Formel 4 zeigt die Nutzenfunktionen der unterschiedlichen Verkehrsmittel für die Moduswahl. In der Tabelle 5 werden die Parameter der Nutzenfunktionen für die einzelnen Modi der beiden verhaltenshomogenen Gruppen VEmP und TEoP des Lageindex 4 aufgelistet.

Tabelle 5: Beta-Parameter der Moduswahl

Lageindex	Verhaltenshomogene Gruppe	Verkehrsmittel	Kenngroße	Beta-Parameter
Lageindex 4 (Ländlich)	Vollerwerbstätige mit Pkw	Fuß	Moduskonstante Fuß	4,9929
			Gehzeit	-0,2080
		Mitfahrer	Moduskonstante Mitfahrer	0,8664
			Zu- und Abgangszeit	-0,0428
			Wartezeit	-0,0428
			Fahrzeit	-0,9605
		ÖV	Moduskonstante ÖV	-7,3182
			Zu- und Abgangszeit	-0,0232
			Wartezeit	-0,1223
			Bedienungshäufigkeit	0,6379
			Fahrzeit	-0,1527
			Umstiege	-0,3355
			Umsteigewartezeit	-0,0068
			Kosten	-5,2188
		Pkw	Moduskonstante Pkw	1,3867
			Zu- und Abgangszeit	-0,0676
			Fahrzeit	-0,1277
			Kosten	-0,5610
		Rad	Moduskonstante Rad	0,8115
			Zu- und Abgangszeit	-0,0745
			Fahrzeit	-0,5272
	Teil-Erwerbstätige ohne Pkw	Fuß	Moduskonstante Fuß	1,7652
			Gehzeit	-0,2207
		Mitfahrer	Moduskonstante Mitfahrer	0,3632
			Zu- und Abgangszeit	-0,2578
			Wartezeit	-0,1000
			Fahrzeit	-2,0995
		ÖV	Moduskonstante ÖV	-7,0685
			Zu- und Abgangszeit	-0,0711
			Wartezeit	-0,2857
Bedienungshäufigkeit			0,5755	
Fahrzeit			-0,5854	
Umstiege			-0,8391	
Umsteigewartezeit			-0,0743	
Kosten			-2,0440	
Pkw		Moduskonstante Pkw	0,9424	
		Zu- und Abgangszeit	-0,0092	
		Fahrzeit	-0,1343	
		Kosten	-1,0658	
Rad		Moduskonstante Rad	0,5938	
		Zu- und Abgangszeit	-0,7613	
		Fahrzeit	-4,6454	

2.8. Güterverkehrsnachfrage im Binnenverkehr

Als Grundlage für den Güterverkehr im Binnenverkehr dienen die Lkw-Matrizen aus dem *Traffility-Verkehrsmodell Steiermark-Süd* aus dem Jahr 2019 (ASFINAG, 2020). Entlang der A9 südlich von Graz sowie östlich und westlich vom Knoten Graz West entlang der A2 sind große Entwicklungsflächen vorhanden. Für den Bestand und die Prognose wurden die bebauten Industrie- und Gewerbegebiete gemäß Flächenwidmungsplänen und Entwicklungsplänen der Gemeinden (abgerufen aus dem GIS Steiermark) detailliert erhoben und eine Abschätzung der Verkehrserzeugung mithilfe von Bosserhoff (Bosserhoff, 2022) durchgeführt. Im Verkehrsmodell wurden die Verkehrszellen entsprechend den bestehenden und zukünftigen Industrie- und Gewerbegebieten verfeinert und anhand der ermittelten Verkehrserzeugung sowie bekannter Zählstellen und Verkehrserhebungen kalibriert. Das bereits bebaute Industrie- und Gewerbegebiet beläuft sich auf eine Fläche von rund 1.030 ha.

Details zu den Annahmen für den Lkw-Verkehr in der Prognose werden in Kapitel 3.8 beschrieben. Abbildung 16 zeigt einen Ausschnitt zu den ausgewiesenen Industrie- und Gewerbeflächen im nördlichen Planungsgebiet.

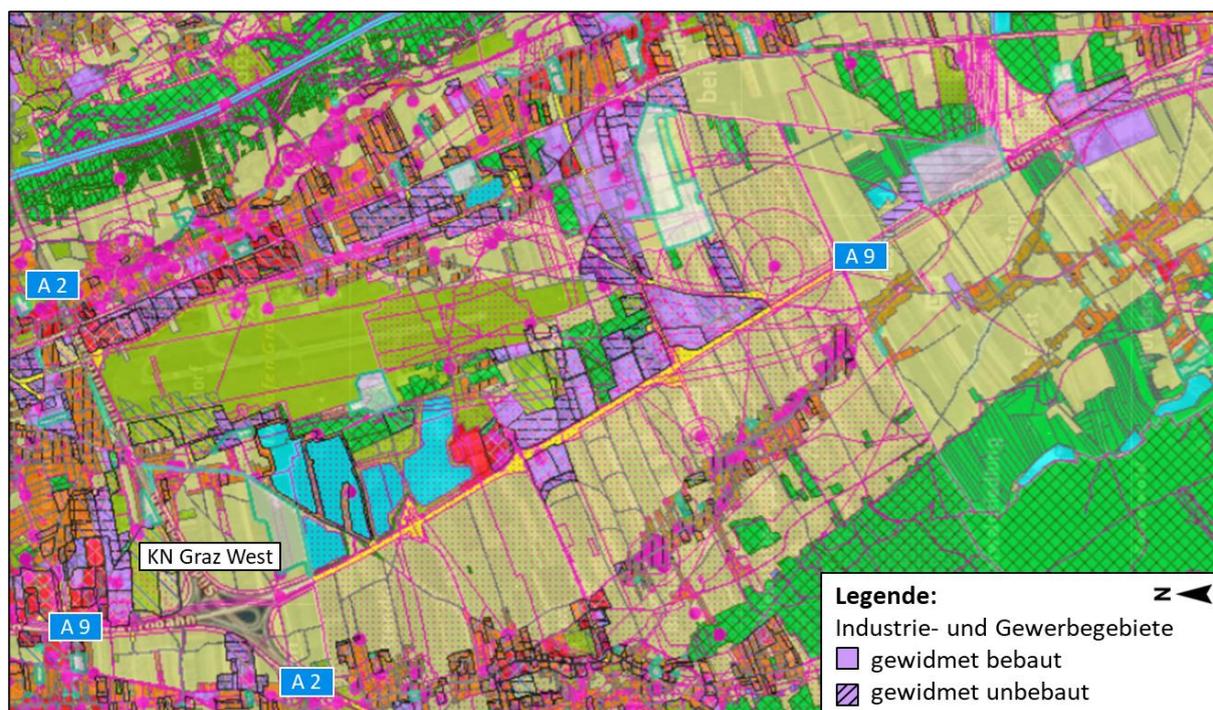


Abbildung 16: Industrie- und Gewerbegebiete bebaut/unbebaut im Bestand

2.9. Externe Verkehrsnachfrage für Pkw und Lkw

Das Aktivitätenketten-basierte Nachfragemodell VISEM des Verkehrsmodells VerMeS22 umfasst nur Binnenwege, die vollständig innerhalb des Untersuchungsgebietes stattfinden. Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehre von oder in das Untersuchungsgebiet müssen über externe Modelle abgebildet werden. Zur Berücksichtigung großräumiger, über das Untersuchungsgebiet hinausgehende Verflechtungen, wird auf die Daten eines großräumigen Verkehrsmodells zurückgegriffen. Zum Bearbeitungszeitpunkt war das Verkehrsmodell Österreich 2040+ noch in Bearbeitung. Dennoch konnten daraus die Verkehrsstrommatrizen des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr für den Pkw- und Lkw-Verkehr aus VPÖ 2040+ im Bearbeitungsstand vom Oktober 2022 für den Bestandsfall herangezogen werden. Im VPÖ 2040+ ist das Analysejahr 2018 abgebildet. Die Matrizen des Kfz-Verkehrs sind im Verkehrsmodell Österreich unterteilt in leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Sattelastzüge (SLZ), Solo-Lkw und Pkw.

Die Hochrechnung und Kalibrierung der Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr erforderte folgende Arbeitsschritte:

- Zunächst wurden die vorliegenden Matrizen aus dem VPÖ 2040+ des Jahres 2018 zu jeweils einer Pkw-Matrix mit LNF + Pkw und einer Lkw-Matrix mit SLZ + Solo-Lkw zusammengefasst.
- Dann wurden die relevanten Matrizen für das Untersuchungsgebiet aus dem Gesamt-Österreich-Matrizen herausgeschnitten und es erfolgte eine einfache Anpassung der vorliegenden Quelle-Ziel-Beziehungen an die Struktur der Verkehrszellen im Untersuchungsgebiet, damit eine einheitliche Matrixstruktur vorlag. Die Summe der Pkw-QZD-Matrix vor der Kalibrierung beträgt 208.556 Pkw/24h, jene der Lkw 21.633 Lkw/24h.
- Hochrechnung auf das Analysejahr 2022: Die Modellabgrenzung des Untersuchungsgebiets wurde so gewählt, dass die Einfüllpunkte des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs in Netzabschnitten mit Dauerzählstellen des ASFINAG-Netzes liegen. Dadurch konnten die Matrixwerte aus dem Jahr 2018 direkt mit den Werten der Dauerzählstellen aus dem Jahr 2022 abgeglichen werden.
- Finale Anpassungen an den Modellgrenzen: Die Verkehrsbelastungen respektive Matrixwerte im Kfz-Verkehr an den Modellgrenzen des benutzten Verkehrsmodells für den Süden von Graz sind aus dem VPÖ 2040+ für das Jahr 2018 an einigen Stellen deutlich abweichend (zu hoch) von den Werten der entsprechenden Dauerzählstellen der ASFINAG. Dem entsprechend erfolgte auch für diese QZD-Verkehrsströme eine Anpassung (Reduktion) per Hand gemäß den gezählten Werten der ASFINAG-Dauerzählstellen.

- Darüber hinaus standen die Ergebnisse einer aktuellen Kennzeichenverfolgung (Ingenieurbüro Pilz Verkehrs-Planungs GmbH & Partner Co KG, 2023) auf der A9 zwischen Knoten Graz West und Grenzübergang Spielfeld zur Verfügung. Die Ergebnisse dieser Kennzeichenverfolgung dienten als Soll-Werte zur Kalibrierung der relevanten Verkehrsströme der vorhandenen QZD-Matrix. Die Anpassungen erfolgten iterativ per Hand mit ingenieurmäßigen ermittelten Faktoren, wobei die gezählten Werte der ASFINAG-Dauerzählstellen als Zielwerte genutzt wurden.

Mit den oben beschriebenen Arbeitsschritten lagen als Ergebnisse plausible und geprüfte QZD-Verkehrstrommatrizen für den Pkw- und Lkw-Verkehr im Untersuchungsgebiet vor. Nachdem diese Matrizen lediglich einen Teil des Gesamtverkehrs darstellen, war ein weiterer Kalibrierungsschritt für den gesamten im Modell abgebildeten Kfz-Verkehr erforderlich. Die Vorgangsweise dazu wird im nachfolgenden Kapitel beschrieben.

2.10. Korrektur Nachfragematrix mIV

Die aus dem Nachfragemodell umgelegten Pkw-Nachfragematrizen weisen in manchen Bereichen unzufriedenstellend hohe Abweichungen zwischen Modell- und Zählwerten auf. Dies kann auf mehrere Gründe zurückzuführen sein:

- Schwankungen in den Zählwerten
- Ungünstige Lage der Zählstelle (aufgrund fehlenden Zellbinnenverkehrs oder Anbindungen)
- Lokale Häufung nicht modellierter Verkehrsanteile (z.B. Tourismusverkehr)
- Streckenbezogene Besonderheiten die im Modell nicht erfasst sind

Die ermittelten Modellergebnisse werden zur Leistungsfähigkeitsanalyse im Straßennetz verwendet und erfordern damit eine hohe Abbildungsqualität. Als Verbesserung der Übereinstimmung erfolgte eine Nachfragekorrektur nach der Drehpunktmethod (Pivot-Point-Ansatz) für den Pkw-Binnenverkehr (Daly, et al., 2011). Dies bedeutet, dass die aus dem Nachfragemodell resultierende Ergebnismatrix anhand (stark beschränkter) Faktoren „gedreht“ wird. Dadurch bleiben der volle Zusammenhang zur Nachfragematrix und damit die Prognosefähigkeit erhalten.

Die Grenzwerte bzw. maximal zulässige Abweichungen für die Korrektur wurden dabei wie folgt festgelegt:

- Bezirkssummen von Ziel- und Quellverkehr maximal 20% Abweichung
- Soll-Streckenbelastung maximal 10% Abweichung
- Bestehende Kenngrößenverteilung ist zugrunde gelegt, Toleranz der Klassenanteile von 20%

Das Ergebnis der Nachfragemodellierung sind verkehrsmittelfeine Matrizen deren Struktur bezüglich der Menge, Symmetrie, Verteilung und weiterer verkehrlicher Kennwerte eine hohe Übereinstimmung aufweisen.

2.11. Verkehrsumlegung

Verkehrsumlegungen dienen grundsätzlich dazu, die vorhandenen Verkehrsstrommatrizen auf die Netzmodelle (bzw. Angebotsmodelle) des mIV und ÖV „umzulegen“ und damit die Netzbelastungen bzw. Verkehrsbelastungen im Netz zu ermitteln. Die Netzbelastungen sind praktisch ein Hauptergebnis der Verkehrsmodellierung und über Summenwertbildung lassen sich wesentliche Kennwerte – wie beispielsweise die Verkehrsleistung – des Verkehrsgeschehens im Untersuchungsgebiet ableiten. Allerdings unterscheiden sich die Angebotsmodelle des mIV und des ÖV grundlegend, wodurch auch entsprechend unterschiedliche Umlegungsverfahren zum Einsatz kommen. Die angewandten Umlegungsverfahren und entsprechenden Arbeitsschritte werden nachfolgend getrennt für den mIV und ÖV beschrieben.

2.11.1. mIV-Umlegung

Das Verkehrsnetz bzw. Angebotsmodell für den Individualverkehr besteht aus Knoten zur Abbildung von Kreuzungen und Kanten zur Abbildung von Strecken. Jede Strecke wird durch einen Anfangs- und Endknoten definiert und zusätzlich werden den Strecken bestimmte charakteristische Eigenschaften (Attribute) in Abhängigkeit zur jeweiligen Nutzung (Fuß, Rad, Pkw, Lkw) zugeordnet. Bei der Modellierung des Kfz-Verkehrs sind vor allem die Kapazität (Leistungsfähigkeit bei gerade noch flüssigem Verkehrsablauf) und die Freifahrtgeschwindigkeit v_0 des jeweiligen Streckenabschnittes wichtig. Die Freifahrtgeschwindigkeit gibt jene Geschwindigkeit an, die bei freiem Verkehrsfluss auf der unbelasteten Strecke gefahren werden kann.

Kernelement jeder Umlegungsrechnung im mIV ist die modelltechnische Abbildung der Routenwahl der Verkehrsteilnehmer:innen. Bei steigender Verkehrsbelastung sinkt die Reisegeschwindigkeit. Modelltechnisch wird die Reisegeschwindigkeit in Abhängigkeit des Auslastungsgrads dargestellt. Der Auslastungsgrad ist der dimensionslose Quotient aus Verkehrsbelastung und Kapazität. Die Streckenkapazität hängt vom Streckentyp und dem jeweiligen Straßenquerschnitt und wird über eine sogenannten so genannte Kapazitätsbeschränkungsfunktionen (Capacity-Restraint-Funktion, CR-Funktionen) mathematisch abgebildet.

2.11.1.1. CR-Funktion

In VerMeS22 wird als Funktionstyp für die belastungsabhängigen Streckenwiderstand die BPR-Funktion (Bureau of Public Roads) verwendet. Abhängig vom Streckentyp werden unterschiedliche Parameter angewandt. Im Modell sind die Streckenkapazitäten als Stundenkapazitäten angegeben. Die Umrechnung auf eine Tageskapazität erfolgt über den Parameter c.

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

mit: t_{akt} = aktuelle Reisezeit im belasteten Netz
 t_0 = Reisezeit im unbelasteten Netz
 q = aktuelle Belastung
 q_{max} = Kapazität
 a, b, c = unterschiedliche Parameter

Formel 5: BPR-Funktion (Bureau of Public Roads)

Messungen haben gezeigt, dass der Kurvenverlauf der CR-Funktion nicht linear mit zunehmendem Auslastungsgrad ansteigt. Gerade auf Autobahnen sinkt die Reisegeschwindigkeit erst merklich bei Auslastungsgraden über etwa 70%. Im nachgeordneten Straßennetz verläuft der Anstieg zu Beginn etwas steiler, da sich Störungen durch ein- und abbiegende Fahrzeuge früher bemerkbar machen. Daher wurden in VerMeS22 abhängig vom Streckentyp unterschiedliche Werte für den Parameter b gewählt. Rein rechnerisch sind in einem Verkehrsmodell auch Auslastungsgrade über 100% möglich. Aufgrund des nicht-linearen Anstiegs werden diese Strecken jedoch aufgrund des stark steigenden Widerstands (erhöhte Reisezeit) in der Verkehrsumlegung weniger berücksichtigt. Auch in der Realität kann es zeitweise zu tatsächlich realisierten Auslastungsgraden über 1 kommen, wenn die Verkehre dichter als in der Streckendimensionierung vorgesehen fahren. Abbildung 17 zeigt den Kurvenverlauf der CR-Funktionen für einige Streckentypen im Verkehrsmodell mit einer Variation vom Parameter b zwischen 2 und 5. Je höher b, desto stärker erhöht sich die Reisezeit nach Überschreitung der Kapazitätsgrenze (Auslastung > 1).

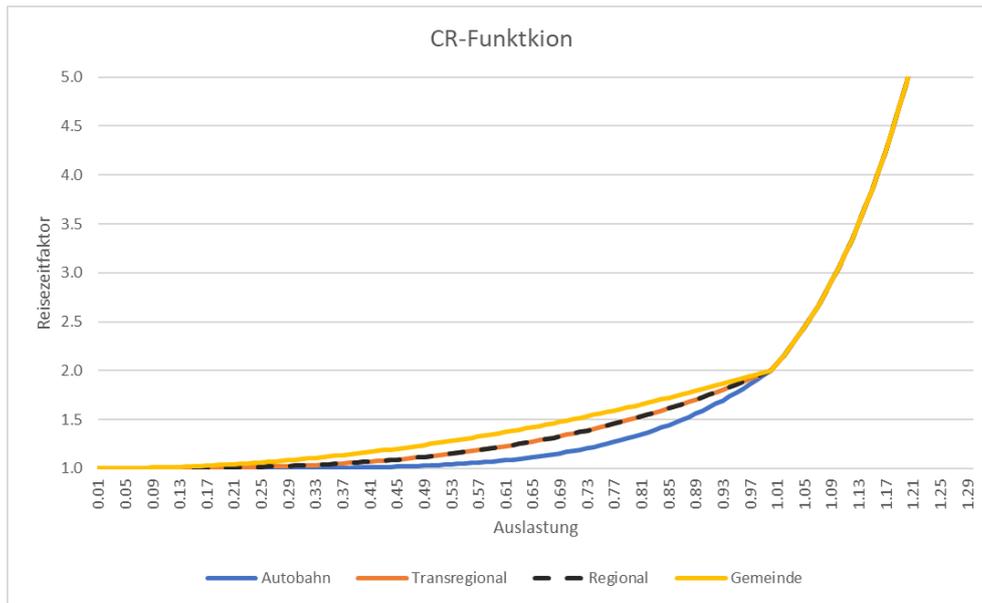


Abbildung 17: CR-Funktionen

Mit dem c-Faktor wird die Stundenkapazität auf die Tageskapazität umgerechnet. Die Auswirkungen des c-Faktors werden beispielhaft je Streckentyp in Tabelle 6 aufgezeigt.

Tabelle 6: Typische Parameterwerte abhängig vom Streckentyp, die im Einzelfall abweichen

Streckentyp	c (CR-Fkt.)	b (CR-Fkt.)	Kapazität (Kfz/h pro Fahrstreifen)	v ₀ (km/h)
Autobahn	12	5	1.800	100 - 130
Transregional (Landesstr. B)	11	3	1.050	72 - 90
Regional (Landesstr. L)	8	3	900	63 - 72
Gemeindestr.	13	2	630	50 - 63
Hauptverkehrsstr. Stadt	8	3	900	40 - 50

Sofern Abbiegeverbote an Knotenpunkten mit hohem Verkehrsaufkommen bestehen, wurden diese im Modell berücksichtigt. An Knotenpunkten wurden abbiegebezogene feste Zeitzuschläge ohne Belastungsabhängigkeit vergeben.

2.11.1.2. Vorgangsweise bei den Umlegungsrechnungen

Die mIV-Umlegung erfolgt wie oben beschrieben unter Berücksichtigung der Verkehrsstärkenabhängigkeit durch Nutzung von CR-Funktionen. Dabei entsteht das Problem, dass jedes Ergebnis einer Modellrechnung mit Routenwahl und Routenbelastung sowie der Aktualisierung der Reisezeiten im belasteten Netz (oftmals als Widerstände bezeichnet) neue bzw. geänderte Reisezeiten (Widerstände) ergibt. Diese führen dann im nächsten Umlegungsschritt wieder zu veränderten Ergebnissen der Routenwahl. Noch komplexer wird die Umlegungsrechnung, wenn aus der Nachfragemodellierung die Ziel- und Moduswahl ebenfalls in Abhängigkeit zu den Verkehrsstärken im Netz modelliert werden.

Dann ist der Iterationsprozess um diese Modellierungsschritte (Ziel- und Moduswahl) zu erweitern. Dies führt dann zu jeweils angepassten Verkehrsstrommatrizen für die Routenwahl.

Daher folgen verkehrsabhängige Umlegungsrechnungen einem Iterationsprozess, der nach bestimmten Kriterien abgebrochen wird. In der gegenständlichen Untersuchung wurde pragmatisch eine Kombination aus Sukzessivumlegung und Gleichgewichtsverfahren gewählt (siehe VISUM Handbuch Seite 487f und 527f) (PTV-AG, 2021).

Ausgangspunkt sind die vorhandenen Nachfragematrizen, bestehend aus:

- dem Pkw Binnenverkehr für den in jedem Schritt eine simultane Ziel- und Moduswahl durchgeführt wird,
- dem Pkw Quell-Ziel-Durchgangsverkehr (QZD) und
- dem Lkw Gesamtverkehr, segmentiert in zwei Matrizen mit 30% und 70% des gesamten Lkw-Verkehrs.

Die mIV-Umlegung in VerMeS22 besteht aus den folgenden Verfahrensschritten:

- In einem ersten Schritt werden als Initialisierung der gesamte Lkw-Verkehr (also 100%) und der Pkw-Quell-Ziel-Durchgangsverkehr mittels einer Sukzessivumlegung auf das Netz gebracht. Damit wird eine Grundbelastung im Netz erreicht, die lediglich als Ausgangszustand für die Widerstände (belastungsabhängigen Reisezeiten) dient und zur Beschleunigung der Modellrechnungen beiträgt.
- Danach startet der Iterationsprozess. Zuerst erfolgt die simultane Ziel- und Moduswahl auf Basis der Netzwidestände des vorangegangenen Umlegungsschrittes (gibt neue Quelle-Ziel-Matrizen des Binnenverkehrs). Im Anschluss werden 70% des Lkw-Verkehrs und der gesamte Pkw-Quell-Ziel-Durchgangsverkehr in einer Sukzessivumlegung auf das Netz gebracht. Im nächsten Schritt werden die übrigen 30% des Lkw-Verkehrs sowie der aus der Ziel- und Moduswahl errechnete Binnenverkehr aus dem Untersuchungsgebiet mittels einer bi-conjugaten Gleichgewichtsumlegung (siehe VISUM Handbuch Seite 527f, (PTV-AG, 2021)) umgelegt. Dadurch wird eine wechselseitige Beeinflussung aller Kfz gewährleistet. Der Iterationsprozess wird so lange durchlaufen, bis ein ausreichend stabiles Ergebnis gefunden wurde. Im Weiteren wurde die maximale Anzahl an Iterationen mit einem Wert von 200 festgelegt.

Die derart modellierten Ergebnisse der Umlegungsrechnung sind dann Ausgangspunkt für die Modellvalidierung.

2.11.2. ÖV-Umlegung

Für die Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Öffentlichem Verkehr und Straßenverkehr müssen beide Verkehrsmittel in der gleichen, hohen Detaillierung, abgebildet werden. Aufgrund der Struktur ergeben sich daraus besondere Anforderungen an das Netzmodell im Öffentlichen Verkehr, so weit, dass eine fahrplanfeine Umlegung möglich ist. Dies setzt einen Liniennetzplan und detaillierte Fahrpläne voraus, bei denen auch Umsteigehäufigkeiten und Umsteigezeiten ermittelbar sind.

Im Modell ist daher der vollständige ÖV-Fahrplan für Bahn (Nah- und Fernverkehr), Straßenbahn, Regional- und Stadtbus hinterlegt. P&R-Anlagen werden vereinfacht über Anbindungen modelliert. Der Fahrplan stellt einen Normalwerktag (Mittwoch, Schultag) für den Analysezeitpunkt dar.

Neben dem Verkehrssystem ÖV wurde im Modell das ÖV-System ÖVFuß in den Anbindungen verwendet.

Bei der ÖV-Umlegung gelten folgende Einschränkungen:

- Maximale Anzahl Umstiege: 5
- Maximale Fußgehzeit: 30 min
- Maximale Dauer ÖV-Zusatz-Teilwege: 10 min
- Fußwege von und zu Anbindungen: Fußwege zwischen Bezirken verbieten
- Die Wahl der Routenalternativen bricht ab, sobald der Suchwiderstand $50\% + 10 \text{ min}$ grösser ist als jener der schnellsten Verbindung.
- Die empfundene Reisezeit wurde mit folgenden Ausnahmen von den PTV-Standardereinstellungen übernommen:
- Fahrzeit im Fahrzeug mit Faktor multipliziert entsprechend des Lageindex, welcher die subjektive Wahrnehmung der Verkehrsmittel aufgrund des Wohnortes widerspiegelt; zum Beispiel: Regionalzug wird von Grazern kaum genutzt, obwohl das Angebot objektiv (Reisezeit) sehr gut ist
- Umsteigehäufigkeit für Lageindex 1 mit 5 Minuten festgelegt

Die fahrplanfeine Umlegung des ÖV berücksichtigt die Nachfragesegmente des ÖV-Binnen (4 Segmente) sowie QZD-Verkehrs. Diese werden in zwei Schritten fahrplanfein umgelegt. Dabei wird zuerst der Lageindex 1 und im Anschluss die Lageindizes 2, 3 und 4 sowie der Quell-Ziel-Durchgangsverkehr des ÖV umgelegt. Dadurch ist es möglich später in den Auswertungen eine Differenzierung der Fahrgäste zu treffen.

Die ÖV-Umlegung berücksichtigt nicht die Kapazität der Beförderungsgefäße. D.h. die modellierten ÖV-Fahrten sind nicht beschränkt. Dahinter liegt die Annahme, dass der Bedarf auch zukünftig durch entsprechende Gefäßbereitstellung abgewickelt werden kann.

2.12. Modellvalidierung – Qualitätskriterien

Unter Modellvalidierung wird die Prüfung der Richtigkeit von Modellergebnissen in seiner Gesamtheit verstanden. Die einzelnen Schritte im Modellaufbau wurden unabhängig davon bereits im Aufbau plausibilisiert und validiert. Ziel der Validierung sind die nachvollziehbare Prüfung und Beurteilung der Modellqualität und der Nachweis der Anwendbarkeit der Ergebnisse für die getroffenen Schlussfolgerungen.

Die Überprüfung der Verkehrsmodellqualität erfolgt im Hinblick auf Modellkonsistenz (Konfidenzintervalle), Abbildungsgenauigkeit der Verkehrsnachfrage (Modal Split, Reiseweitenverteilung) und der Umlegungsergebnisse (Scalable Quality Value SQV, Vergleich Linienbeförderungsfälle) sowie Maßnahmenwirksamkeit (Elastizitäten). Als Prüfgrößen dienen Kurz- und Langzeitstraßenverkehrszählungen von ASFINAG, Land Steiermark, Stadt Graz sowie aus Umfeldprojekten. Im Öffentlichen Verkehr wurden Fahrgastzahlen und Ein-/Aussteigerdaten der wesentlichen ÖV-Linien verwendet.

In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die einzelnen Aspekte der Qualitätssicherung gesondert eingegangen.

2.12.1. Konfidenzintervalle nach QUALIVERMO

Die Konfidenzintervallschätzung erfolgt mit Hilfe der Verteilung der Abweichungen zwischen den für die Zählstellen beobachteten und den modellierten Verkehrsstärken. Damit wird eine Aussage über die Abweichungen der beobachteten zu den modellierten Verkehrsstärken ermöglicht. Gemäß Qualivermo-Arbeitspapier sind dafür folgende Arbeitsschritte erforderlich:

- Festlegung der auszuwählenden Zählquerschnitte. Berücksichtigt werden alle Zählraten im Untersuchungsgebiet.
- Einteilung der ausgewählten Zählquerschnitte in zumindest drei Größenklassen der Verkehrsstärke.
- Die Größenklassen sind so zu wählen, dass die ganze Spannweite, der im Bestandsplanfall vorhandenen und zum Prognosezeitpunkt zu erwartenden Verkehrsstärken repräsentiert werden.
- Ermittlung des mit der Standardabweichung der einzelnen Verkehrsstärken gewichteten PWA-Wertes gemäß Formel 6.

$$PWA_{vsk} = 100 * \left[\frac{1}{vskn} * \sum \left(\frac{V_{m,i} - V_{b,i}}{V_{b,i}} \right)^2 \right]^{0,5} \quad [\text{in \% der Verkehrsstärke}]$$

Formel 6: Abschätzung des PWA-Wertes von beobachteten und modellierten Verkehrsstärken

- Ermittlung des mit der Standardabweichung der einzelnen Verkehrsstärken gewichteten AWA-Wertes gemäß Formel 7.

$$AWA_{vsk} = \left[\frac{1}{vskn} * \sum (V_{m,i} - V_{b,i})^2 \right]^{0,5} \left[\frac{\text{Verkehrsmengeneinheit}}{\text{Zeiteinheit}} \right]$$

mit: PWA = Prozentuale Wurzel der mittleren Abweichungsquadrate

$V_{m,i}$ = modellierte Verkehrsstärke der Zählstelle i

$V_{b,i}$ = beobachtete Verkehrsstärke der Zählstelle i ; $V_{b,k} > 0$

\sum = Summierung über alle Zählstellen $i = 1$ bis n , $V_{b,i} > 0$

$vskn$ = Anzahl der Zählstellen i in der Verkehrsstärkenklasse vsk

Formel 7: Abschätzung des AWA-Wertes von beobachteten und modellierten Verkehrsstärken

- Ermittlung des relativen Konfidenzintervalls RKI_{vsk} und absoluten Konfidenzintervalls AKI_{vsk} gemäß Formel 8.

$$RKI_{vsk} = 1,96 * PWA_{vsk} \quad [\text{in \% der Verkehrsstärke}]$$

$$AKI_{vsk} = 1,96 * AWA_{vsk} \left[\frac{\text{Verkehrsmengeneinheit}}{\text{Zeiteinheit}} \right]$$

mit: RKI_{vsk} = relatives Konfidenzintervall der Verkehrsstärkenklasse vsk des Wegenetzes

AKI_{vsk} = absolutes Konfidenzintervall der Verkehrsstärkenklasse vsk des Wegenetzes

Formel 8: Relative und absolute Konfidenzintervalle der Verkehrsstärkenklasse vsk des Wegenetzes

- Die berechneten Klassenmittelpunkte werden zur Verdeutlichung des Verlaufes mittels einer linearen Interpolation mit einem Polygonzug verbunden. Das relative Konfidenzintervall soll sich mit zunehmender Verkehrsstärke einer streng monoton fallenden Funktion annähern, wobei der Polygonzug ein monoton abnehmendes Gefälle aufweisen soll. Das absolute Konfidenzintervall soll sich mit zunehmender Verkehrsstärke einer streng monoton steigenden Funktion annähern, wobei der Polygonzug eine monoton abnehmende Steigung aufweisen soll.

Die dargestellten Verkehrsstärkenklassen wurden so gewählt, dass eine eher gleichmäßige Verteilung der Zählquerschnitte auf die Verkehrsstärkenklassen gewährleistet wird.

In Abbildung 18 ist das relative Konfidenzintervall für den Pkw dargestellt. Es weist einen streng monoton fallenden Verlauf auf. Dies weist auf eine Konsistenz im Modellansatz ohne selektive Verzerrung hin. Für die Interpretation des Konfidenzintervalls sind die geringen

Verkehrsstärken zu beachten. Bereits kleine absolute Abweichungen können zu großen relativen Abweichungen führen.

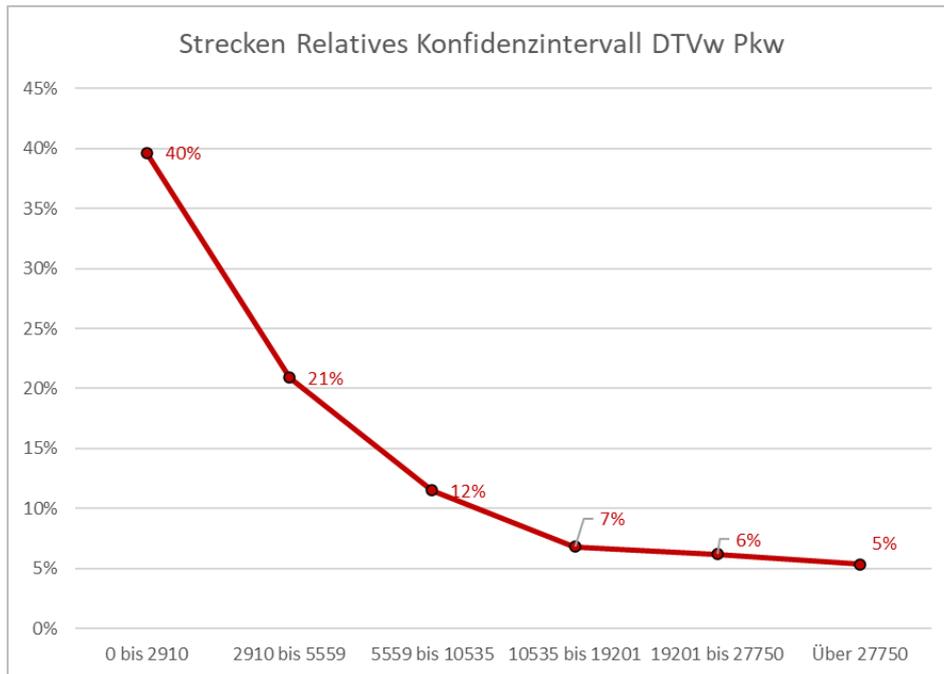


Abbildung 18: Relatives Konfidenzintervall Pkw

Das in Abbildung 19 dargestellte absolute Konfidenzintervall besitzt eine streng monoton steigende Funktion. Dies weist auf eine Konsistenz im Modellansatz ohne selektive Verzerrung hin.

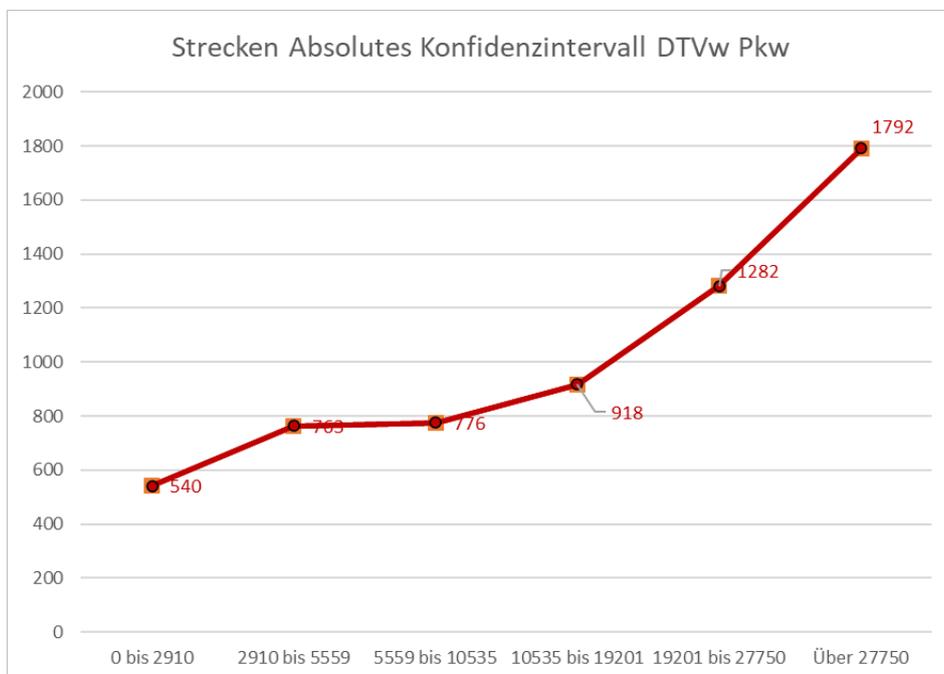


Abbildung 19: Absolutes Konfidenzintervall Pkw

In Abbildung 20 ist das relative Konfidenzintervall für den Lkw dargestellt. Es weist einen streng monoton fallenden Verlauf auf. Für die Interpretation des Konfidenzintervalls sind die geringen

Verkehrsstärken zu beachten. Bereits kleine absolute Abweichungen können zu großen relativen Abweichungen führen.

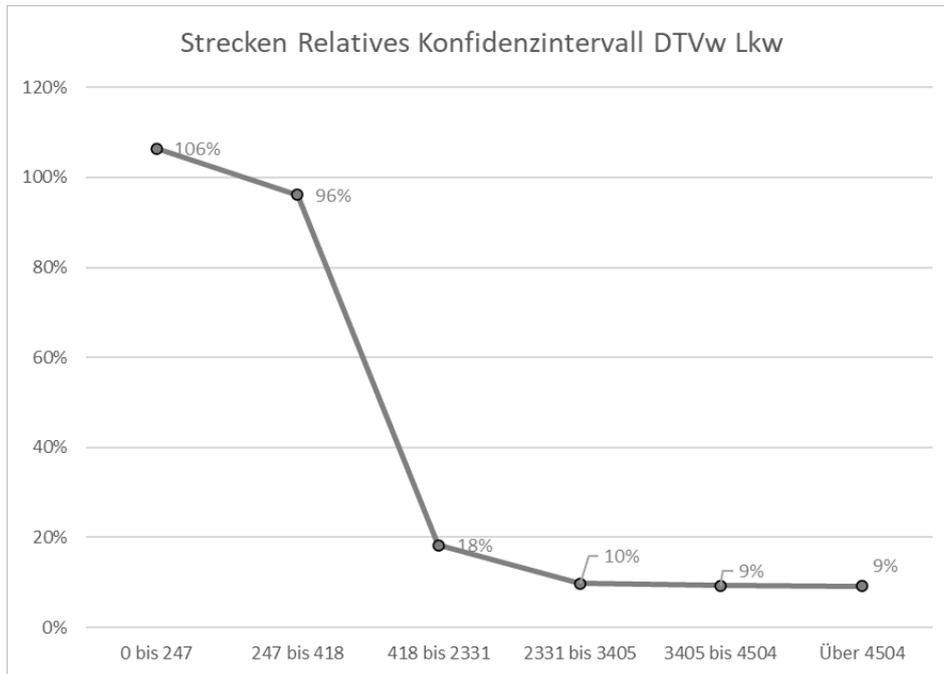


Abbildung 20: Relatives Konfidenzintervall Lkw

Das in Abbildung 21 dargestellte absolute Konfidenzintervall besitzt eine streng monoton steigende Funktion. Dies weist auf eine Konsistenz im Modellansatz ohne selektive Verzerrung hin.

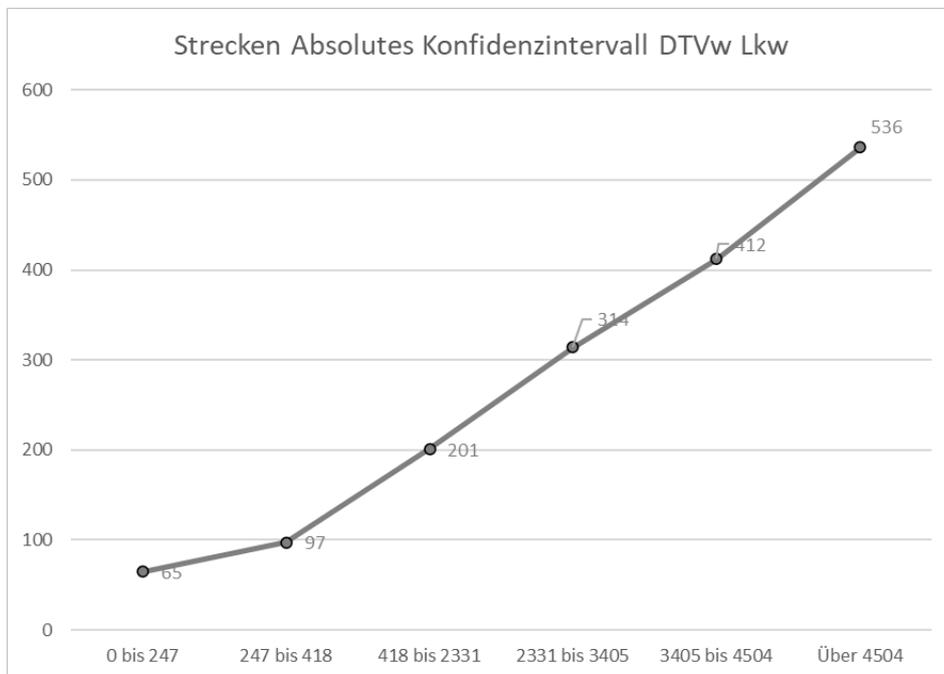


Abbildung 21: Absolutes Konfidenzintervall Lkw

2.12.2. SQV-Statistiken

Im Leitfaden 2019/01 der SVI zur Qualitätssicherung von Verkehrsmodellen (EBP Schweiz AG, 2019) wird unter anderem die Prüfung der Umlegungsergebnisse anhand des SQV (Scalable Quality Value) empfohlen.

Der SQV definiert sich über den Übereinstimmungsgrad g wie folgt:

$$g_{SQV} = \frac{1}{1 + \sqrt{\frac{a^2}{f \cdot c}}}$$

mit: a = Betrag der absoluten Abweichung, $a = |m-c|$
 m = Modellwert
 c = Messwert
 f = Skalierungsfaktor

Formel 9: Übereinstimmungsgrad g_{SQV}

Die Abweichung zwischen Modell- und Zählwert wird als Index g_{SQV} dargestellt; wobei folgende Qualitätsmerkmale gelten:

Tabelle 7: Beurteilung anhand SQV

g_{SQV}	Beurteilung
0.90	Sehr gute Übereinstimmung. Diese Werte könnten z.B. nach einer Matrixkorrektur gefordert werden.
0.85	Gute Übereinstimmung
0.80	Akzeptable Übereinstimmung

Abbildung 22 und Abbildung 23 zeigen für den Pkw bzw. Lkw den Zusammenhang zwischen den Soll- und Istwerten. Punkte auf der 45-Grad-Linie entsprechen dabei einer vollständigen Übereinstimmung (Ideallinie). Anhand der orangen Linie wird der Fächer innerhalb dessen es sich um eine sehr gute Übereinstimmung handelt abgebildet. Es ist zu beachten, dass die Abbildung zu den Pkw-Werten anders skaliert ist als jene der Lkw-Werte.

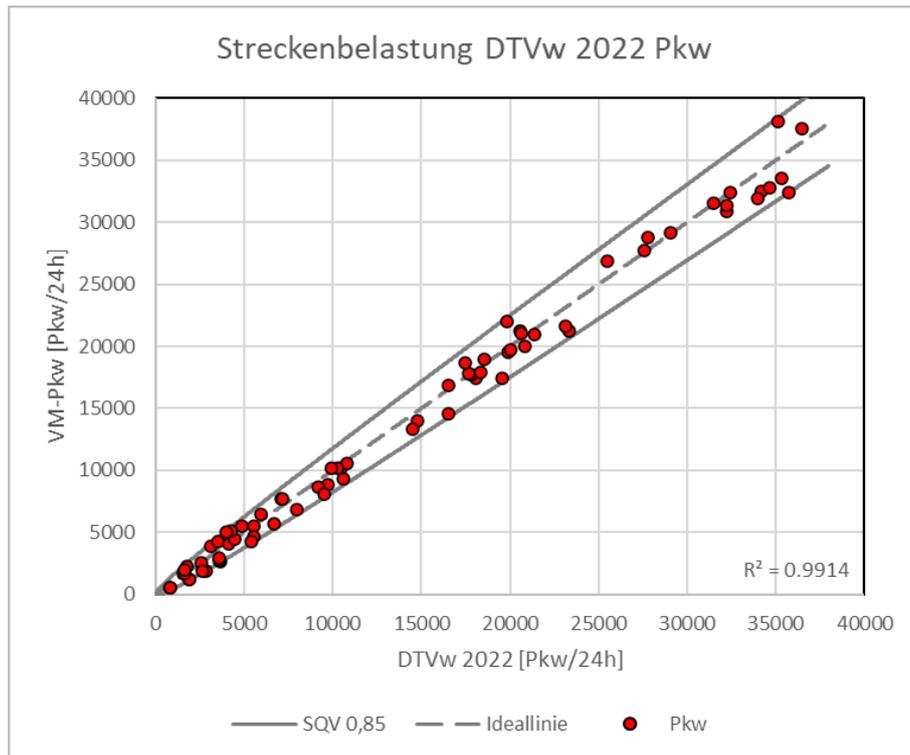


Abbildung 22: Soll-/Ist-Belastungsvergleich (DTV_w – Pkw/24h)

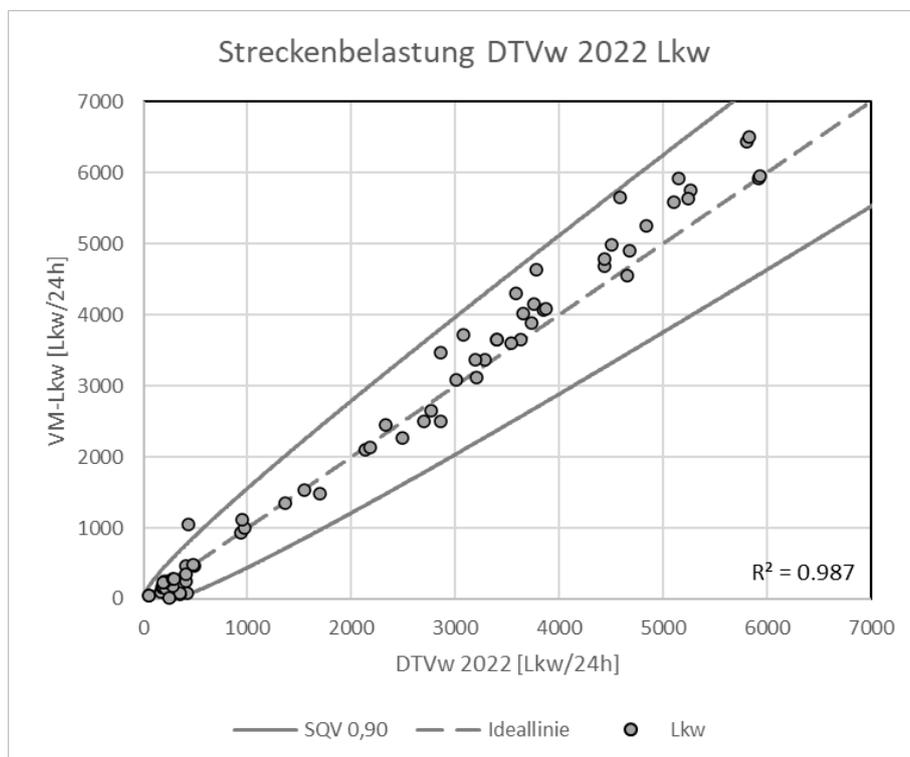


Abbildung 23: Soll-/Ist-Belastungsvergleich (DTV_w – Lkw/24h)

Es zeigt sich, dass die Modellwerte eine sehr hohe Übereinstimmung mit den Zählwerten aufweisen und keine systematischen Abweichungen vorliegen. Bezogen auf die Anzahl der

Zählwerte geordnet nach ihrem SQV sind die Werte in den nachfolgenden Abbildung 24 dargestellt.

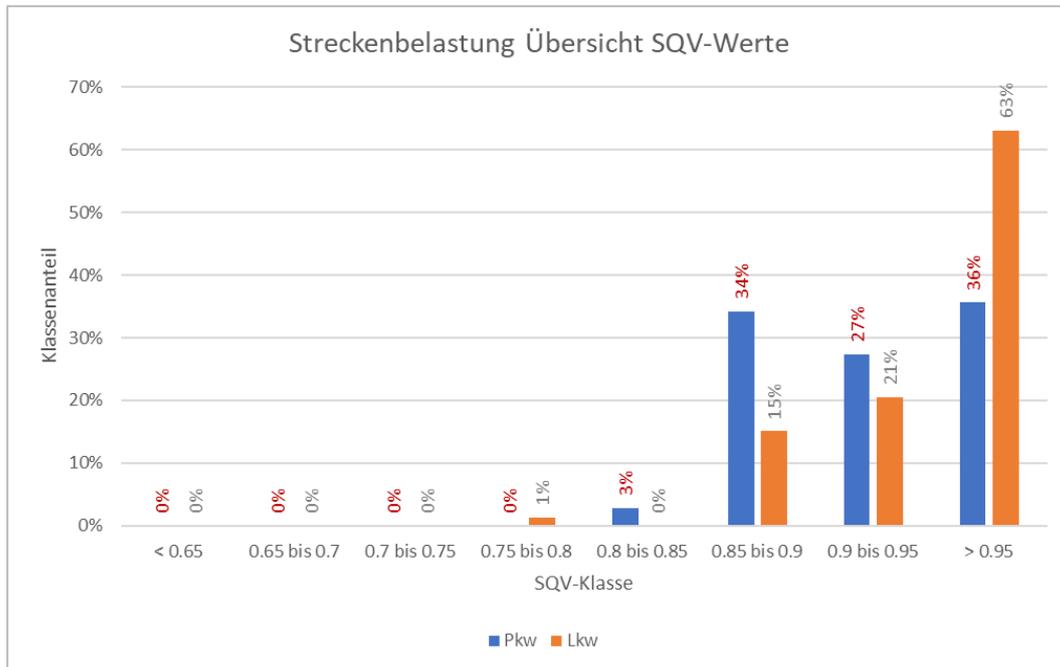


Abbildung 24: SQV-Anteile Pkw und Lkw

2.12.3. Elastizitäten

Das Verkehrsmodell dient der Abbildung von Maßnahmenwirkungen. Für eine Vielzahl von Einflussgrößen liegen in der Literatur gut dokumentierte Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge vor. Die Stärke des Zusammenhangs kann in Form der Elastizität ausgedrückt werden. Die Elastizität beschreibt die relative Änderung einer resultierenden Größe bezogen auf ihre Einflussgröße. Ein Beispiel ist die Veränderung der Personenverkehrsnachfrage im Öffentlichen Verkehr (als resultierende Größe) bezogen auf die Änderung der Reisezeit (als Einflussgröße). Wenn sich resultierende Größe und Einflussgröße im direkten Zusammenhang stehen, spricht man von der Eigenelastizität (z.B. ÖV-Nachfrage und ÖV-Reisezeit). Wechselwirkungen werden als Kreuzelastizitäten bezeichnet (z.B. mIV-Nachfrage und ÖV-Reisezeit).

Für die Prüfung der Wirksamkeit im Verkehrsmodell wurden Eigen- und Kreuzelastizitäten bezogen auf die Personenverkehrsnachfrage für wesentlichen Einflussgrößen ermittelt. Für den Vergleich wurde die Bogenelastizität ermittelt. Diese beschreibt das lineare Mittel der Punktelastizitäten für jeweils eine Änderung der Einflussgrößen um +/- 10%, 20% und 30%.

Elastizitäten hängen wesentlich von den verfügbaren Alternativen ab und unterliegen damit räumlichen Schwankungen. Die für die Prüfung ausgewerteten Elastizitäten sind Summen für das gesamte Untersuchungsgebiet (siehe Abbildung 25).

Kenngröße	Eigen- und Kreuzelastizitäten					Bandbreiten der Eigenelastizität aus der Literatur
	PKW-L	PKW-MF	ÖV	RAD	FUSS	
MIV Kosten	-0.11	0.07	0.08	0.05	0.06	-0.1 bis -0.4
MIV Reisezeit	-0.11	-0.92	0.27	0.57	0.62	-0.1 bis -0.4
ÖV Kosten	0.05	0.05	-0.62	0.08	0.06	-0.6 bis -1.18
ÖV Reisezeit	0.02	0.08	-0.21	0.02	0.02	-0.19 bis -0.31
ÖV Umsteigehäufigkeit	0.00	0.00	-0.06	0.01	0.00	-0.05 bis -0.12
ÖV Bedienungshäufigkeit	-0.02	-0.02	0.24	-0.09	-0.05	0.09 bis 0.27
ÖV Umsteigewartezeit	0.00	0.00	-0.04	0.01	0.00	-0.03 bis -0.05
Radfahrzeit	-1.36	-0.60	-0.86	-1.68	-0.12	
Fußgehzeit	0.15	0.44	0.17	0.51	-1.35	

Abbildung 25: Eigen- und Kreuzelastizitäten

Die Überprüfung der Elastizitäten dient einerseits dem Nachweis der Modellwirkung und der Prüfung der Größenordnung. Das Vorzeichen zeigt, ob eine Einflussgröße einen positiven oder negativen Einfluss auf die Verkehrsnachfrage aufweisen.

Im Vergleich mit der Literatur (Jong, et al., 2021) zeigt sich, dass die Wirkungen im Verkehrsmodell in plausiblen Größenordnungen erfasst werden. Die Anforderungen an die Maßnahmensensitivität für die Modellrechnung der verschiedenen Szenarien sind damit erfüllt.

2.12.4. Modal Split

Die aktuelle Verteilung der Verkehrsmittelwahl (Soll-Werte) entstammen der Studie Österreich Unterwegs (Tomschy, et al., 2016).

Für folgende Wegebeziehungen wurde die Verkehrsmittelwahl ausgewertet:

- Lageindex 1 (Fahrten der Grazer Wohnbevölkerung)
- Lageindex 2 bis 4 (Fahrten der Umlandbewohner:innen)

Der Vergleich zwischen den realen „Soll-“ Werten und den Modell-Werten zeigt im Mobilitätsverhalten der Grazer Bevölkerung (Lageindex 1) in Bezug auf die Verkehrsmittelwahl eine recht hohe Übereinstimmung. Eine maximale Abweichung von 2%-Punkten liegt in der Modelltoleranz. Auch im Umland liegen die Abweichungen zwischen Soll und Ist in der Modellgenauigkeit. Abbildung 26 zeigt den Vergleich der Modal Splits im Verkehrsmodell (jeweils links) und den Referenzwerten aus Österreich Unterwegs (jeweils rechts).

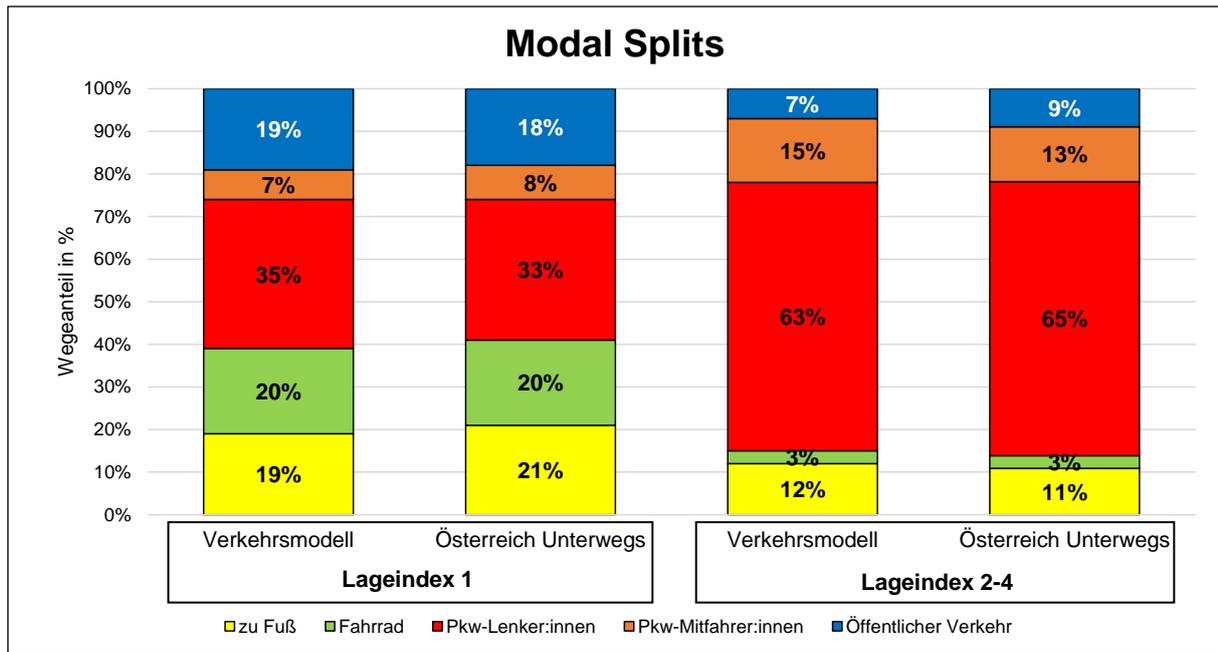


Abbildung 26: Verkehrsmittelwahl der Lageindizes 1 und 2-4

2.12.5. Reiseweitenverteilung

Die empirische Reiseweitenverteilung je Verkehrsmittel für Graz und für das Umland sind aus den Rohdaten von Österreich Unterwegs (Tomschy, et al., 2016) ermittelt worden. In Abbildung 27 und Abbildung 28 sind die Reiseweitenanteile der empirischen und modellierten Verteilungen für Pkw-Lenker und ÖV der Grazer Wohnbevölkerung dargestellt. Es zeigt sich eine recht hohe Übereinstimmung.

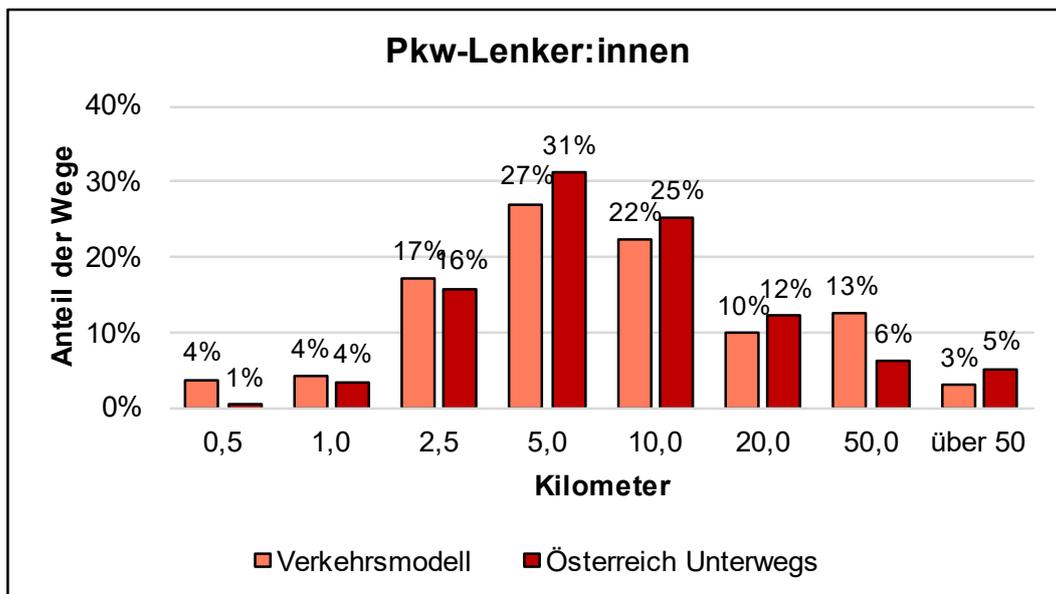


Abbildung 27: Vergleich der Reiseweitenverteilung der Pkw-Lenker:innen (nur Grazer Wohnbevölkerung) zwischen Verkehrsmodell 2022 und Österreich Unterwegs 2013/14

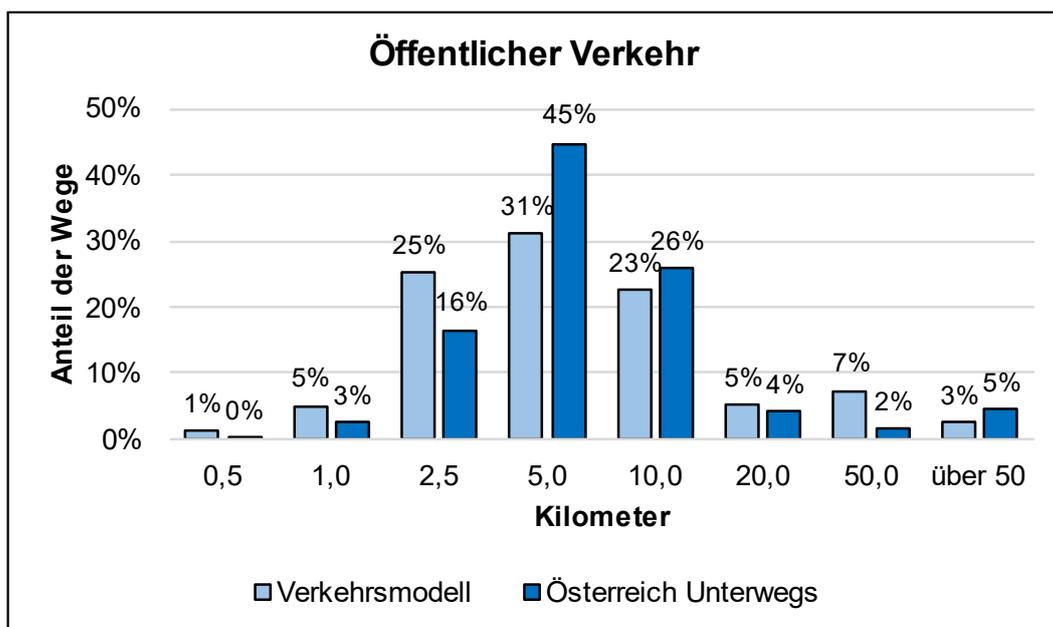


Abbildung 28: Vergleich der Reiseweitenverteilung der ÖV Nutzer:Innen (nur Grazer Wohnbevölkerung) zwischen Verkehrsmodell 2022 und Österreich Unterwegs 2013/14

2.12.6. Nachfragekennwerte im öffentlichen Verkehr

Die Qualität der Kalibrierung im öffentlichen Verkehr wird ebenfalls mittels des Gütemaßes SQV geprüft. Dabei werden die verfügbaren Fahrgastzahlen je Linie sowie die Einsteiger je Haltestelle für die Verkehrssysteme Bus, Tram und S-Bahn analysiert. In Tabelle 8 wird die Analyse dargestellt. Dabei werden die erreichten Grenzwerte fett dargestellt. Es wurden alle 8 Tramlinien (inklusive Abendverkehre) sowie die 17 wichtigsten Buslinien in Graz in die Auswertung aufgenommen. Es zeigt sich, dass mehr als 94% der Zählzeiten der Stadtbusse einen g_{SQV} Wert größer 0,80 aufweisen. Diesen Wert erreichen 86% der S-Bahnen. Bei den Trams erreichen 88% der Zählzeiten einen g_{SQV} Wert größer 0,85.

Tabelle 8: Beurteilung des öffentlichen Verkehrs anhand SQV

Verkehrsmittel	Modell- und Zählzeiten	$g_{SQV} \geq 0,90$	$g_{SQV} \geq 0,85$	$g_{SQV} \geq 0,80$
Stadtbusse in Graz	Fahrgastzahlen je Linie (n = 17)	59%	59%	94%
	Einsteiger je Haltestelle (n = 71)	42%	42%	86%
Trams in Graz	Fahrgastzahlen je Linie (n = 8)	63%	88%	88%
	Einsteiger je Haltestelle (n = 67)	42%	42%	85%
S-Bahnen	Fahrgastzahlen je Linie (n = 8)	71%	71%	86%
	Einsteiger je Haltestelle auf Südbahn (n = 13)	91%	91%	100%
	Einsteiger je Haltestelle S-Bahn-Netz (n = 43)	65%	65%	88%

Für die Analyse der Haltestellen wurden alle Haltestellen mit mehr als 500 Einsteigern für die Verkehrssysteme Stadtbus und Tram betrachtet. Somit wurden 71 Bushaltestellen und 67 Tramhaltestellen in die Analyse aufgenommen. 86% der Bushaltestellen und 85% der Tramhaltestellen weisen einen g_{SQV} Wert größer 0,80 auf. Für die S-Bahn-Haltestellen wurden zwei Analysen durchgeführt. Eine Analyse aller Haltestellen die mehr als 200 Einsteiger/Tag aufweisen und eine Analyse der Haltestellen entlang der Südbahn. Von den 13 Haltestellen auf der Südbahn erreichen 91% der Haltestellen einen g_{SQV} Wert größer 0,90. Im S-Bahn-Netz erreichen von den 43 Haltestellen 88% einen g_{SQV} Wert größer 0,80.

Somit kann festgehalten werden, dass überwiegend eine akzeptable Übereinstimmung erreicht wird. Die Haltestellen auf der Südbahn weisen eine sehr gute Übereinstimmung auf. Die Fahrgastzahlen der Trams erreichen eine gute Übereinstimmung.

2.12.7. Fazit Qualitätssicherung

Das Verkehrsmodell wurde nach dem Stand der Technik aufgebaut und qualitätsgesichert. Die Qualitätssicherung erfolgte nach international anerkannten Kriterien im Hinblick auf Modellkonsistenz, Abbildungsgenauigkeit der Verkehrsnachfrage und Umlegung wie auch der Maßnahmenwirksamkeit. Die angewandten Prüfmethode weisen auf eine sehr hohe Abbildungsqualität der Realität durch das Verkehrsmodell hin. Das Verkehrsmodell ist folglich geeignet, belastbare Ergebnisse zu Verkehrsbelastungen, Verkehrsleistungen, Modal Split und weiteren verkehrlichen Größen zu generieren und kann für eine multimodale Verkehrsuntersuchung eingesetzt werden.

3. Prognose

In der Untersuchung wurden Prognoserechnungen für die Jahre 2025 und 2040 durchgeführt. Dafür wurden die Strukturdaten für den Personen- und Güterverkehr und das Angebot im mIV und ÖV auf die Prognosezeitpunkte angepasst. In Abbildung 29 wird der Ablauf des Verkehrsmodells mit dem Ablauf der Prognoserechnungen dargestellt.

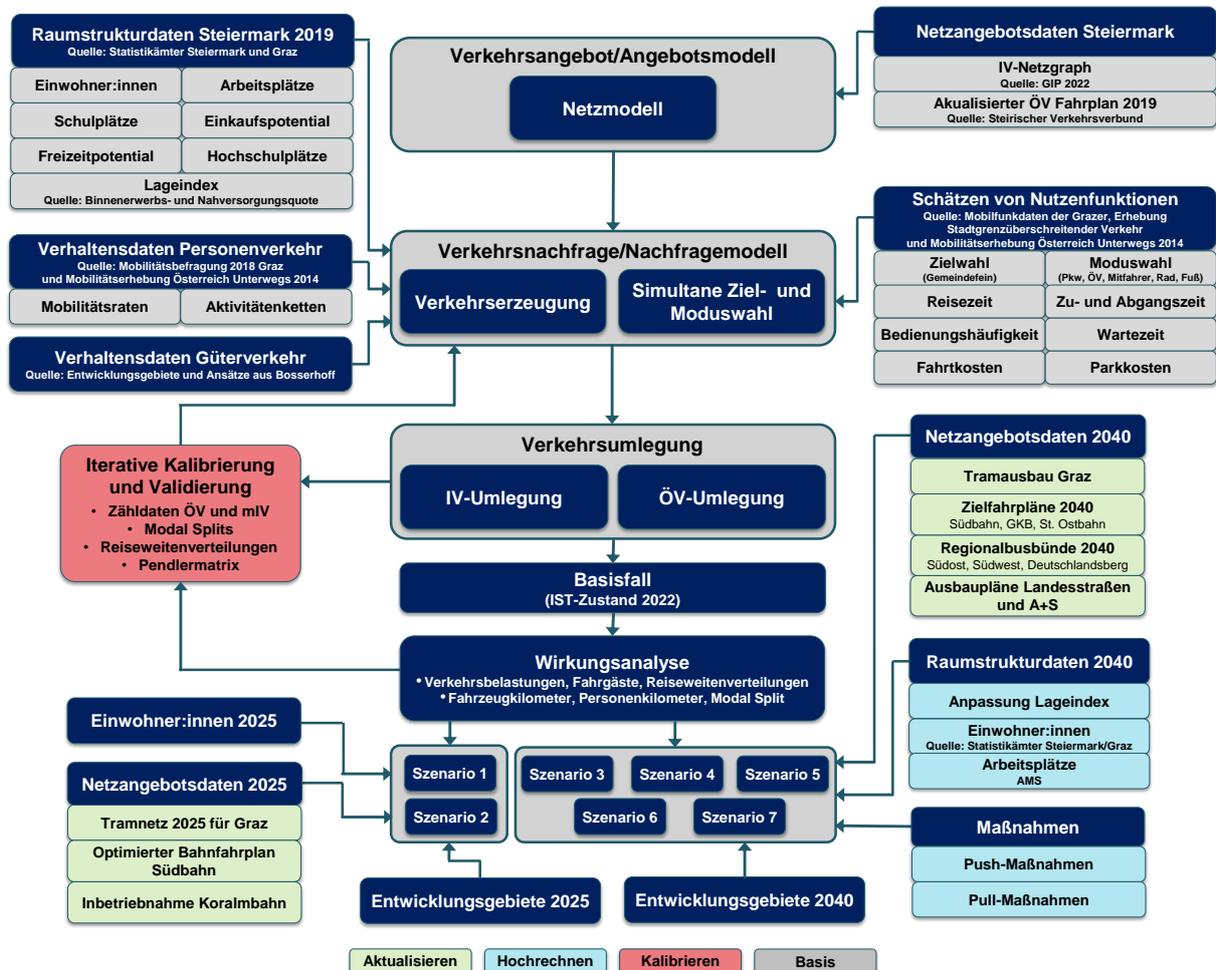


Abbildung 29: Ablauf Verkehrsmodell VerMeS22 inklusive Ablauf Prognoserechnungen

3.1. Szenarienübersicht

Für den Analyse- und die Prognosezeitpunkte wurden insgesamt acht Szenarien gebildet und als Planfälle im Verkehrsmodell umgesetzt. Der Bestandsfall zum Analysezeitpunkt 2022 und sieben Maßnahmenplanfälle bilden insgesamt acht Szenarien. Unter einem Szenario wird ein Angebotszustand und die zugehörige Verkehrsnachfrage verstanden. Der Bestand ist das Szenario 0 und die Maßnahmenplanfälle werden als Szenario 1 bis 7 durchnummeriert. Bei allen Maßnahmenplanfällen (Szenario 1 – 7) wird ein deutlich besseres ÖV-Angebot gegenüber dem Bestand unterstellt. Die wesentlichen Maßnahmen mit dem Zeitpunkt ihrer erwarteten Inbetriebnahme sind in Abbildung 30 dargestellt.

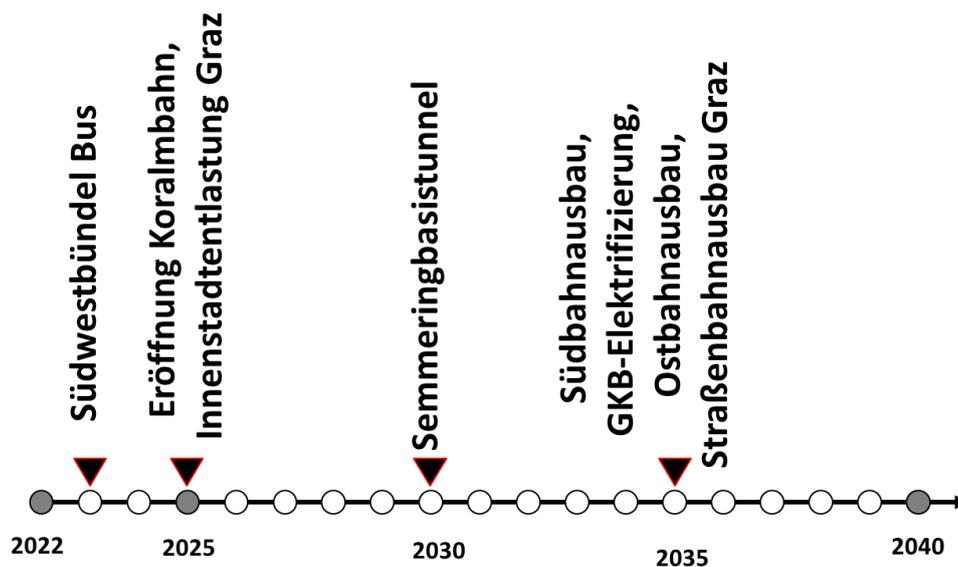


Abbildung 30: Verbesserungen im Öffentlichen Verkehr bis 2040

Um die Wirkung der Maßnahmen zu untersuchen wurden 7 Prognoseszenarien erstellt. Abbildung 31 zeigt die Übersicht der in diesem Projekt untersuchten Szenarien.

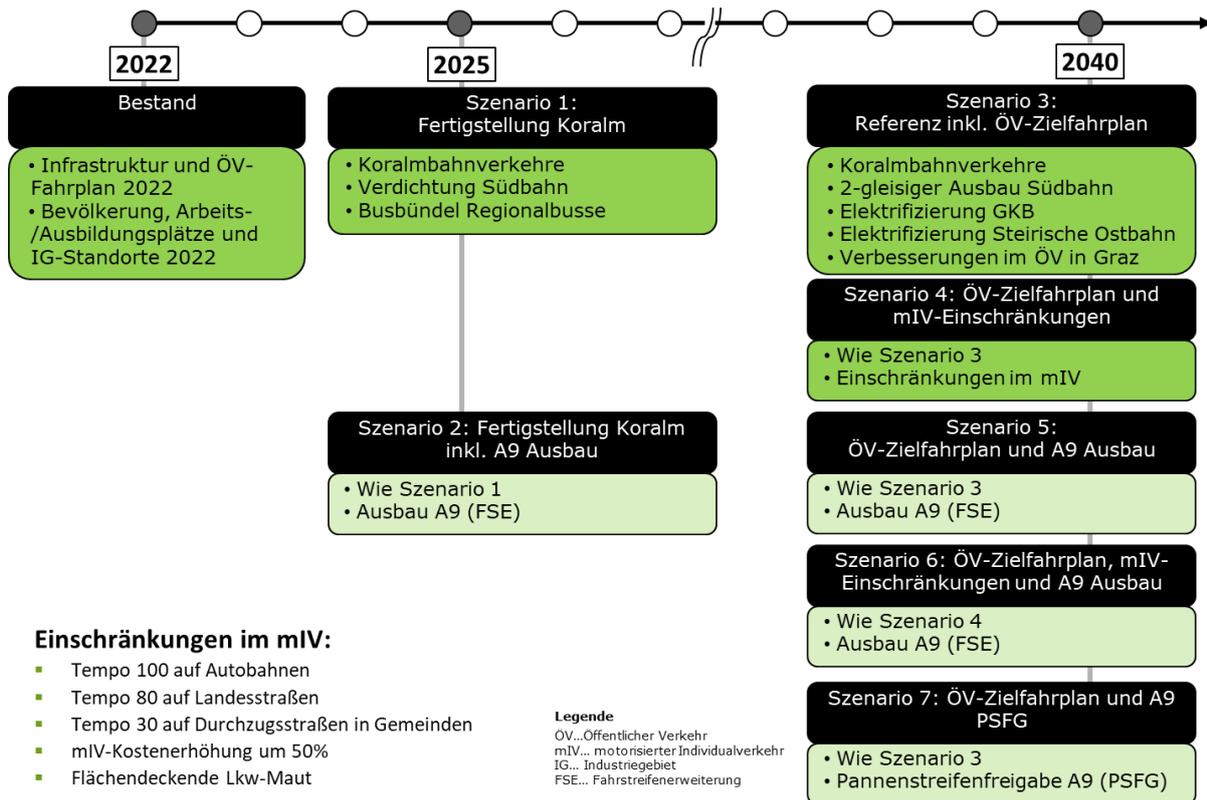


Abbildung 31: Szenarienübersicht

Der Bestand 2022 spiegelt die aktuelle verkehrliche Situation im mIV und ÖV wider.

Dem **Szenario 1** und **Szenario 2** ist jeweils das Prognosejahr 2025 unterstellt. Dabei wurden die Strukturdaten für 2025 herangezogen (siehe 3.2.2). Die beiden Szenarien enthalten die Koralmverkehre, die Verdichtung der Südbahn sowie die Busbündel. Szenario 2 enthält zusätzlich zu diesen Maßnahmen den dreistreifigen Ausbau der A9. Folgende Fragen sollen mit den beiden Szenarien beantwortet werden:

- Welche Wirkungen hat die Koralmbahn auf die A9 und das Landesstraßennetz?
- Welche Wirkungen hat der A9 Ausbau auf die Nutzung des verbesserten Öffentlichen Verkehrs?

Szenario 3 bis Szenario 7 sind Maßnahmenbündel im Prognosejahr 2040.

Den **Referenzplanfall** stellt **Szenario 3** dar. Da der ÖV-Zielfahrplan bis 2040 mit großer Wahrscheinlichkeit bereits umgesetzt ist, ist dieser als Sowieso-Maßnahme im Referenzplanfall hinterlegt. Die Maßnahmen, die im ÖV-Zielfahrplan enthalten sind, sind in den Abschnitten 3.4 bis 3.6 beschrieben. Szenario 3 setzt neben den bereits 2025 vorhandenen Koralmbahnverkehren den 2-gleisigen Ausbau der Südbahn, die Elektrifizierung der GKB, die Elektrifizierung der Steirischen Ostbahn sowie Verbesserungen im ÖV in Graz voraus. Folgende Fragen soll dieses Szenario beantworten:

- Wie sieht die Verkehrsqualität auf der A9 und den parallelen Landesstraßen heute und bis 2040 unter den erwartbaren Prognosebedingungen aus?
- Welche Wirkungen haben die bis 2040 umgesetzten ÖV-Maßnahmen (Koralmbahn, 2-gleisige Südbahn, GKB-Elektrifizierung, Ostbahn-Ausbau, Verbesserung Stadtverkehr, Verbesserung im Busverkehr) auf die A9 und das Landesstraßennetz?

Szenario 4 baut auf dem Referenzplanfall auf und enthält zusätzlich Einschränkungen im motorisierten Individualverkehr (mIV). Dazu gehören Tempo 100 auf der A9, Tempo 80 auf den Landesstraßen, Tempo 30 auf den Durchzugsstraßen in den Gemeinden parallel zur A9, eine mIV-Kostenerhöhung um 50% sowie eine flächendeckende Lkw-Maut. Die Beschreibung der Einschränkungen im mIV sind in Kapitel 3.3 nachzulesen. Die Frage für dieses Szenario lautet:

- In welchem Ausmaß lässt sich die Wirkung der ÖV-Maßnahmen durch mIV-Restriktionen verstärken?

Szenario 5 und **Szenario 6** enthalten zusätzlich zu Szenario 3 und 4 den dreistreifigen Ausbau der A9 zwischen KN Graz West und ASt Wildon. Diesen Szenarien wird die gleiche wirtschaftliche Entwicklung bezüglich der Flächennutzung unterstellt wie den Szenarien 3, 4 und 7. Folgende Fragen werden mit diesen Planfällen beantwortet:

- Welche Wirkungen hat der A9-Ausbau auf die A9 und das umliegende Landesstraßennetz?
- Wie wirkt sich der A9-Ausbau auf die Nutzung des verbesserten Öffentlichen Verkehrs im Jahr 2040 aus?

In **Szenario 7** wird die Freigabe des Pannestreifens zwischen KN Graz West und ASt Wildon anstelle eines Vollausbau untersucht und soll auf folgende Fragen eine Antwort geben:

- Welche Wirkungen hat die Pannestreifenfreigabe auf die A9 und das umliegende Landesstraßennetz?
- Kann die Pannestreifenfreigabe einen Vollausbau ersetzen?

3.2. Strukturdaten

Da sich zwischen dem Analysezeitpunkt und den beiden Prognosezeitpunkten nicht nur das Verkehrsangebot, sondern auch die räumliche Verteilung der Bevölkerung ändern wird, wurden auch Strukturdaten für die beiden Prognosezeitpunkte 2025 und 2040 verändert. Zuerst werden die Annahmen für 2040 beschrieben; die Daten für 2025 ergeben sich durch lineare Interpolation.

3.2.1. Strukturdaten 2040

Einwohner:innen

Für die Einwohner:innen außerhalb von Graz (Lageindizes 2 bis 4) wurde die Bevölkerungsprognose der Landesstatistik Steiermark auf Gemeindeebene für das Jahr 2040 in Altersklassen verwendet (Quelle: Gemeindebevölkerungsprognose 2019). Die Verteilung der gemeindefeinen Daten auf die Verkehrszellen erfolgt aliquot nach den Einwohnerbestand 2019.

Für die Prognose der Einwohner:innen in der Stadt Graz war es notwendig die Prognose der Landesstatistik Steiermark (Quelle: Gemeindebevölkerungsprognose 2019) und einer erhaltenen Prognose des Statistikamts der Stadt Graz (Quelle: 2021) zusammenzuspielen. Diese Prognose der Stadt Graz enthält zusätzlich verfeinerte Prognosen für die Neubaugebiete in der Stadt Graz (Reininghaus, Smart City Waagner Biro) die mit den Ämtern für Verkehrsplanung und Stadtplanung der Stadt Graz abgestimmt wurden. Im Zuge der Untersuchung wurden die Prognosen mit der ÖROK-Bevölkerungsprognose aus dem Jahr 2021 für das Jahr 2040 aktualisiert.

Die Bevölkerungszahl in Graz steigt von 294.678 Einwohner:innen im Basisjahr 2022 auf 326.036 Einwohner:innen zum Prognosezeitpunkt 2040. Dies entspricht einem Anstieg von 10,6%. Im gesamten Untersuchungsgebiet steigt die Bevölkerungszahl von 910.293 auf 962.166 Einwohner:innen im Jahr 2040. Das Bevölkerungswachstum im definierten Planungsgebiet beträgt 12,3%. Hier steigt die Bevölkerungszahl von 117.944 auf 132.419 Einwohner:innen. Abbildung 32 zeigt die Entwicklung der Einwohner:innen und Arbeitsplätze zwischen 2019 und 2040 im Planungsgebiet mit einer Zunahme von 12,3 bzw. 7,4%.

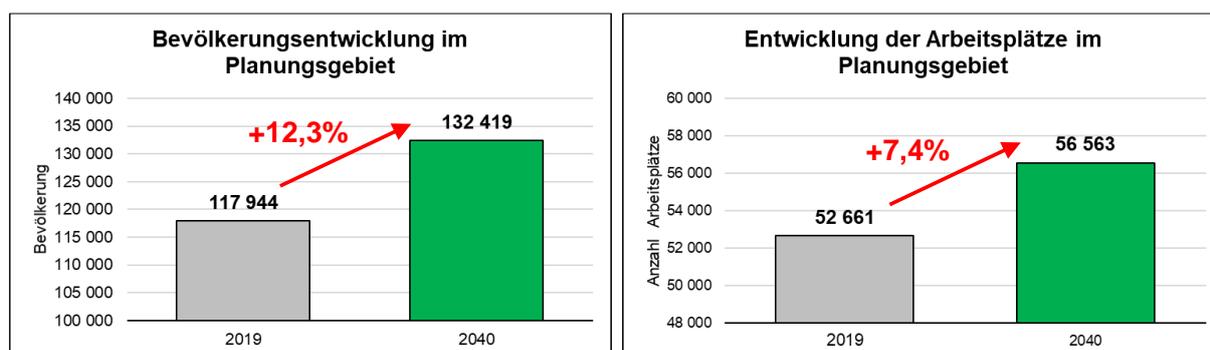


Abbildung 32: Entwicklung der Bevölkerung und Arbeitsplätze im Planungsgebiet zwischen 2019 und 2040

Arbeitsplätze

Da keine Arbeitsplatzprognosen für das Jahr 2040 verfügbar waren, wurde die Prognose für das Jahr 2030 verwendet. Diese basiert auf prognostizierten Arbeitnehmerzahlen des AMS Steiermark je politischen Bezirk für 2030 aus dem Jahr 2016. Die Verteilung der Arbeitsplätze auf die Verkehrszellen erfolgte wiederum analog zu den derzeitigen Arbeitsplatzzahlen.

Schulplätze

Die Prognose der Schulplätze war nach Abstimmung mit der Bildungsdirektion Steiermark sowie der Abteilung für Bildung und Integration der Stadt Graz nur bis 2030 möglich, da weitere Prognosen nicht seriös durchgeführt werden konnten. Es wurden zum einen zusätzliche Ausbildungsplätze durch Neubauten (Reininghaus: VS und AHS, Smart City Waagner Biro: NMS / AHS, VS Stattegger Straße) sowie durch Erweiterungen (VS Straßgang, VS Neuhart, VS Puntigam) angenommen. Für das Umland von Graz konnten keine Schulausbauten erhoben werden, da hier die Planung noch kurzfristiger verläuft als in der Stadt Graz.

Einkaufspotenzial

Das Einkaufspotenzial wurde in den Neubaugebieten von Graz (Reininghaus, Smart City Waagner Biro) ergänzt. Das übrige Einkaufspotenzial im Untersuchungsgebiet wurde gegenüber dem Basisfall nicht verändert, da keine Prognosedaten vorhanden waren.

Freizeitpotenzial

Das Freizeitpotenzial wurde in den Neubaugebieten von Graz (Reininghaus, Smart City Waagner Biro) ergänzt. Das übrige Freizeitpotenzial im Untersuchungsgebiet wurde gegenüber den Basisfall nicht verändert, da keine Prognosedaten vorhanden waren.

Lageindizes

Aufgrund neuer Eingangsdaten für die Berechnung des Lageindizes verändert sich auch die Lageindizes. Die Berechnungsmethode wird in Kapitel 2.5.1 beschrieben. Die Resultate der Berechnung sind in Abbildung 33 dargestellt.

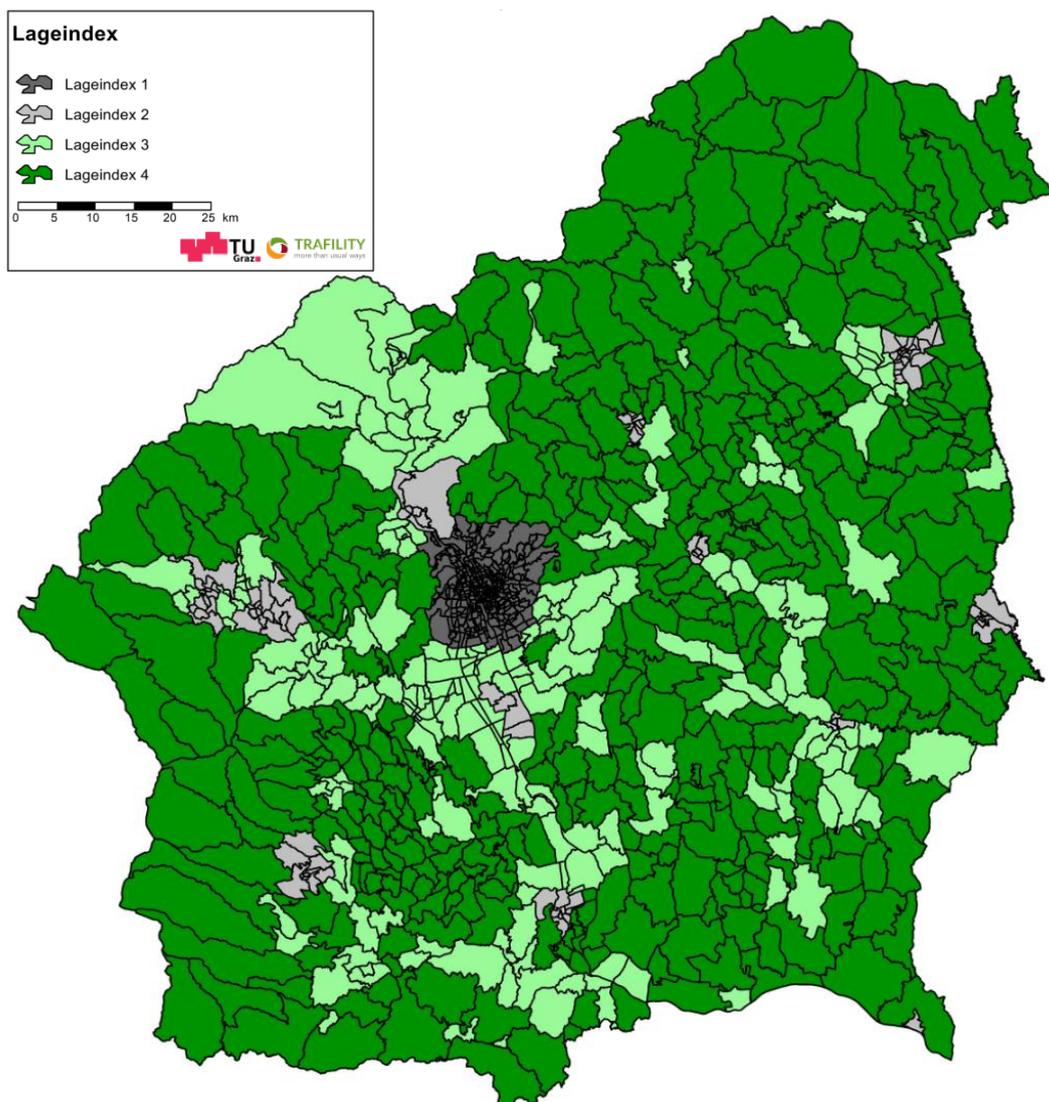


Abbildung 33: Lageindex je Verkehrszelle 2040

3.2.2. Strukturdaten 2025

Um die Prognosedaten für das Jahr 2025 zu erhalten, wurden vereinfacht die Einwohner:innen zwischen den Bestandsdaten 2019 und den Prognosedaten 2040 interpoliert. Die Nachfragematrizen des Lkw-Binnen- und Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs (QZD-Nachfrage) sowie des Pkw-QZD-Verkehrs wurden ebenso aus den Matrizen 2019 und 2040 interpoliert.

3.3. Angebotsmaßnahmen motorisierten Individualverkehr

Im mIV wurden jene Sowieso-Maßnahmen berücksichtigt, deren Umsetzung bis zum Jahr 2040 aller Voraussicht nach zu erwarten sind und von denen zusätzlich ein relevanter Einfluss auf das Verkehrsgeschehen im Untersuchungsgebiet ausgehen wird. Diese Sowieso-Maßnahmen sind:

- Ortsumfahrung B70 Packer Straße im Abschnitt Mooskirchen – Krottendorf, im weiteren Text kurz als „B70“ bezeichnet
- Anschlussstelle Hart, im weiteren Text kurz „ASt Hart“ bezeichnet
- Vollausbau Anschlussstelle Gersdorf
- Ausbau und Freigabe der S7 Fürstenfelder Schnellstraße, im weiteren Text kurz „S7“ bezeichnet

Darüber hinaus werden für die Maßnahmenplanfälle konkrete zusätzliche Maßnahmen im mIV angenommen. Neben dem Ausbau der A9 als zentralen Gegenstand der Untersuchung, soll mit den weiteren Maßnahmen vor allem geprüft werden, ob zusätzliche Restriktionen des Kfz-Verkehrs nennenswerte Auswirkungen auf die Ausbaunotwendigkeit der A9 haben.

- Ausbau der A9 im Bereich Knoten Graz-West bis Anschlussstelle Wildon, im weiteren Text kurz „A9-Ausbau“ vom „KN Graz-West bis ASt Wildon“ bezeichnet.
- Ausbau des Pannestreifens auf der A9 vom KN Graz-West bis ASt-Wildon als vollwertigen Fahrstreifen, der jedoch nur zu Verkehrsspitzen temporär für den Verkehr freigegeben wird. Diese Maßnahme wird im weiteren Text als PSFG A9 bezeichnet.
- Einschränkungen im motorisierten Individualverkehr (mIV):
 - Geschwindigkeitsbeschränkung auf Landstraßen von 80 km/h und auf Autobahn von 100 km/h im weiteren Text bezeichnet als Geschwindigkeitsbeschränkung 80/100
 - Geschwindigkeitsbeschränkung in Ortsdurchfahrten und in der Stadt Graz von 30 km/h

Neben den infrastrukturellen Maßnahmen waren auch die Kosten ein wesentlicher Bestandteil der Einflussfaktoren. Dazu zählen:

- Lkw-Maut im gesamten Untersuchungsgebiet

Die flächendeckende Lkw-Maut wurde nicht explizit modelliert. Erfahrungsgemäß führt die Einführung einer solchen Maut zu einer Reduktion der Nachfrage. Die flächendeckende Maut für Lkw sorgt für eine Verlagerung von der Straße auf die Schiene. Die fachliche Einschätzung führt zu der Annahme, dass sich die Lkw-Nachfrage bei Einführung einer flächendeckenden Maut straßenseitig um 5% reduziert.

- Kosten für den motorisierten Individualverkehr

Vereinfacht wurden für die Kosten im motorisierten Individualverkehr die variablen Pkw-Kosten herangezogen. Die variablen Kosten umfassen Treibstoffkosten, Reparaturkosten, Wertminderung usw. Der gesetzliche Kilometerpreis beträgt aktuell 0,42 €/km. Da die subjektive Beurteilung von Pkw-Fahrer:innen für ihr Auto Großteils die Treibstoffkosten umfasst, wurden im Bestandsmodell 0,20 €/km angesetzt. Diese Kosten für den motorisierten Individualverkehr wurden in der Prognose um 50% erhöht (Faktor 1,5).

3.4. Angebotsmaßnahmen Bahn

Bis zum Jahr 2040 wird das Angebot auf der Schiene im Untersuchungsgebiet deutlich verbessert. Die Inbetriebnahme der Koralmbahn führt dazu, dass das Angebot auf der Schiene im Grazer Süden umfassend angepasst wird.

3.4.1. Koralmbahn

Die Eröffnung der Koralmbahn ist mit Fahrplanwechsel im Dezember 2025 geplant. Im Verkehrsmodell wird die Wirkung nach der Eröffnung im Jahr 2025 untersucht. Neben dem Railjet, der von Graz nach Klagenfurt eine Fahrzeit von 45 Minuten gewährleistet, werden auch schnelle Nahverkehrszüge und Taktverdichtungen der S-Bahn S6 auf der neuen Infrastruktur möglich. Im Zuge der Koralmbahn wird auch der Bahnhof Weststeiermark eröffnet, der ab 2025 einen wichtigen Verkehrsknotenpunkt für die räumliche Erschließung der Südweststeiermark darstellt. Das künftige Haltemuster für die S-Bahnen ist in den Abbildung 34 und Abbildung 35 bereits berücksichtigt.

3.4.2. Südbahn 2025

In der Studie „Infrastrukturentwicklung Werndorf – Spielfeld-Straß“ (Fellendorf, et al., 2022) wurde ein optimierter Fahrplan auf bestehender Infrastruktur auf der Südbahn nach Eröffnung der Koralmbahn untersucht. Dieser Fahrplan wird in der Untersuchung für die Prognoseszenarien 2025 verwendet.

Durch die Inbetriebnahme der Koralmbahn werden auf der derzeitigen Infrastruktur der Südbahn Kapazitäten frei, da die S6 der GKB auf dem neuen Streckenast in Richtung Deutschlandsberg fährt. Dadurch ist es möglich die S5 zwischen Graz und Spielfeld-Straß zu verdichten und somit die Angebotsqualität zu steigern. Die Verbesserungen im Angebot sind der Interregio Mur-Drau zwischen Graz und Maribor. Zusätzlich werden die Grundtakte der S-Bahn mit Verstärkern ergänzt.

Referenzfall 2040

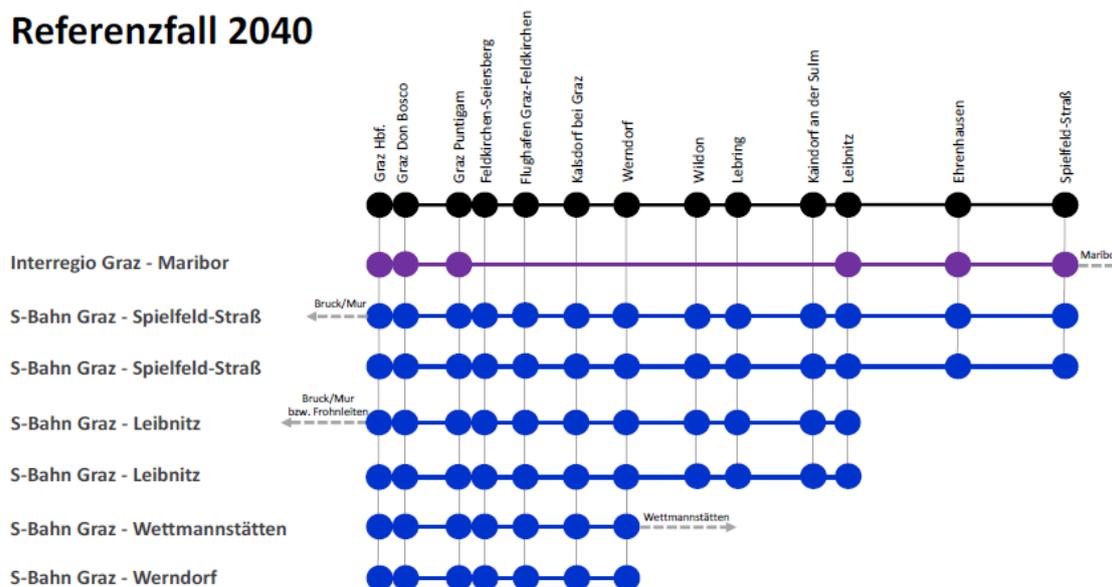


Abbildung 34: Haltemuster Fahrplan 2025 (Fellendorf, et al., 2022)

Eine weitere Veränderung im Vergleich zum Basisfall ist das Durchbinden von Zügen am Grazer Hauptbahnhof. So bindet die bisherige S1 von Bruck/Mur kommend bis Spielfeld-Straß durch und die eigentliche S5 bis Frohnleiten bzw. Bruck/Mur durch. Es sei hier angemerkt, dass auch durchbindende Fahrten der S1 in den Auswertungen der Nachfrage miteinbezogen werden.

3.4.3. Südbahn 2040

Durch den geplanten zweigleisigen Ausbau auf der Südbahn zwischen Werndorf und Spielfeld-Straß ist es möglich den bereits sehr dichten Fahrplan für das Jahr 2025 weiter zu verdichten und noch attraktiver zu gestalten. In der Studie „Infrastrukturentwicklung Werndorf – Spielfeld-Straß“ (Fellendorf, et al., 2022) wurden unterschiedliche Fahrplankonzepte und Haltemuster für den zweigleisigen Ausbau untersucht. Die Erkenntnisse und Ergebnisse fließen in die Untersuchung ein. In Abbildung 35 wird das Haltemuster des Zielfahrplans 2040 abgebildet.

Der Interregio Mur-Drau verbindet die Städte Graz und Maribor stündlich (violett). Zwischen den beiden Städten werden nur mehr die Haltestellen Puntigam, Leibnitz und Spielfeld-Straß bedient. Die Fahrzeit dieses Interregio-Zugs beträgt 26 min.

Der Nahverkehr auf der Südachse 2040 setzt sich aus den Zügen des schnellen Nahverkehrs (REX) und den Schnellbahnzügen (SB) der Linie S5, Graz Hbf – Kalsdorf – Werndorf - Leibnitz zusammen. Im Grundtakt verkehrt ein stündlicher SNV Zug (REX) von Graz Hbf über Leibnitz (nach Spielfeld-Straß direkt nach Bad Radkersburg (grün)). Somit wird auf dieser Route ein neues schnelles stündliches Angebot mit einer Gesamtreisezeit (Graz – Bad Radkersburg) von 66 Minuten geschaffen. Die Halte des stündlichen REX-Grundtaktes sind Graz Hbf, Graz Don Bosco, Graz Puntigam, Kaindorf, Leibnitz, Ehrenhausen, Spielfeld-Straß sowie alle Halte der Radkersburger Bahn bis Bad Radkersburg.

Zur Hauptverkehrszeit (in der Regel von 6:00 bis 9:00 Uhr bzw. 12:00 bis 19:00 Uhr) wird zusätzlich im Abschnitt Graz Hbf – Spielfeld-Straß bzw. Maribor ein stündlicher REX-Zug geführt (grün gestrichelt). Bedient werden gegenüber dem Grundtakt REX (SNV) zusätzlich Wildon und Lebring. Die Reisezeit von Spielfeld-Straß nach Graz Hbf beträgt hier 41 min.

Als Verstärker auf der Radkersburger Bahn fährt zusätzlich die S-Bahn, damit in der HVZ ein Halbstundentakt entsteht. Durch die Überlagerung der zwei REX-Verbindungen und des Interregios weist Spielfeld-Straß in Richtung Graz in der HVZ von 06:00 Uhr bis 08:00 Uhr und von 11:00 Uhr bis 20:00 Uhr drei Züge pro Stunde auf. In den Nebenverkehrszeiten wird Spielfeld-Straß mit zwei Zügen pro Stunde bedient.

Leibnitz wird ergänzend zum Interregio und den beiden REX-Zügen noch von der S-Bahn in einem Halbstundentakt bedient. Beide S-Bahnen bedienen Übelbach, wobei eine der beiden Züge jeweils in Peggau geflügelt wird und zusätzlich Frohnleiten mit Leibnitz verbindet. Somit werden beide S-Bahnen wieder über den Grazer Hauptbahnhof durchgebunden. Die Schnellbahnen verkehren im Abschnitt Graz Hbf – Leibnitz im Halbstundentakt ganztägig mit einer Reisezeit von 40 Minuten (blau).

Zusätzlich verkehren Schnellbahnen stündlich im Streckenabschnitt Graz Hbf nach Werndorf (blau) und aus trassentechnischen Gründen stündlich von Graz nur bis Kalsdorf (blau). Somit werden im Abschnitt Graz Hbf – Kalsdorf ganztägig 4 Züge/Stunde angeboten.

Die Überlagerung der schnellen REX und Interregio-Verbindungen mit dem durchgehenden Grundtakt der S-Bahn ergeben fünf Züge pro Stunde in der Zeit zwischen 07:00 Uhr und 09:00 Uhr sowie zwischen 12:00 Uhr und 20:00 Uhr. In der Nebenverkehrszeit verkehren noch immer vier Zügen pro Stunde.

Zielfahrplan Südbahn 2040

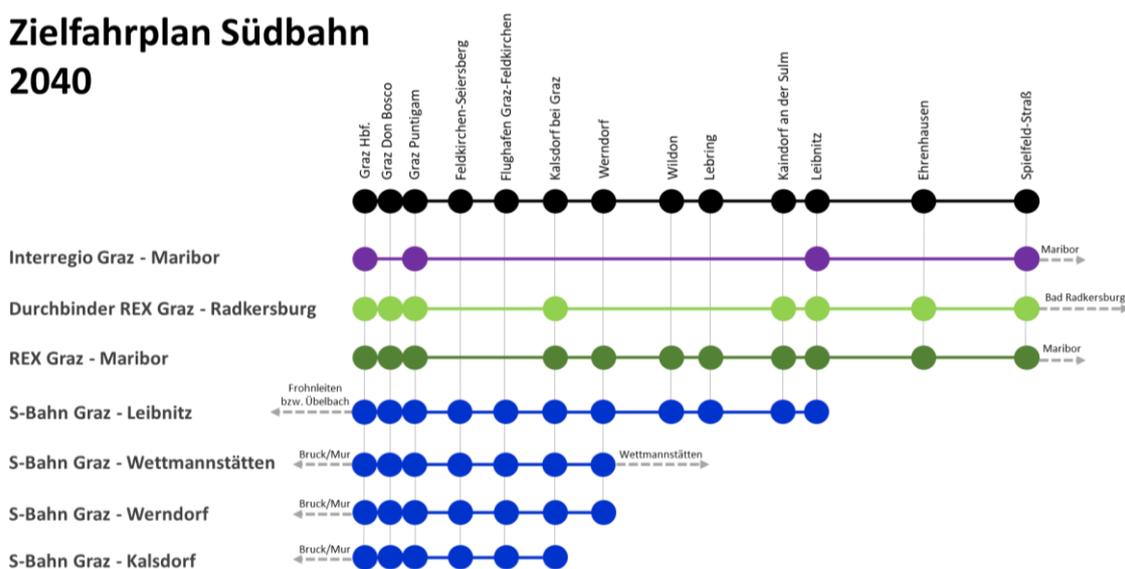


Abbildung 35: Haltemuster Zielfahrplan Südbahn 2040 (Fellendorf, et al., 2022)

Nähere Informationen zu den Fahrplankonzepten auf der Südbahn können der Studie „Infrastrukturentwicklung Werndorf – Spielfeld-Straß“ (Fellendorf, et al., 2022) entnommen werden.

3.4.4. Graz-Köflach-Bahn 2040

Das Fahrplankonzept der Graz-Köflach-Bahn (GKB) für das Jahr 2040 basiert auf der Studie „Weißbuch Infrastruktur 2025+ – Konzept zur langfristigen Entwicklung der Infrastruktur der GKB“ (Veit, et al., 2014). Der endgültige Fahrplan basiert auf der in der Studie angeführten Etappe 3 (2035-2040) und wurde in nachfolgenden Studien noch optimiert (Fellendorf, et al., 2017). Es wird auf den Linien ein durchgängiger Halbstundentakt nach Graz Hbf angeboten.



Abbildung 36: Zielfahrplan GKB 2040 (Fellendorf, et al., 2017)

Die S6 nutzt die Infrastruktur der Koralmbahn. Die S7 zwischen Köflach und Graz wird beschleunigt und hält in Graz nur mehr an den Halten Wetzelsdorf, dem GKB-Bahnhof und Graz Hauptbahnhof. Im Umland von Graz werden alle Halte bis Lieboch bedient. Die S61 verkehrt zwischen Deutschlandsberg und Graz und bedient alle Halte. Zusätzlich existieren Verstärker bis Lannach. Somit ist auch auf der S61 ein Halbstundentakt gewährleistet. Als neue Linie wird die S71 eingeführt, die im Halbstundentakt zwischen Lannach und Graz verkehrt und alle Grazer Halte bedient. Durch die Überlagerung von S7, S61 und S71 entsteht im Grazer Stadtgebiet auf der westlichen GKB-Trasse ein 10 Minuten Takt. Das Haltemuster und der Verlauf der Linien sind der Abbildung 36 zu entnehmen.

3.4.5. Steirische Ostbahn 2040

Das Fahrplankonzept der Ostbahn 2040 wurde aus dem Projekt „Verkehrskonzept Steirische Ostbahn – Untersuchung zu den langfristigen Potenzialen, verkehrlichen und infrastrukturellen Entwicklungsmöglichkeiten der Steirischen Ostbahn“ (Veit, et al., 2018) für das Jahr 2030 entnommen. Hierbei wurde der empfohlene Planfall 1.6 in das Verkehrsmodell implementiert.

In der Hauptverkehrszeit werden zwischen Graz und Gleisdorf drei Verbindungen pro Richtung angeboten, die in Abständen von 20, 15 bzw. 25 Minuten verkehren. Außerhalb der HVZ verkehren 2 Verbindungen. Zwischen Gleisdorf und Fehring wird der REX-Grundtakt in der HVZ durch die S3 zu einem Halbstundentakt erweitert. Zwischen Fehring und Szentgotthárd wird durchgehend ein Stundentakt angeboten. Der REX wird im Grundtakt bis Szentgotthárd geführt. Bis Fehring verkehrt der REX in beschleunigter Trasse mit ausgedünntem Haltemuster. Ab Fehring werden alle Halte bedient. In Gleisdorf bzw. Fehring besteht bei bahnsteiggleichem Umstieg Anschluss an Verbindungen in Richtung Weiz bzw. Hartberg.

Haltestellenmuster: **S3:** alle Halte

REX: ausgewählte Halte

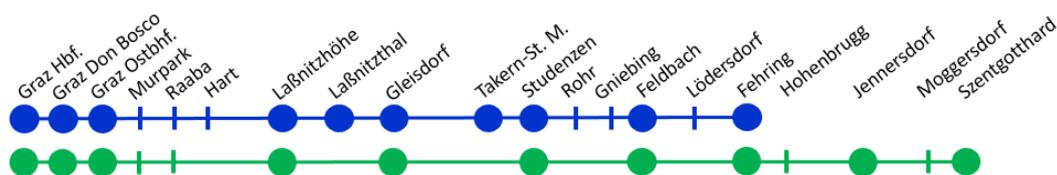


Abbildung 37: Haltemuster Zielfahrplan Steirische Ostbahn 2040 (Veit, et al., 2018)

Die S3 ermöglicht den Umstieg vom beschleunigten Fernverkehr (RJ) und bedient bis Gleisdorf alle Halte. Zur Hauptverkehrszeit wird die S3 mit Halt in allen Stationen bis Fehring durchgebunden. In der HVZ verkehrt ein zusätzlicher Kurs bis Gleisdorf und Bedienung aller Halte. In Gleisdorf besteht die Möglichkeit zur Durchbindung nach Weiz.

3.5. Angebotsmaßnahmen Regionalbusse

Das Land Steiermark möchte in den nächsten Jahren und Jahrzehnten das Regionalbus-Angebot deutlich verbessern, damit es in Zukunft gelingt, Pendlern ein attraktives Umsteigen auf den öffentlichen Verkehr zu ermöglichen. Deshalb werden Busbündel für verschiedene Korridore neu geplant und optimiert.

3.5.1. Busbündel Südost und Südwest 2025 & 2040

Der Korridor der Südbahn wird von den Busbündel Südwest und Südost bedient, die beide mit der Eröffnung der Koralmbahn in Betrieb gehen. Die Fahrpläne dazu stammen aus der Studie „Infrastrukturentwicklung Werndorf – Spielfeld-Straß“ (Fellendorf, et al., 2022). Die Linienführungen der Busse werden so adaptiert, dass Bewohner ohne direkte Bahnanbindung zu den Bahnhaltstellen gelangen können und ein attraktiver Umstieg ermöglicht wird.

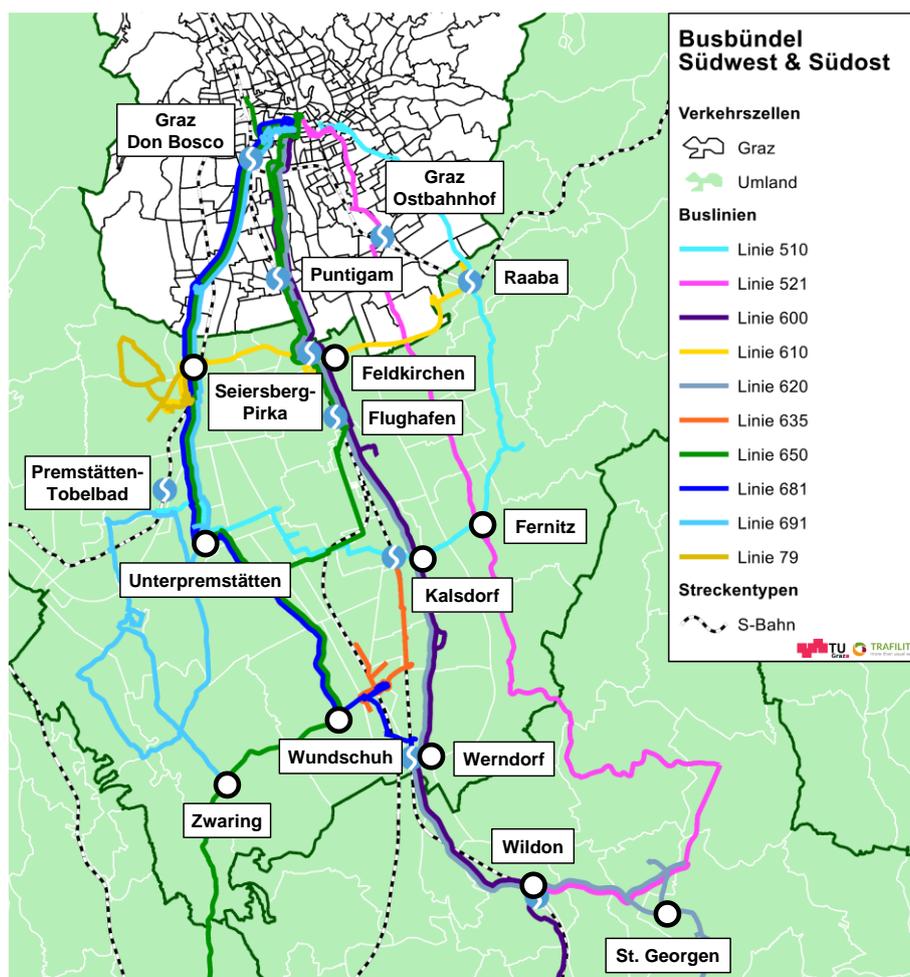


Abbildung 38: Linienverläufe der Regionalbuslinien im Busbündel Südost und Südwest (Fellendorf, et al., 2022)

In Abbildung 38 wird der Südbahnkorridor mit den für 2040 neu geplanten Buslinien dargestellt. In das Verkehrsnachfragemodell werden die folgenden Linien aufgenommen:

- Die Regionalbuslinie Linie 681 (dunkelblau) wird von Wundschuh zum Bahnhof Werndorf verlängert und wird im Stundentakt geführt
- Die bestehende Regionalbuslinie 521 (rosa) wird zum Bahnhof Wildon verlängert.
- Aus mehreren bestehenden Regionalbuslinien entsteht die neue Linie 510 (hellblau) die von Graz kommend über den NVK Raaba und den Bahnhof Kalsdorf schließlich Premstätten ansteuert. Diese neue Linie wird im Habstundentakt verkehren.
- Neueinführung der Regionalbuslinie 610 (gelb). Diese Linie wird vom NVK Raaba und den Bahnhof Feldkirchen bis zum NVK Seiersberg geführt.
- Die Linienrouten der Buslinie 551 zwischen Leibnitz und Graz werden im Stundentakt angeboten. (nicht in der Abbildung)
- Die hauptsächlich parallel zur Südbahn verkehrende Linie 600 wird gekürzt. Fahrten ab Leibnitz werden gelöscht und der Takt bis Leibnitz angepasst.

Neben diesen Änderungen wurden überlagerte Halbstundentakte implementiert.

- 600 und 620 ergeben überlagerten Halbstundentakt
- 650 und 671 ergeben überlagerten Halbstundentakt
- 681 und 691 ergeben überlagerten Halbstundentakt

Zusätzlich zu den Änderungen der Regionalbuslinien wurde eine neue Buslinie zur Entlastung der A9 angenommen. Diese beruht auf den Ergebnissen der Verkehrsstromanalyse 2023 (Abschnitt Grenzübergang Spielfeld – Graz Knoten West). Pro Tag und Richtung fahren ca. 4.700 Pkw von Slowenien (Großteil aus der Stadt Maribor) nach Graz und retour. In der stärksten halben Stunde (morgens) fahren bis zu 250 Pkw und in der stärksten halben Stunde (nachmittags) über 450 Pkw (Ingenieurbüro Pilz Verkehrs-Planungs GmbH & Partner Co KG, 2023). Dieser „Pendlerverkehr“ (700 bis 4.700 Pkw) bietet genügend Potenzial und könnte durch eine neue Buslinie auf den ÖV verlagert werden.

Damit die neue Buslinie nicht in Konkurrenz zur S-Bahnlinie S5 steht, fährt die neue Buslinie entlang der Autobahn (kurze Fahrtzeit) in den Grazer Südosten. Damit besteht von Slowenien kommend die Möglichkeit sowohl Richtung Graz Hauptbahnhof (S5), als auch nach Graz Murpark (Expressbus ASt Gersdorf – Graz Murpark) zu gelangen. Die Haltepunkte entlang der neuen Buslinie sind:

- Gersdorf (HAST bzw. ASt)
- Leibnitz (ASt)
- Graz Werk Thondorf
- Graz Murpark

Die Haltestellen an der Autobahn (Gersdorf und Leibnitz) wurden über Park&Ride-Anbindungen mit den Verkehrszellen verbunden. Die Buslinie wurde mit einem stündlichen Grundtakt und einer Halbstundenverdichtung in der HVZ angenommen. Die Fahrtzeiten wurden manuell an die Verkehrslage angepasst.

3.5.2. Busbündel Deutschlandsberg 2025 & 2040

Das Busbündel Deutschlandsberg wurde in Abstimmung mit dem Land Steiermark erarbeitet (Land Steiermark, 2023). Das Busbündel Deutschlandsberg wird auf die Koralmbahn und den neuen Bahnhof Weststeiermark ausgelegt und wird im Jahr 2025 mit der Eröffnung der Koralmbahn in Betrieb gehen. Die Änderungen im Busverkehr umfassen folgende Linien.

- Buslinie 760: Stundentakt & an Bahnhof Weststeiermark angeschlossen
- Buslinie 761: Stundentakt & an Bahnhof Weststeiermark angeschlossen
- Buslinie 750: an Bahnhof Weststeiermark angeschlossen
- Buslinie 730: an Bahnhof Weststeiermark angeschlossen
- Buslinie 770: Stundentakt & an Bahnhof Weststeiermark angeschlossen
- Buslinie 749: Stundentakt & an Bahnhof Weststeiermark (über Groß Sankt Florian) angeschlossen
- Neue Buslinie im Stundentakt zwischen Deutschlandsberg bis Wettmannstätten (wurde vorläufig als Linie 777 bezeichnet)

Die neue Buslinie wird parallel zur Bahnlinie geführt und dient der Sammel- und Zubringerfunktion. Sie verkehrt im Stundentakt. Die Maßnahmen im Überblick sind Abbildung 39 zu entnehmen.

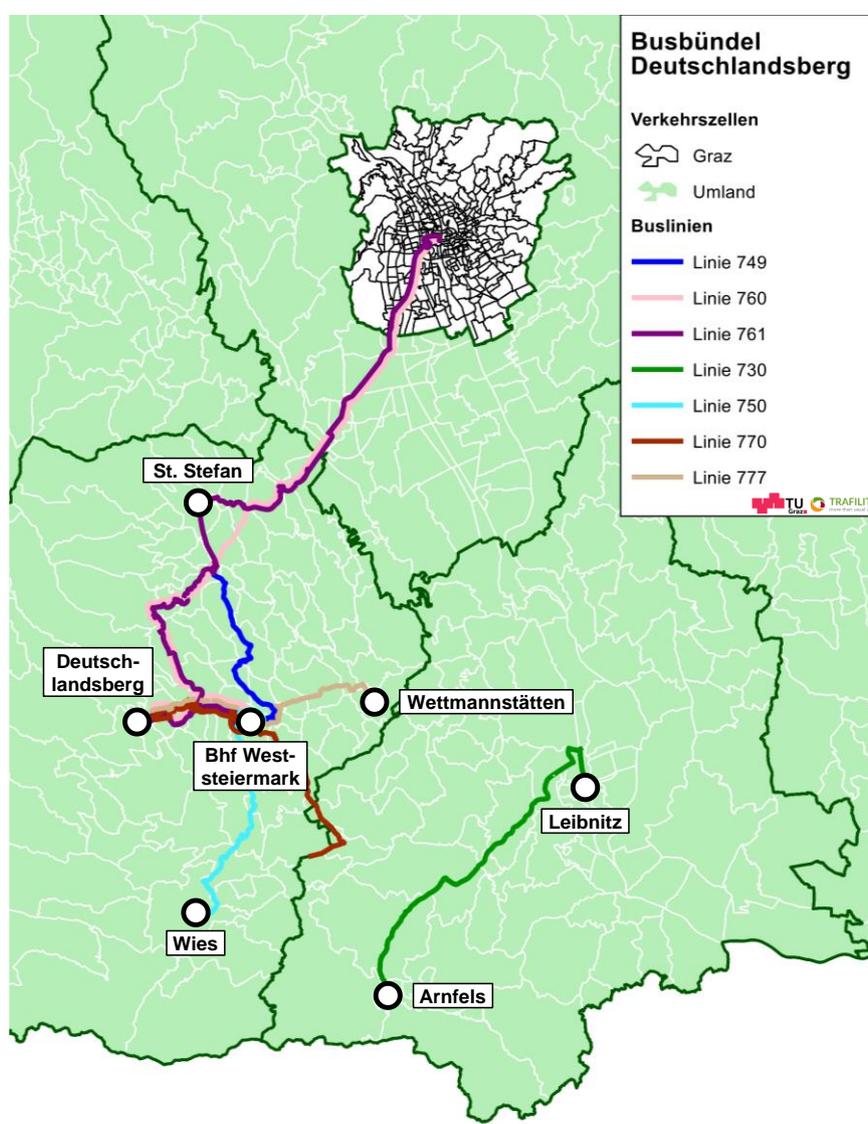


Abbildung 39: Linienvläufe der Regionalbuslinien im Busbündel Deutschlandsberg (Land Steiermark, 2023)

3.6. Angebotsmaßnahmen ÖV Stadt Graz

In der Stadt Graz wurden folgende ÖV-Maßnahmen angenommen, die aus der Studie ÖVS Graz stammen (Stadt Graz, 2022).

- Innenstadtentflechtung (inkl. Tramlinienänderungen)
- Tramlinie 2 (Wetzelsdorf – LKH Med. Uni/ Klinikum Nord)
- Tramlinie 8 (Gösting – Webling)
- Tramlinie 9 (Eggenberg/UKH – Speidlgasse)

Die Innenstadtentflechtung, die 2025 eröffnet wird, bringt zwei neue Tramlinien (16 und 17) mit sich. Die Tramlinie 16 verbindet die Smartcity/Peter-Tunner-Gasse/tim mit St. Peter über die Neutorgasse. Durch die neue Linie 16 ist es notwendig den Takt der bestehenden Tramlinie 6 anzupassen, um durch die Überlagerung eine Taktverdichtung zu erreichen. Die Tramlinie 17 verbindet Wetzelsdorf mit dem LKH in St. Leonhard über die Neutorgasse. Durch eine Anpassung der Tramlinie 7 ergibt sich auch hier durch die Überlagerung eine Taktverdichtung.

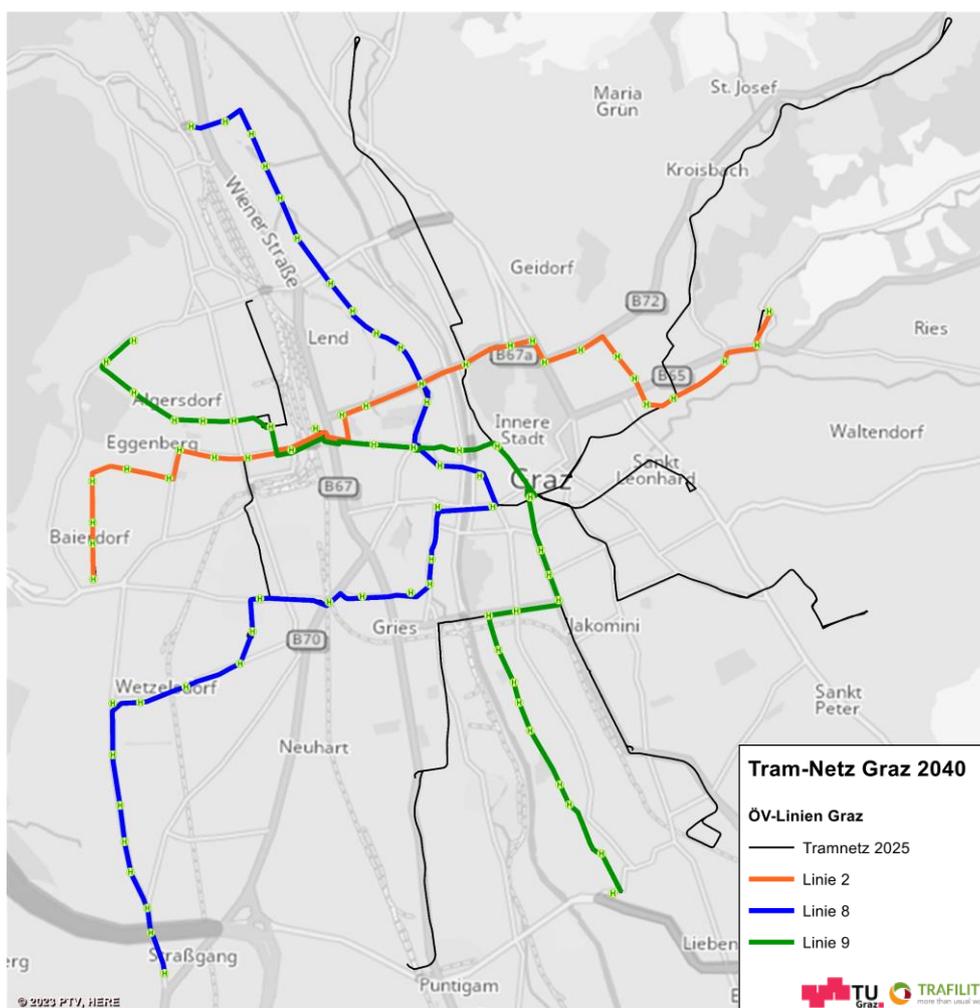


Abbildung 40: Linienverläufe der Tramlinien in Graz im Jahr 2040

Für die Prognoseszenarien 2040 werden drei neue Tramlinien angenommen. Die Tramlinie 2 verbindet Wetzelsdorf mit dem LKH Graz (Klinikum Nord) über die KFU. Die gesamte Fahrtzeit von Start- bis Endhaltestelle beträgt 30 min (Fahrtrichtung LKH Graz) bzw. 29 Minuten (Fahrtrichtung Wetzelsdorf) und die Linie verkehrt in einem 10 min Takt. Die Relation Gösting-Webling wird mit der Tramlinie 8 bedient. Hier beträgt die Fahrtzeit in eine Richtung 39 min. Auch hier wird ein 10 min Takt angenommen. Die dritte neue Linie ist die Tramlinie 9, die das Unfallkrankenhaus in Eggenberg mit Liebenau (Speidlgasse / Puntigamer Hauptstraße) verbindet. Die Fahrtzeit beträgt 30 min und es wird wiederum ein 10 min Takt angenommen. Die Betriebszeiten der neuen Tramlinien sind von 05:00 bis 24:00 Uhr. In Abbildung 40 sind die Linienvläufe der Tramlinien in allen Prognoseszenarien dargestellt.

Der in der Studie ÖVS Graz vorgeschlagene S-Bahn-Tunnel ist nicht Inhalt der Angebotsverbesserungen für das Jahr 2040, da dieser zum Zeitpunkt der Erstellung der Untersuchung nicht Bestandteil des Zielnetzes 2040 der ÖBB Infrastruktur AG war. Gleichzeitig wird die Umsetzung bis zum Jahr 2040 zum heutigen Zeitpunkt als nicht realistisch beurteilt, da außer einem Grundsatzbeschlusses des Grazer Gemeinderates keine weiteren Schritte zur Realisierung bekannt sind. Zudem ist derzeit die Finanzierung des S-Bahn-Tunnels unklar.

3.7. QZD-Prognose Pkw und Lkw

Als Grundlage für Prognose des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs wäre es wünschenswert auf die Ergebnisse einer großräumigen Verkehrsprognose zurückgreifen zu können. Nachdem die Verkehrsprognose Österreich 2040+ zum Zeitpunkt der Bearbeitung nicht vorliegt und die Verkehrsprognose 2025+ hinsichtlich ihrer Datengrundlagen und Annahmen veraltet (Zeitpunkt der Datengrundlagen vor 2010) sind, liegt eine solche Prognose nicht vor. Nachdem der Mobilitätsmasterplan 2030 (BMK, 2021) eine deutliche Zielrichtung vorgibt, wurde versucht unter Berücksichtigung der Entwicklung der Verkehrsstärken an den Dauerzählstellen im ASFINAG-Netz diese Ergebnisse zu antizipieren.

Methodisch erfolgte eine Hochrechnung der Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs von Lkw und Pkw, folgend dem Entwicklungstrend der Dauerzählstellen der ASFINAG über unterschiedliche Zeiträume kombiniert mit der Prognose des Mobilitätsmasterplans 2030 (MMP30). Folgende Tabelle 9 zeigt die mit dem BMK abgestimmte prognostizierte Verkehrsentwicklung der Jahr 2022 bis 2040 in Prozent pro Jahr. Es ist ersichtlich, dass vor allem der steirische Südraum – an der Grenze zu Slowenien – eine hohe Steigung vor allem im Lkw-Verkehr von rd. 3,1% bis 2030 des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs aufweist. Die Verkehrszunahme im Pkw Verkehr liegt an der A2 Ost (Wechsel/Landesgrenze NÖ) und an der A9 Süd (Grenzübergang Spielfeld) bis 2030 bei 1,5% bzw. 1,4% pro Jahr.

Eine Stagnation bzw. ein Rückgang des Pkw-Verkehrs ist im Bereich A2 West (Pack/Landesgrenze Kärnten) ersichtlich. Dies ist vor allem auf den Ausbau der Koralmbahn zurückzuführen.

Tabelle 9: Prognostizierte Verkehrsentwicklung zwischen 2022 und 2040

Quell-, Ziel-, Durchgangsverkehr		Verkehrsentwicklung in ppa	
		2022-2030	2030-2040
A2 Ost Wechsel / Landesgrenze NÖ	Lkw	2.8%	1.2%
	Pkw	1.5%	-0.2%
A2 West Pack / Landesgrenze KTN	Lkw	2.7%	1.2%
	Pkw	0.0%	-0.8%
A9 Süd Grenzübergang Spielfeld	Lkw	3.1%	1.2%
	Pkw	1.4%	0.1%
A9 Nord KN Deutschfeistritz	Lkw	1.6%	1.3%
	Pkw	1.1%	0.2%

3.8. Lkw-Binnenverkehr

Der Lkw-Binnenverkehr wurde gemäß der Entwicklung der Arbeitsplätze hochgerechnet. Weiters wurden die Entwicklungsgebiete der Industrie- und Gewerbeflächen entlang der A9 sowie östlich und westlich des Knoten Graz West an der A2 berücksichtigt. Dazu wurden die Flächen der gewidmeten und nicht bebauten Industrie- und Gewerbegebiete sowie die Potenzialflächen für Industrie- und Gewerbegebiete entsprechend der Entwicklungspläne der Gemeinden ermittelt. Aktuell als Industrie- bzw. Gewerbegebiet gewidmet und noch nicht bebaut sind rd. 550 ha. Die zum jetzigen Stand erwartbaren Entwicklungsflächen belaufen sich auf rd. 395 ha. Für die Prognose wurde angenommen, dass bis zum Jahr 2040 100% der gewidmeten Industrie- und Gewerbeflächen und 50% der Entwicklungsflächen bebaut sein werden. Die Abschätzung der Verkehrserzeugung wurde mithilfe von Bosserhoff (Bosserhoff, 2022) durchgeführt. Abbildung 41 zeigt das Entwicklungspotenzial der Gewerbe- und Industriegebiete im Grazer Südraum.

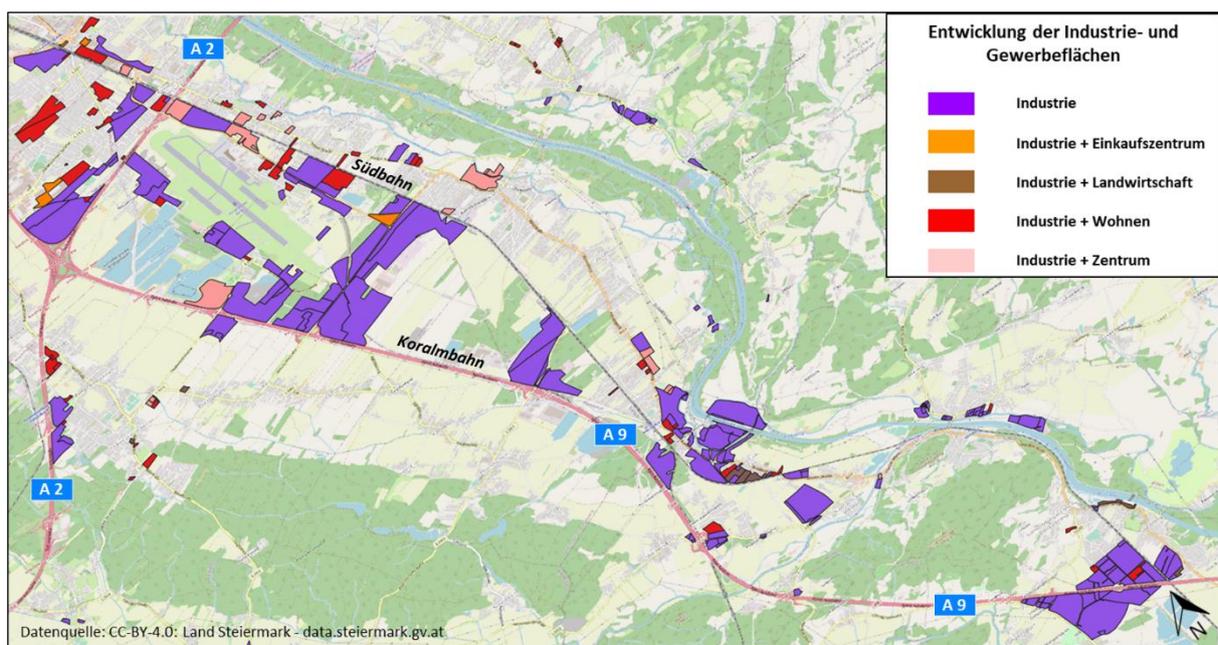


Abbildung 41: Entwicklungspotenzial Grazer Südraum

Für das Jahr 2040 wurde für die gewidmeten Industrie- und Gewerbegebiete eine 100%ige Bebauung angenommen. Für die Potenzialflächen für Industrie- und Gewerbegebiete wurde eine 50%ige Bebauung bis 2040 angenommen.

Der Ausbau der Anschlussbahn Nord des Cargo Center Graz (CCG) wurde durch eine 20%ige Abminderung der Ausbaupotenziale mitberücksichtigt. Somit ergeben sich eine 80%ige Bebauung für die gewidmeten Industrie- und Gewerbegebiete und eine 40%ige Bebauung für die Potenzialflächen für Industrie- und Gewerbegebiete. Die Verkehrserzeugung wurden mit den Ansätzen gemäß Bosserhoff gerechnet und entsprechen im Verkehrsmodell umgelegt.

4. Analyse der Prognoseberechnungen

Für die Interpretation der Ergebnisse der Szenarien und den Vergleich der Varianten untereinander bedarf es einer Vielzahl an Auswertungen. Folgende Kenngrößen werden untersucht:

- Verkehrsbelastungen auf dem Autobahn- und Landesstraßennetz
- Auslastung der A9
- Verkehrsleistung und Treibhausgase im mIV
- Verkehrsleistung im ÖV und Fahrgastzahlen relevanter ÖV-Linien
- Modal Split

Die folgende Abbildung 42 zeigt das Gebiet, in dem Auswertungen vorgenommen wurden. Die Verkehrsbelastungen inkl. Auslastungen werden für die A9 im Abschnitt KN Graz West bis ASt Wildon ausgewertet. Weiters werden die Verkehrsbelastungen der parallel zur Autobahn laufenden Landesstraßen dargestellt.

Die Verkehrsleistungen im mIV beziehen sich auf die in der Abbildung 42 mit dem Zusatz „Auswertungen“ gekennzeichneten Streckenabschnitten zwischen dem Knoten Graz-West und der ASt Wildon. Dabei wird zwischen Autobahn sowie parallel und quer zur Autobahn laufenden Landesstraßennetz unterschieden. Aus den Verkehrsleistungen sowie der Auslastung im mittleren Tagesgang resultieren die Treibhausgase.

Die Auswertungen der Verkehrsleistung im ÖV beziehen sich auf das Planungsgebiet „Südkorridor“ (in der Abbildung 42 in Grün dargestellt), wobei hier die Hauptverkehrsrouten über die Südbahn führt. Busverkehre werden ebenso in der Verkehrsleistung berücksichtigt. Für die Südbahn werden die Fahrgastzahlen ausgewertet und je Szenario miteinander verglichen.

Der Modal Split bezieht sich auf die Verteilung der Verkehrsmittel, die Personen für ihre täglichen Fortbewegungen nutzen. Die Angaben zum Modal Split beziehen sich auf das Planungsgebiet „Südkorridor“, das den südlichen Teil des politischen Bezirks Graz-Umgebung und den Großteil des politischen Bezirks Leibnitz bis an die Grenze nach Slowenien umfasst. Ausgewertet wurden alle Wege aus dem Planungsgebiet, die ihre Quelle oder ihr Ziel im Stadtgebiet von Graz haben.

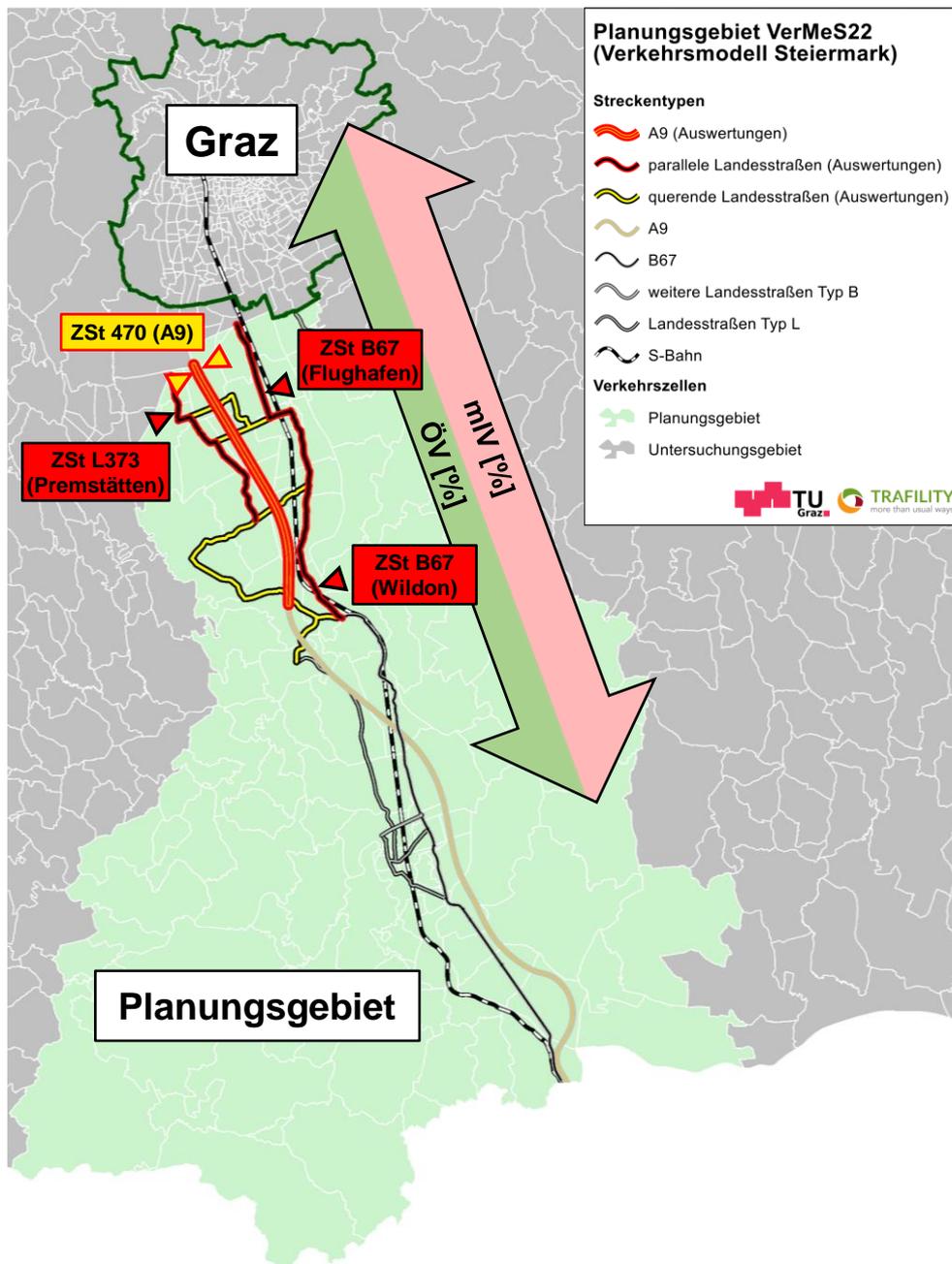


Abbildung 42: Planungsgebiet „Südkorridor“ mit relevanten mIV-Zählstellen und Streckenzügen für Verkehrsleistungsberechnung

4.1. Verkehrsbelastungen

Die Verkehrsbelastungen auf dem Straßennetz sind die Grundlage für die Verkehrsleistung, Emissions- und Leistungsfähigkeitsberechnung. Die in den folgenden Tabellen dargestellten Verkehrsbelastungen entsprechen einem durchschnittlichen Werktagverkehr (DTV_w) der Jahre 2022, 2025 bzw. 2040. Eine Zeile entspricht einem Szenario und die Spalten entsprechen Streckenabschnitten. Zuerst werden die Verkehrsbelastungen auf den Autobahnen und anschließend an den Landesstraßen gezeigt.

4.1.1. Verkehrsbelastungen auf der A9 Pyhrn Autobahn

Tabelle 10 und Tabelle 11 zeigen auf 100er gerundet die Verkehrsbelastungen der einzelnen Planfälle am Querschnitt der Abschnitte KN Graz West bis zur Anschlussstelle Wildon für Kfz/24h und Lkw/24h im DTV_w.

Die Verkehrsbelastungen am Querschnitt nehmen in Richtung Süden ab und betragen am nördlichsten Abschnitt zwischen KN Graz West und der Anschlussstelle Schwarzlsee rund 78.600 Kfz/24h, davon 11.800 Lkw/24h. Dies entspricht einem Schwerverkehrsanteil von rd. 15%. Der Lkw-Anteil sinkt in Richtungsfahrbahn Süden bis zur Anschlussstelle Wildon auf 12% bei einer Gesamtverkehrsbelastung von rd. 60.400 Kfz/24h.

In der Referenzprognose 2025 kommt es zu einem leichten Anstieg der Verkehrsbelastungen. Durch den Ausbau der A9 kommt es 2025 zu einer Verkehrssteigerung von 14.600 Kfz/24h, davon 1.500 Lkw/25h am nördlichsten Abschnitt.

In der Referenzprognose 2040 sinkt die Verkehrsbelastung in Summe auf 77.100 Kfz/h, wobei die Lkw-Verkehrsbelastung auf 17.700 Lkw/24h ansteigt. Der Lkw-Anteil steigt somit von 15% im Bestand 2022 auf 23%. Mit mIV-Einschränkungen sinkt der Verkehr, durch den Ausbau der A9 steigt der Verkehr.

Tabelle 10: Verkehrsbelastungen Kfz/24h im DTV_w am hochrangigen Straßennetz

	ASt Knoten Graz-West - ASt Schwarzl See	ASt Schwarzl See - ASt Schachenwald	ASt Schachenwald - ASt Kalsdorf	ASt Kalsdorf - ASt Wundschuh	ASt Wundschuh - ASt Wildon
Bestand 2022	78 600	78 100	72 100	66 000	60 400
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	78 800	78 250	72 300	66 200	60 600
PF 2025 Szenario 2 (Fertigstellung Koralm + A9)	94 000	93 700	88 700	82 600	72 600
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	77 100	76 300	70 700	65 200	60 800
PF 2040 Szenario 4 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen)	72 900	72 100	65 700	60 300	54 900
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	94 100	93 600	89 300	82 600	72 300
PF 2040 Szenario 6 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen + A9)	86 000	85 500	79 700	73 600	65 100

Tabelle 11: Verkehrsbelastungen Lkw/24h im DTV_w am hochrangigen Straßennetz

	ASt Knoten Graz-West - ASt Schwarzl See	ASt Schwarzl See - ASt Schachenwald	ASt Schachenwald - ASt Kalsdorf	ASt Kalsdorf - ASt Wundschuh	ASt Wundschuh - ASt Wildon
Bestand 2022	11 800	11 700	10 600	9 200	7 300
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	12 400	12 300	11 100	9 600	7 700
PF 2025 Szenario 2 (Fertigstellung Koralm + A9)	13 300	13 300	12 000	10 900	8 500
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	17 700	17 600	16 000	14 300	12 100
PF 2040 Szenario 4 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen)	17 600	17 500	16 000	15 000	12 300
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	19 400	19 300	17 700	16 200	13 600
PF 2040 Szenario 6 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen + A9)	18 500	18 500	16 900	15 800	13 000

4.1.2. Verkehrsbelastungen auf dem Landesstraßennetz

In Tabelle 12 sind die Verkehrsbelastungen der Landesstraßen B67 nördlich des Flughafen Graz, der B67 Neudorf ob Wildon und L303 Friedhof Premstätten in Kfz/24h an einem durchschnittlichen Werktag zu sehen. Die Verkehrsbelastungen wurden auf 100er gerundet. In Abbildung 42 ersichtlich ist die genaue Lage der Querschnitte. Tabelle 13 zeigt die Verkehrsbelastungen auf den Landesstraßenabschnitten in Lkw/24 an einem durchschnittlichen Werktag.

Auf der Parallelstrecke B67 östlich der A9 Pyhrn Autobahn auf Höhe Flughafen liegt die Verkehrsbelastung im Bestand bei 18.600 Kfz/24h bei einem Lkw-Anteil von rd. 13%. Bis 2040 steigt die Kfz-Verkehrsbelastung um etwa 8% und die Lkw-Verkehrsbelastung um rd. 19% auf 20.100 Kfz/24h und 3.800 Lkw/24h. Durch den Ausbau der A9 sinkt die Verkehrsbelastung um 6% gegenüber dem Referenzplanfall. Auch der Lkw-Anteil geht annähernd auf jenen des Bestandes durch den Ausbau zurück. Im Jahr 2040 sind durch den Ausbau der A9 in etwa die gleichen Verkehrsbelastungen auf dem Landesstraßennetz wie im Bestand vorhanden.

Tabelle 12: Verkehrsbelastungen Kfz/24h im DTV_w am Landesstraßennetz

	ZSt B67/5 nördl KV Flughafen Graz	ZSt B67/27 Neudorf ob Wildon	ZSt L303/1 Friedhof Premstätten
Bestand 2022	18 600	3 900	10 500
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	18 800	3 900	10 600
PF 2025 Szenario 2 (Fertigstellung Koralm + A9)	16 500	3 000	9 100
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	20 100	4 300	10 700
PF 2040 Szenario 4 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen)	19 200	2 600	7 900
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	18 900	4 000	10 600
PF 2040 Szenario 6 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen + A9)	17 900	2 100	6 900

Tabelle 13: Verkehrsbelastungen Lkw/24h im DTV_w am Landesstraßennetz

	Zst B67/5 nördl KV Flughafen Graz	Zst B67/27 Neudorf ob Wildon	Zst L303/1 Friedhof Premstätten
Bestand 2022	2 500	500	400
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	2 600	500	400
PF 2025 Szenario 2 (Fertigstellung Koralm + A9)	2 200	500	300
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	3 800	600	800
PF 2040 Szenario 4 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen)	3 600	200	50
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	2 600	500	400
PF 2040 Szenario 6 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen + A9)	3 300	400	200

4.1.3. Exkurs Induzierter Verkehr A9 Fahrstreifenerweiterung

Durch die Erweiterung der Anzahl der Fahrstreifen auf der A9 von 2 auf 3 Fahrstreifen je Richtungsfahrbahn zwischen dem Knoten Graz West und der Anschlussstelle Wildon kommt es zu einem Mehrverkehr von bis zu 17.000 Kfz/Werktag. Etwa 16.330 Fahrten davon werden aus dem umliegenden Landes- und Gemeindestraßennetz auf die Autobahn verlagert. Die restlichen 670 Fahrten bzw. 0,7% des Mehrverkehrs sind induzierter Neuverkehr durch den Ausbau der A9 Pyhrn Autobahn.

Im Verkehrsmodell wird der induzierte Verkehr als Folge der Zielwahl und der Verkehrsmittelwahl ermittelt. Aufgrund von Reisezeitverkürzungen im mIV werden weiter entfernt liegende Ziele und der mIV attraktiver gegenüber dem Referenzplanfall. Da die Reisezeitverkürzungen jedoch im Wesentlichen nur während der Verkehrsspitzen auftreten, wird das Neuverkehrsauftommen durch den dreistreifigen Ausbau sehr gering ausfallen.

Ein Verkehrszunahme durch sekundär induzierten Verkehr (Verkehrszunahme aufgrund einer höheren Flächennutzung ausschließlich aufgrund der Maßnahme) wird den Prognoseszenarien nicht aufgeschlagen. Den Prognosemaßnahmenplanfällen wird dieselbe (dynamische) Entwicklung der Flächennutzung unterstellt wie den Prognosereferenzplanfällen.

Abbildung 43 zeigt den induzierten Verkehr durch den A9 Ausbau im Jahr 2040 (Szenario 5). Die 670 zusätzlichen Fahrten verteilen sich zu 63% Richtung A9 Nord und 37% Richtung A2 Ost.

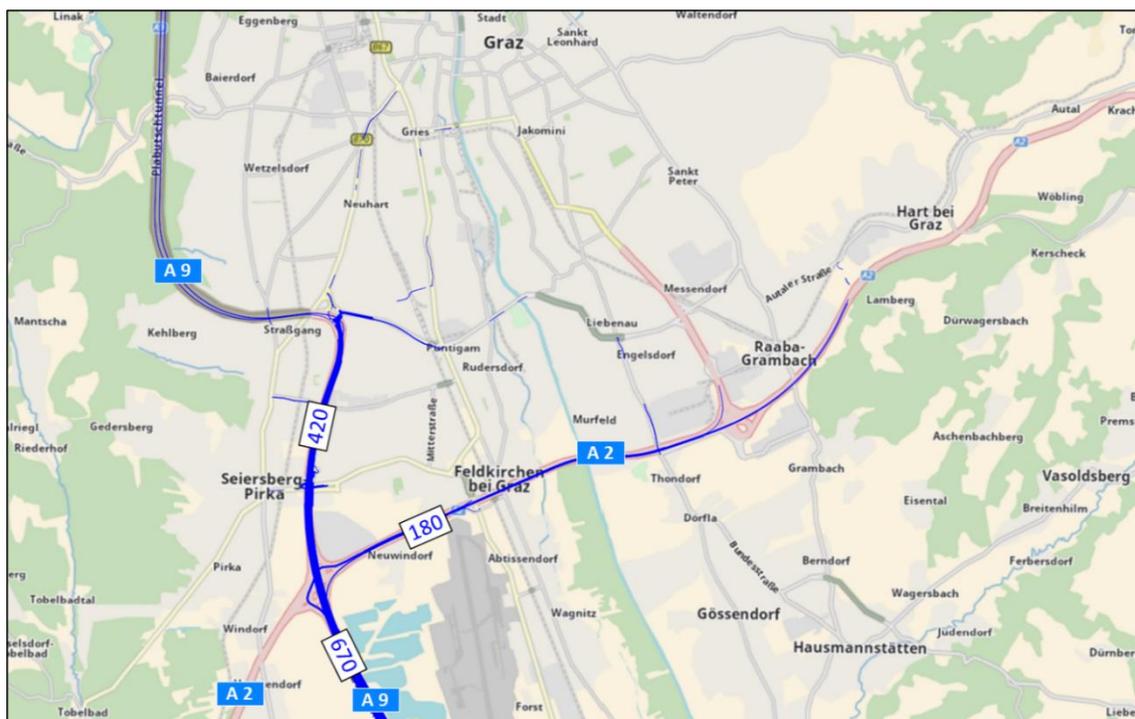


Abbildung 43: Induzierter Verkehr im Szenario 5 (A9-Ausbau, 2040, DTWv, Kfz/Tag)

4.1.4. Exkurs Auswirkung des A9 Ausbaus auf Graz

Die A9 Pyhrn Autobahn im Planungsgebiet ist eine wichtige Zufahrtsstraße zur Landeshauptstadt Graz. Dementsprechend sind durch verkehrliche Maßnahmen darauf Wechselwirkungen zum Stadtgebiet möglich. Auf diese wird nachfolgend eingegangen.

Abbildung 44 zeigt eine Verkehrsspinne für den Kfz-Verkehr am Querschnitt der A9 Pyhrn Autobahn südlich des Knotens Graz-West. Die angeführten Prozentzahlen sagen aus, wie viel des Gesamtverkehrs am Querschnitt in weiterer Folge an diesem Netzabschnitt auftritt. Beispielsweise nutzen rd. 10% der Kfz-Fahrten welche die A9 am Bezugsquerschnitt nutzen ebenso den A2-Zubringer.

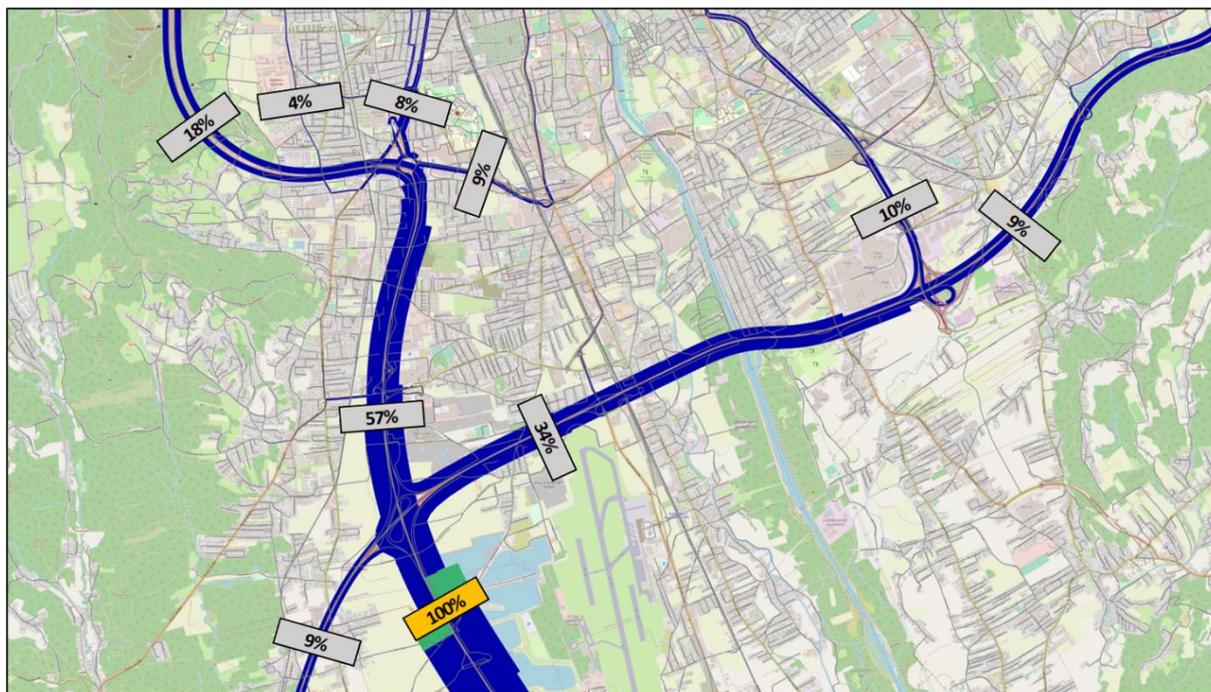


Abbildung 44: Verkehrsspinne A9 südl. KN Graz-West

In Ergänzung zu den Modal Split-Auswertungen für den Südkorridor (siehe Kap. 2.2.4) wurde für die südliche Grazer Stadtgrenze eine Auswertung der Verkehrsmittelnutzung im stadtgrenzüberschreitenden Verkehr durchgeführt (siehe Tabelle 14). Die Zahlen beziehen sich auf das Szenario 5 (2040, Normalwerktag, mit A9-Ausbau). Fußgänger- und Radverkehr sind nicht berücksichtigt. Es handelt sich um eine Querschnittsbetrachtung.

Es zeigt sich, dass rd. 26% des Verkehrs den Öffentlichen Verkehr (Bahn und Bus) nutzen und rd. 74% den motorisierten Individualverkehr wobei ein größerer Anteil auf das Landesstraßennetz entfällt.

Tabelle 14: Modal Split südl. Grazer Stadtgrenze (Bezug: Szenario 5, Werktag, 2040)

Verkehrsbelastungen über die südl. Grazer Stadtgrenze	Pers./Tag	Modal Split
Motorisierter Individualverkehr	123.000	74%
davon Autobahn (A9)	42.000	25%
davon Landes- und Gemeindestraßen	81.000	48%
Öffentlicher Verkehr	44.000	26%

Abbildung 46 und Abbildung 45 zeigen die Differenzverkehrsbelastungen für das südliche Grazer Stadtgebiet und das Grazer Feld. Gegenübergestellt sind in beiden Fällen das Szenario 5 (A9-Ausbau) mit dem Szenario 3 (Prognosereferenzfall), jeweils für das Jahr 2040. Es zeigt sich, dass es auf der A9 mit zusätzlichen 17.000 Kfz/Tag zu einem deutlichen Mehrverkehr kommt. Der größte Anteil des Mehrverkehrs macht mit 16.330 Kfz/Tag der verlagerte Verkehr aus. Lediglich die fehlenden rd. 670 Kfz/Tag sind dem induzierten Verkehr zuzuordnen (siehe Kapitel 4.1.3). Dementsprechend zeigen sich südlich der A2 Süd Autobahn

deutliche Abnahmen im parallellaufenden Landesstraßennetz (Verkehrsverlagerung), während die Wirkung nördlich davon stark begrenzt ist.

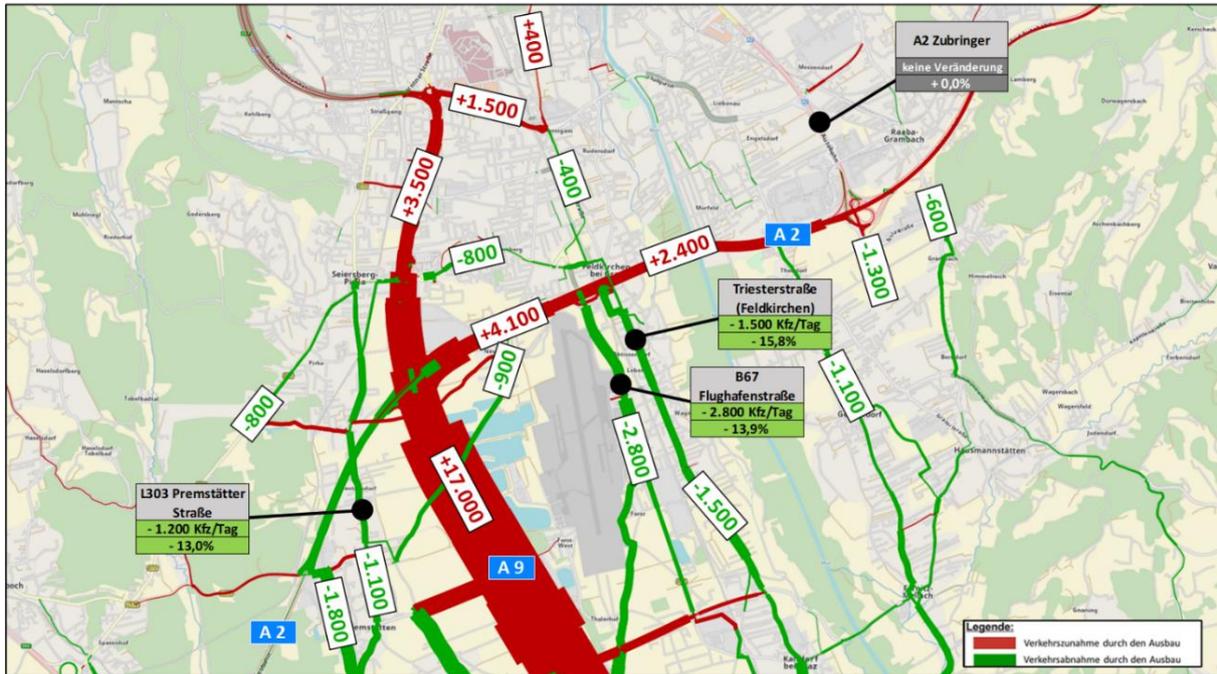


Abbildung 45: Differenzbelastung Szenario 5 minus Szenario 3 für das Grazer Feld (Kfz/Tag, DTV_w)

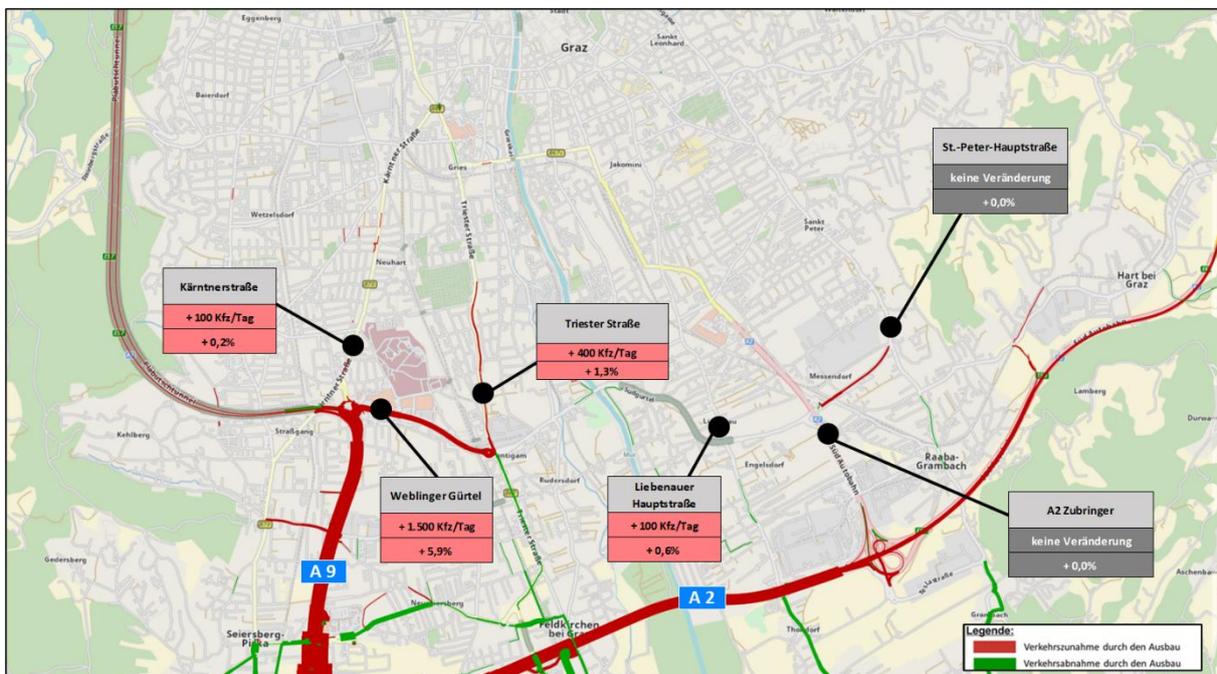


Abbildung 46: Differenzverkehrsbelastung Szenario 5 minus Szenario 3 für das südliche Graz (Kfz/Tag, DTV_w)

Es zeigt sich, dass die Wirkungen auf das Grazer Stadtgebiet gering sind. Die Zunahmen bewegen sich auf den südlichen Einfahrtsstraßen bei wenigen 100 Kfz/Werhtag:

- Kärntner Straße +100 Kfz/Werhtag
- Triester Straße +400 Kfz/Werhtag
- Liebenauer Hauptstraße +100 Kfz/Werhtag
- A2-Zubringer ± 0 Kfz/Werhtag
- St. Peter Hauptstraße ± 0 Kfz/Werhtag

Lediglich der Weblinger Gürtel zwischen Weblinger Kreis und Triester Straße erfährt eine Zunahme um rd. 1.500 Kfz/Werntag zusätzlich (+6%).

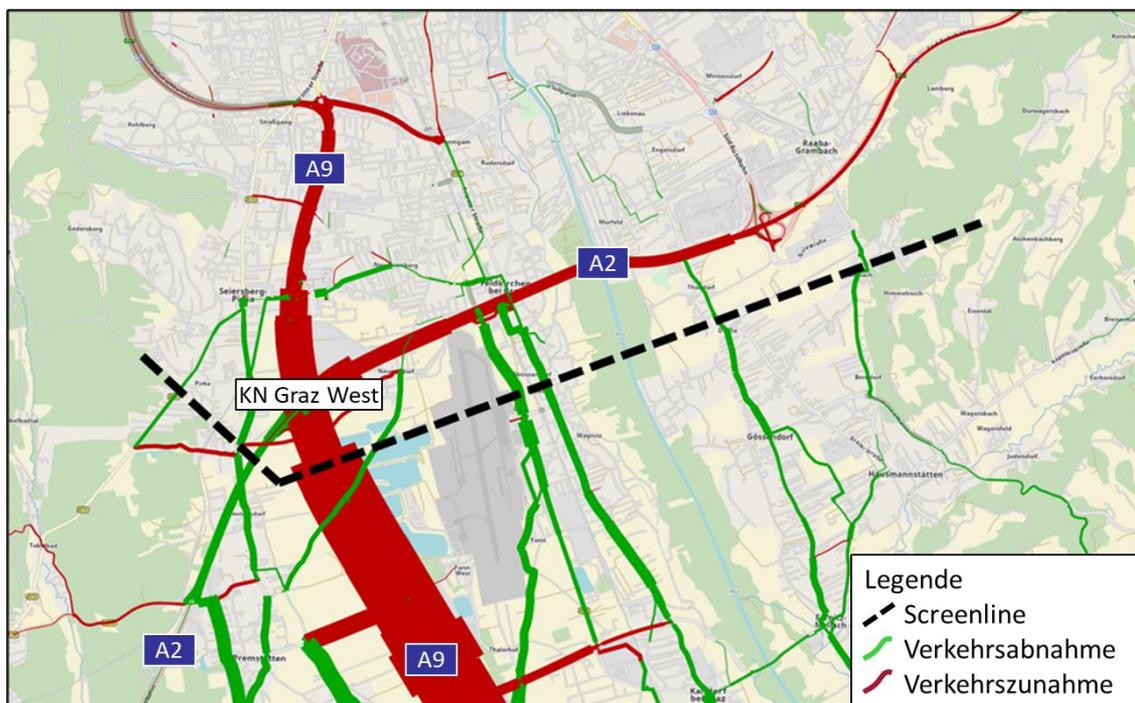


Abbildung 47: Differenzverkehrsbelastungen Szenario 5 minus Szenario 3 und Darstellung der Screenline

Zur leichteren Einordnung der Verkehrsverlagerungen ist in Abbildung 47 und der dazugehörigen Tabelle 15 eine Screenline mit den Verkehrsbelastungen der von ihr durchschnittenen Straßenabschnitte dargestellt.

Tabelle 15: Verkehrsbelastungen an der Screenline

Abschnitt	Verkehrsentlastung DTV _w [Kfz/24h, gerundet]
B67 Höhe Flughafen	- 2 800
Achse A2 West	- 2 400
Triester Straße Höhe Flughafen	- 1 500
Spange Grambach	- 1 300
L303 Premstätter Straße	- 1 200
Liebenauer Hauptstraße südl. A2	- 1 100
Mitterstraße	- 900
B70	- 800
Nestelbach	- 800
Hauptstraße Grambach	- 600
<i>Weitere Straßenabschnitte und Veränderungen durch Doppelzählungen über die Screenline (z.B. Zufahrt Flughafen Graz von Leibnitz)</i>	- 2 900
Summe Entlastungen	-16 300
Verlagerter Verkehr auf A9	16 300
Induzierter Neuverkehr	700
Gesamtveränderung QS A9	17 000

Die Auswertung zeigt, dass sich die Verkehrsentlastung durch die Verlagerung auf mehrere Parallelstraßen aufteilt mit den höchsten Entlastungen im Landstraßennetz auf der B67 und der Triester Straße.

4.2. Nachweis der Leistungsfähigkeit der Hauptfahrbahn A9

Für die verkehrstechnische Beurteilung der Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs wurden folgende Annahmen getroffen.

- Die Verkehrsbelastungen wurden dem Verkehrsmodell (DTV_w) entnommen und gemäß Richtlinienvorgabe auf JDTV-Werte umgerechnet.
- Für die Beurteilung der Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrsablaufes des Systems Hauptfahrbahn und Anschlussstelle wurden zunächst die real gemessenen Faktoren der stärksten Stunden eines Jahres (k-Faktor) der automatischen Dauerzählstellen auf der A9 der ASFiNAG herangezogen. Die Wahl der maßgeblichen Bemessungsstunde x (z.B. 30., 50., 100., 150. Stunde) erfolgt in Abhängigkeit zur Kategorie (I, Ia, II, IIa, III) des zu analysierenden Streckenabschnitts laut Kategorisierungsdienstweisung (BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, 2012). Für die Abschnitte KN Graz-West bis ASt Kalsdorf ist die Bemessungsstunde 100 und für den Abschnitt ASt Kalsdorf bis ASt Wildon die Bemessungsstunde 30 heranzuziehen.
- Die Beurteilung des Verkehrsablaufs wird gemäß RVS 03.01.11 Beurteilung des Verkehrsablaufs auf Straßen (FSV, 2012) durchgeführt

- Bei der Beurteilung des Verkehrsablaufes wurde mit einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h auf allen Abschnitt gerechnet.

Für die verkehrstechnisch und wirtschaftlich zweckmäßige Bemessung von Straßenverkehrsanlagen werden Erkenntnisse benötigt, mit welcher Qualität der Verkehr bei Verkehrsstärken unterhalb der Kapazität abgewickelt werden kann. Zu diesem Zweck werden geeignete Qualitätskriterien zugeordnet. Die Indikatoren für diese Kriterien werden in sechs Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) von A bis F eingeteilt, denen bestimmte Gütemaße zugeordnet sind.

Bei der nachfolgenden Beurteilung des Verkehrsablaufs wird in den Darstellungen eine einheitliche Farbgebung der rechnerischen Auslastungsgrade gewählt.

Die Farbgebung orientiert sich an den Level of Service (LOS) Stufen bzw. Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs (QSV) des HBS. Damit kann in einer sechsteiligen Skala die Güte des Verkehrsflusses aus Sicht des Verkehrsteilnehmers beurteilt werden, wie das in Abbildung 48 dargestellt ist.

QSV	Definition lt. HBS 2015	Beispielehafte Abbildung lt. HCM
Stufe A	Die Kraftfahrer werden äußerst selten von anderen beeinflusst. Der Auslastungsgrad ist sehr gering. Die Fahrer können Fahrstreifen und Geschwindigkeit in dem Rahmen frei wählen, den die streckencharakteristischen Randbedingungen und die verkehrsrechtlichen Vorgaben zulassen.	
Stufe B	Es treten Einflüsse durch andere Kraftfahrer auf, die das individuelle Fahrverhalten jedoch nur unwesentlich bestimmen. Der Auslastungsgrad ist gering. Die Fahrer können den Fahrstreifen weitgehend frei wählen. Die Geschwindigkeiten erreichen näherungsweise das von den Fahrern angestrebte Niveau.	
Stufe C	Die Anwesenheit der übrigen Kraftfahrzeuge macht sich deutlich bemerkbar. Der Auslastungsgrad liegt im mittleren Bereich. Die individuelle Bewegungsfreiheit ist eingeschränkt. Die Geschwindigkeiten sind nicht mehr frei wählbar. Der Verkehrszustand ist stabil.	
Stufe D	Es treten ständige Interaktionen zwischen den Kraftfahrern auf, bis hin zu gegenseitigen Behinderungen. Der Auslastungsgrad ist hoch. Die Möglichkeiten der individuellen Geschwindigkeits- und Fahrstreifenwahl sind erheblich eingeschränkt. Der Verkehrszustand ist noch stabil.	
Stufe E	Die Kraftfahrzeuge bewegen sich weitgehend in Kolonnen. Der Auslastungsgrad ist sehr hoch. Bereits geringe oder kurzfristige Zunahmen der Verkehrsstärke können zu Staubildung und Stillstand führen. Es besteht die Gefahr eines Verkehrszusammenbruchs bei kleinen Unregelmäßigkeiten innerhalb des Verkehrsstroms. Der Verkehrszustand ist instabil. Die Kapazität der Richtungsfahrbahn wird erreicht.	
Stufe F	Das der Strecke zufließende Verkehrsaufkommen ist größer als die Kapazität. Der Verkehr bricht zusammen, d. h. es kommt stromaufwärts zu Stillstand und Stau im Wechsel mit Stop-and-go-Verkehr. Diese Situation löst sich erst nach einem deutlichen Rückgang der Verkehrsnachfrage wieder auf. Die Richtungsfahrbahn ist überlastet.	

Abbildung 48: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs gemäß HBS 2015 (FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015)

Die Tabelle 16 zeigt die Auslastung der Hauptfahrbahn je Szenario an den einzelnen Abschnitten vom Knoten Graz-West bis zur Anschlussstelle Wildon. Im Bestand 2022 sind die Abschnitte zwischen Knoten Graz-West und Anschlussstelle Schachenwald mit über 100% überlastet. Damit ist die in der Straßenverkehrsordnung (StVO 1960 in der aktuellen Fassung) geforderte Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs nicht mehr gewährleistet.

Die Auslastung in den südlich davon gelegenen Abschnitten ist über 95%. Gemäß HBS können bereits geringe oder kurzfristige Zunahmen der Verkehrsstärke zu Staubildung oder Stillstand führen. Der Zustand wird als instabil bezeichnet.

3 Jahre später – 2025 – im Jahr der Eröffnung der Koralmbahn wird die Auslastung weiter steigen. Auch der Abschnitt Anschlussstelle Schachenwald bis Anschlussstelle Kalsdorf ist in diesem Jahr mit 100% überlastet. Der Ausbau der A9 im Jahr 2025 führt aufgrund der um einen Fahrstreifen erhöhten Kapazität zu einem Verkehrsablauf der Qualitätsstufe C bis D. Der Verkehrszustand ist stabil.

In der Referenz 2040 ist die Überlastung (Qualitätsstufe F) auf allen Abschnitten gegeben. Die Auslastung am nördlichsten Abschnitt beträgt 108%. Auch Einschränkungen im mIV (Szenario 4), wie Reduktion der Geschwindigkeit, Erhöhung der mIV-Kosten und Einführung einer flächendeckenden Lkw-Maut reichen nicht aus, die Überlastungen auf einen stabilen und sicheren Verkehrsfluss zu reduzieren. Erst der Ausbau der A9 im Jahr 2040 führt zu einem stabilen Verkehrsfluss mit einer maximalen Auslastung von 78%. Die Kombination von A9 Ausbau und mIV-Einschränkungen reduziert die Auslastung weiter auf maximal 73%, was der Qualitätsstufe C entspricht.

Tabelle 16: Auslastung in % der Hauptfahrbahn A9 je Abschnitt

	ASt Knoten Graz-West - ASt Schwarzl See	ASt Schwarzl See - ASt Schachenwald	ASt Schachenwald - ASt Kalsdorf	ASt Kalsdorf - ASt Wundschuh	ASt Wundschuh - ASt Wildon
Bestand 2022	103%	101%	99%	95%	95%
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	103%	102%	100%	96%	95%
PF 2025 Szenario 2 (Fertigstellung Koralm + A9)	76%	75%	75%	73%	71%
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERE	108%	106%	105%	102%	102%
PF 2040 Szenario 4 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einsc	104%	102%	101%	100%	97%
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	78%	77%	78%	76%	73%
PF 2040 Szenario 6 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einsc	73%	72%	72%	70%	68%
PF 2040 Szenario 7 (ÖV-Zielfahrplan + PSFG)	98%	97%	96%	94%	91%

4.3. Modal Split

Der Modal Split bezieht sich auf die Verteilung der Verkehrsmittel, die Personen für ihre täglichen Fortbewegungen nutzen. Diese Aufteilung gibt Einblick in die Präferenzen und Gewohnheiten der Bevölkerung im Verkehrssektor. Der Modal Split umfasst im Regelfall die Transportmittel Pkw-Lenker, Pkw-Mitfahrer, ÖV, Fuß und Rad.

Die Angaben zum Modal Split beziehen sich auf das Planungsgebiet „Südkorridor“, welches den südlichen Teil des politischen Bezirks Graz-Umgebung und den Großteil des politischen Bezirks Leibnitz bis an die Grenze nach Slowenien umfasst. Ausgewertet wurden alle Wege aus dem definierten Planungsgebiet (Südkorridor), die ihre Quelle oder ihr Ziel im Stadtgebiet von Graz haben.

Tabelle 17 zeigt die prozentuelle Aufteilung der Wege nach dem Modus IV und ÖV. Es zeigt sich, dass der IV-Anteil bis zum Jahr 2040 (Referenzprognose Szenario 3) um 5%-Punkte zurückgeht. Dies ist vor allem auf den Ausbau der ÖV-Maßnahmen zurückzuführen. Durch den Ausbau der A9 mit dem dritten Fahrstreifen steigt der IV-Anteil um 0,4%-Punkte.

Tabelle 17: Auswertungen Modal Split, von/nach Planungsgebiet - Graz

von/nach		Modus	Bestand 2022	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6
Planungs- gebiet	Graz	IV	79.8%	77.4%	77.8%	74.8%	72.2%	75.2%	72.6%
		ÖV	20.2%	22.6%	22.2%	25.2%	27.8%	24.8%	27.4%

Der Bestandsfall 2022 umfasst für das Planungsgebiet Südkorridor rd. 64.000 Wege (IV: 51.100, ÖV: 12.900) und für die Prognose 2040 rd. 64.900 Wege (IV: 48.600 und ÖV: 16.400).

4.4. Verkehrsleistung und Fahrgastzahlen im ÖV

Die Fahrgastzahlen auf der Südbahn sowie die Personenverkehrsleistung im öffentlichen Verkehr im Planungsgebiet für den durchschnittlichen Werktag in den unterschiedlichen Prognoseszenarien werden in Tabelle 18 aufgelistet.

Tabelle 18: ÖV-Kennzahlen der Prognoseszenarien

		Modal Split von/nach Graz		Fahrgäste auf Südbahn/Werntag	Verkehrsleistung ÖV [Perskm]
		ÖV	IV		
Bestand	2022	20.2%	79.8%	12 900	461 900
Szenario 1 Fertigstellung Koralm	2025	22.6%	77.4%	16 900	520 200
Szenario 2 Fertigstellung Koralm inkl. A9 Ausbau	2025	22.2%	77.8%	16 600	505 000
Szenario 3 Referenz inkl. ÖV-Zielfahrplan	2040	25.2%	74.8%	20 000	571 400
Szenario 4 ÖV-ZFP mIV-Einschränkungen	2040	27.8%	72.2%	21 000	600 500
Szenario 5 ÖV-ZFP inkl. A9 Ausbau	2040	24.8%	75.2%	19 900	559 600
Szenario 6 ÖV-ZFP, mIV-Einsch. inkl. A9 Ausbau	2040	27.4%	72.6%	20 900	587 700

Es wird ersichtlich, dass durch das verbesserte Angebot auf der Südbahn durch den Bau der Koralmbahn die Fahrgastzahlen zwischen Graz und Spielfeld-Straß um 31% steigen. Der in Szenario 2 simulierte Ausbau der A9 führt zu keiner signifikanten Veränderung der Fahrgastzahlen. Im Szenario 3, das bereits den Zielfahrplan 2040 beinhaltet, steigt die ÖV-Nutzung weiter an und erreicht 20.000 Fahrgäste zwischen Graz und Spielfeld-Straß. Dieses Fahrgastaufkommen erhöht sich durch die einschränkenden Maßnahmen für den mIV in Szenario 4 nochmals auf 21.000 Fahrgäste. Durch den Ausbau der A9 in Szenario 5 sinken die Fahrgastzahlen minimal im Vergleich zu Szenario 3. Eine Kombination des A9-Ausbau und einschränkenden Maßnahmen führt mit dem Zielfahrplan 2040 zu keiner signifikanten Verringerung der Fahrgastzahlen aus Szenario 4.

4.5. Verkehrsleistung und Treibhausgase (THG) im mIV

Die klimaschädigende Wirkung des Verkehrs beruht auf der Verbrennung fossiler Kraftstoffe. Die Treibhausgase werden in CO₂-Äquivalenten gemessen und werden durch Umrechnung des Kraftstoffverbrauchs bestimmt. Der Kraftstoffverbrauch ergibt sich aus der Verkehrsleistung und der zugrunde gelegten Fahrzeugflotten. Die Verkehrsleistung und die CO₂-Emissionen wurden für den Abschnitt der Autobahn A9 von Graz Knoten-West bis ASt Wildon berechnet. Um eine mögliche Entlastung oder Mehrbelastung auf den Landesstraßen festzustellen, wurden auch hier die zwei Kenngrößen berechnet.

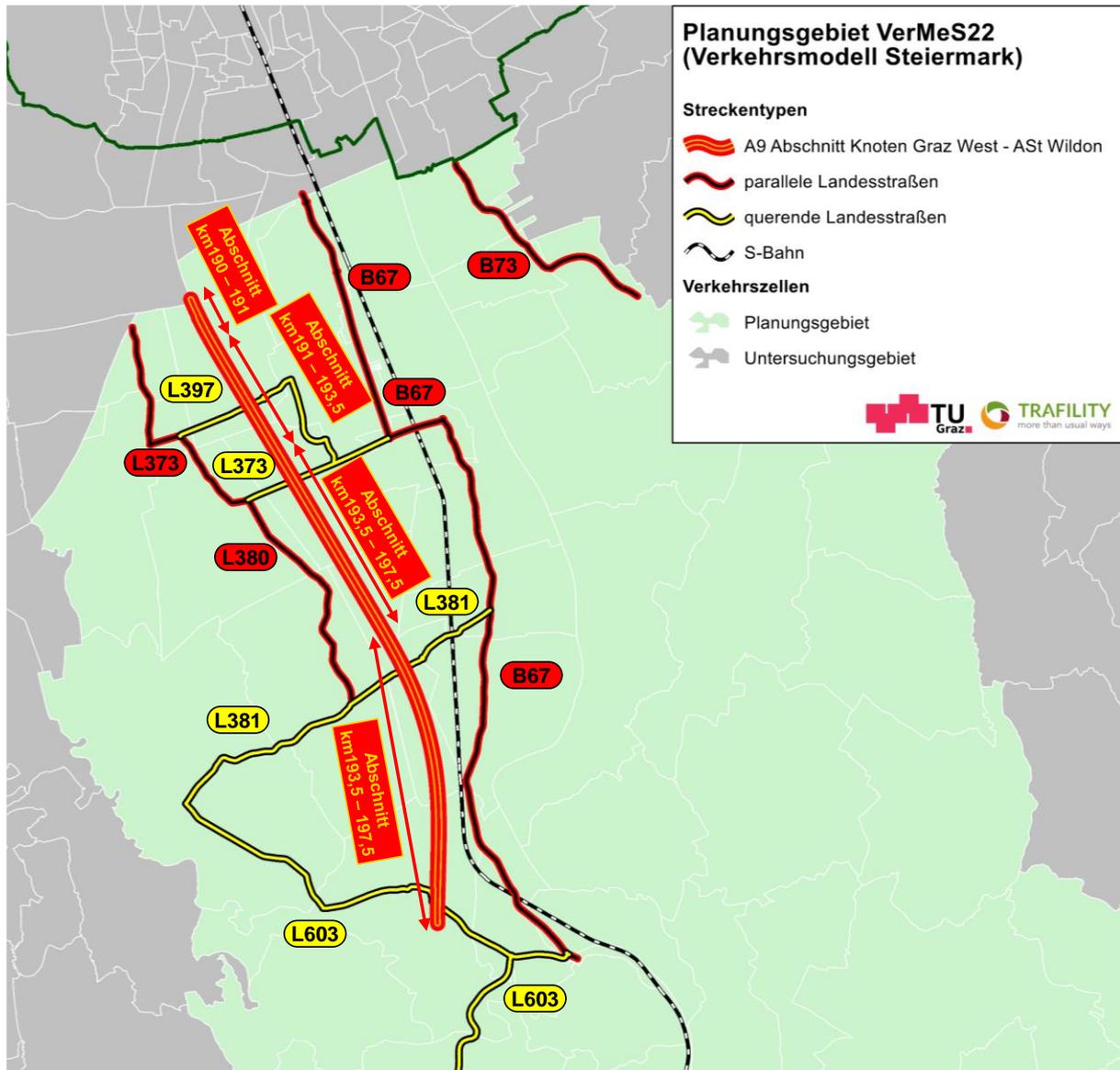


Abbildung 49: Streckentypen für die Berechnung der Verkehrsleistung und Treibhausgase

Die Landesstraßen wurden in zwei Kategorien unterteilt. Eine Kategorie für zur A9 parallel verlaufende Landesstraßen und eine für Landesstraßen, welche die A9 queren. Die Unterteilung der Landesstraßen in parallel und querend erfolgte auf Grund der Funktion der Straßen. Bei hoher Verkehrsleistung auf den parallel geführten Landesstraßen werden diese als Durchfahrtsstraßen genutzt und bilden eine ungewollte Alternative zur A9. Die querenden Landesstraßen haben neben ihrer lokalen Funktion auch die Funktion als Zubringerstraße zur Autobahn. Demnach sollte ein Anstieg der Verkehrsleistung auf der Autobahn auch zu einem Anstieg auf den querenden Landesstraßen führen. Die Verkehrsleistung je Kategorie (siehe Tabelle 21 und Tabelle 22) ist die Summe aller Belastungen (unterteilt zwischen Pkw und Lkw) multipliziert mit den jeweiligen Abschnittslängen. Das Gemeindestraßennetz wird nicht betrachtet, da der lokale Verkehr dem regionalen und überregionalem überwiegt.

Die Abbildung 49 zeigt die ausgewerteten Straßenabschnitte auf der Autobahn und im Landesstraßennetz. Es wurden jeweils beide Fahrtrichtungen analysiert. Die L373 wurde als einzige zwischen parallel und querend geteilt.

Tabelle 19: Annahmen der Emissionsberechnung 2022 und 2025

Emissionsberechnung [CO ₂]	Uhrzeit	2022	2025	
		Basis	Szenario 1	Szenario 2
Fahrzeugflotte	-	Interpolation 2020-2025 Gesamt Deutschland [4.1]	2025 Gesamt Deutschland [4.1]	
mIV-Einschränkungen	-	nein	nein	nein
dreistreifiger Ausbau	-	nein	nein	ja
A9 (Knoten Graz West - ASt Wildon)	Zeitraum 00h - 06h	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/130/fluessig
	Zeitraum 06h - 07h	Land/AB/130/gesaettigt	Land/AB/130/gesaettigt	Land/AB/130/dicht
	Zeitraum 07h - 08h	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]	
	Zeitraum 08h - 13h	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/130/fluessig
	Zeitraum 13h - 15h	Land/AB/130/gesaettigt	Land/AB/130/gesaettigt	Land/AB/130/dicht
	Zeitraum 15h - 18h	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]	
	Zeitraum 18h - 24h	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/130/fluessig
B67	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht	Agglo/HVS/50/dicht	Agglo/HVS/50/dicht
B73	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht
L373 (Nord - Süd)	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht	Agglo/HVS/50/dicht	Agglo/HVS/50/dicht
L380	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht
L373 (West - Ost)	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht
L603	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht	Agglo/HVS/50/dicht	Agglo/HVS/50/dicht
L381	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht
L397	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht

In Tabelle 19 sind die Annahmen der CO₂-Emissionsberechnung für die Jahre 2022 und 2025 zu entnehmen. Die Fahrzeugflotte, g/km [CO₂] (Pkw und Lkw) je Straßentyp und Verkehrszustand wurden aus der HBEFA 4.1 aus Deutschland übernommen (INFRAS, 2019). Die „deutsche“ Fahrzeugflotte ist der „österreichischen“ ähnlich und zudem geht es bei der CO₂-Emissionsberechnung primär um den Vergleich zwischen den Szenarien. Zur Übersichtlichkeit wird in Tabelle 19 und Tabelle 20 erneut angegeben, in welchen Szenarien mIV-Einschränkungen und in welchen ein dreistreifiger Ausbau der A9 angenommen wird.

Bei der Ermittlung der Umweltwirkungen des Verkehrs werden im Regelfall jene Annahmen aus einer sinnvollen und möglichen Bandbreite gewählt, die tendenziell zu schlechteren Ergebnissen führen. Damit soll sichergestellt werden, dass negative Folgewirkungen des Verkehrs nicht unterschätzt werden.

In der HBEFA Berechnung hängt die CO₂-Emissionsberechnung neben der Fahrzeugflotte und Straßentyp auch vom Verkehrszustand ab. Bei der Bestimmung des Verkehrszustandes mussten Vereinfachungen vorgenommen werden, da die Streckenbelastungen und Auslastungsgrade als durchschnittliche Tageswerte und nicht stundenspezifisch ermittelt wurden, obwohl die Streckenauslastungen über den Tag variieren. Im Landesstraßennetz wurde für die gesamten 24 Stunden der Verkehrszustand „dicht“ angenommen. Auch bei einem Ausbau der Autobahn A9 und einer erwarteten Verkehrsentlastung der parallel geführten Landesstraßen wurde der Verkehrszustand im Landesstraßennetz nicht verändert. Aufgrund des nicht-linearen Verlaufs des Kraftstoffverbrauchs in Abhängigkeit der Streckenauslastung unterscheiden sich die Verbrauchswerte des freien und dichten Verkehrs deutlich weniger als dies bei stärker gestauten Verkehrszuständen der Fall ist. Bei mIV-Einschränkungen wird der Straßentyp auf Grund von Kapazitäts- und Geschwindigkeitsreduktionen verändert. Der Straßentyp der Landesstraßen B73, L380 und L397 werden nicht verändert, da der Überlandanteil überwiegt und mit keinen Einschränkungen zu rechnen ist. Auf der Autobahn bedeuten die mIV-Einschränkungen, dass sich der Straßentyp je Geschwindigkeit von 130 km/h auf 100 km/h reduziert.

Die CO₂-Emissionen auf der Autobahn wurden stundenfein berechnet, wobei anhand von Ganglinien aus dem Jahr 2019 (siehe Kapitel 2.2.3) und der errechneten Spitzenbelastung aus dem Verkehrsnachfragemodell unterschiedliche Tageszeiten mit unterschiedlichen Verkehrszuständen geschlossen wurde. Die Verkehrszustände und Straßentypen unterscheiden sich zwischen den Szenarien je nachdem, ob mIV-Einschränkungen, ein dreistreifiger Ausbau oder die Pannestreifenfreigabe angenommen wurde.

Dieser nicht-linearen Berechnungsmethodik folgend, wurde beim Ausbau der A9 der Straßentyp immer mit 130 km/h angenommen – unabhängig von der Geschwindigkeitsreduktion auf Grund des IG-L. Der Verkehrszustand ändert sich wegen der Erhöhung der Kapazität und dadurch geringeren Auslastung auf die Verkehrszustände dicht (ohne Ausbau gesättigt bzw. Mittelwert aus gesättigt und „Stop and go“).

Die Vereinfachungen bei der Umrechnung der Tagesbelastungen in Stundenwerte bei der CO₂-Emissionsberechnung führt tendenziell zu einer Überschätzung der Emissionen auf der Autobahn in den Szenarien 5 und 7, so dass die möglichen CO₂-Gewinne aufgrund der verwendeten Methodik eher unterschätzt werden.

Tabelle 20: Annahmen der Emissionsberechnung 2040

Emissionsberechnung [CO ₂]	Uhrzeit	2040			
		Szenario 3	Szenario 4	Szenario 5	Szenario 6
Fahrzeugflotte	-	2040 Gesamt Deutschland [4.1]			
mIV-Einschränkungen	-	nein	ja	nein	ja
dreistreifiger Ausbau	-	nein	nein	ja	ja
A9 (Knoten Graz West - ASt Wildon)	Zeitraum 00h - 06h	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/100/fluessig	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/100/fluessig
	Zeitraum 06h - 07h	Land/AB/130/gesaettigt	Land/AB/100/gesaettigt	Land/AB/130/dicht	Land/AB/100/dicht
	Zeitraum 07h - 08h	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]		
	Zeitraum 08h - 13h	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/100/fluessig	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/100/fluessig
	Zeitraum 13h - 15h	Land/AB/130/gesaettigt	Land/AB/100/gesaettigt	Land/AB/130/dicht	Land/AB/100/dicht
	Zeitraum 15h - 18h	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]	Mittelwert aus [Land/AB/100/gesaettigt; Land/AB/100/stop+go]		
	Zeitraum 18h - 24h	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/100/fluessig	Land/AB/130/fluessig	Land/AB/100/fluessig
B67	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht	Land/Erschliessung/40/dicht	Agglo/HVS/50/dicht	Land/Erschliessung/40/dicht
B73	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/70/dicht
L373 (Nord - Süd)	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht	Land/Erschliessung/40/dicht	Agglo/HVS/50/dicht	Land/Erschliessung/40/dicht
L380	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht
L373 (West - Ost)	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/50/dicht
L603	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht	Land/Erschliessung/40/dicht	Agglo/HVS/50/dicht	Land/Erschliessung/40/dicht
L381	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/70/dicht	Land/HVS/50/dicht
L397	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht	Land/HVS/50/dicht

Die Tabelle 20 zeigt die Annahmen für die CO₂-Emissionsberechnung für die Szenarien im Jahr 2040. Die Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse der Verkehrsleistungs- und CO₂-Emissionsberechnung des Basisfalls, Szenarios 1, Szenarios 2 und Szenarios 3. Es ist ersichtlich, dass die Verkehrsleistung auf der Autobahn (ohne Ausbau der A9) bis 2025 und 2040 stagniert.

Tabelle 21: Ergebnisse der Verkehrsleistungsberechnung und der CO₂-Emissionsberechnung (Teil 1/2)

Abschnitt	Basisfall (2022)				Szenario 1 (2025)				Szenario 2 (2025)				Szenario 3 (2040)			
	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]
A9 km190-191	58	11	70	39	58	12	70	38	70	13	83	20	52	17	69	27
A9 km191-193,5	135	25	160	52	134	26	160	51	165	28	194	45	119	37	156	35
A9 km193,5-197,5	217	36	253	66	216	37	253	65	273	42	315	71	194	55	249	44
A9 km197,5-202	264	40	304	75	264	42	306	73	318	46	364	80	243	65	308	49
B67	86	13	100	28	88	14	102	28	71	12	83	23	89	19	108	19
B73	47	2	49	8	47	2	49	8	47	2	48	8	40	3	43	5
L373 (N-S)	19	0	20	3	20	0	20	3	16	0	16	3	23	0	23	2
L380	11	1	12	3	11	1	12	3	9	0	9	2	12	1	14	2
L603	58	5	63	15	59	5	64	15	59	5	63	14	54	10	64	10
L373 (W-O)	23	4	27	6	23	4	28	6	24	4	28	6	24	6	30	4
L381	47	3	50	9	46	3	49	9	59	3	62	10	39	4	43	5
L397	7	1	9	2	8	1	9	2	10	1	12	2	8	2	10	1
Autobahn	675	112	787	232	671	117	788	226	827	129	956	216	608	175	782	155
parallele Landesstr.	164	17	181	43	166	18	184	42	142	14	157	35	165	24	188	28
querende Landesstr.	136	13	149	32	135	14	149	32	152	13	165	33	125	22	147	21

Gleiches gilt für die Landesstraßen, wobei sich bis 2040 Verkehr von der Autobahn auf die parallelen Landesstraßen verlagert. Bei der fiktiven Annahme, dass die Autobahn A9 bis 2025

ausgebaut wird, ist zu sehen, dass sich Verkehr von den parallelen Landesstraßen über die querenden auf die Autobahn verlagert. In Summe kommt es zu mehr Verkehrsleistung. Jedoch führt dieser Ausbau nicht zu mehr CO₂-Emissionen. Die CO₂-Emissionen nehmen auf der Autobahn sowie auf den parallelen Landesstraßen ab. Auf den querenden Landesstraßen stagnieren sie. Gegenüber dem Basisfall sinken die Gesamtemissionen aufgrund

- flüssigerer Verkehr auf der Autobahn wegen des Ausbaus der A9 und
- einer moderneren Fahrzeugflotte bis 2025.

Im Szenario 3 sinken die CO₂-Emissionen weiter. Dies liegt einerseits

- am massiven ÖV-Ausbau (siehe Kapitel 3.4.3 bis Kapitel 3.5.2) und
- einer moderneren Fahrzeugflotte bis 2040.

In Szenario 3 können bezogen auf das Szenario 1 rund ein Drittel der CO₂-Emissionen eingespart werden.

Tabelle 22: Ergebnisse der Verkehrsleistungsberechnung und der CO₂-Emissionsberechnung (Teil 2/2)

Abschnitt	Szenario 3 (2040)				Szenario 4 (2040)				Szenario 5 (2040)				Szenario 6 (2040)			
	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]
A9 km190-191	52	17	69	27	48	17	65	11	65	19	84	13	59	18	77	11
A9 km191-193,5	119	37	156	35	110	37	147	25	154	41	195	30	137	40	177	25
A9 km193,5-197,5	194	55	249	44	173	58	232	40	253	63	316	48	221	62	283	39
A9 km197,5-202	243	65	308	49	212	66	278	47	292	73	365	56	259	70	329	45
B67	89	19	108	19	68	12	79	12	74	17	91	16	58	10	68	11
B73	40	3	43	5	39	3	41	4	40	2	43	5	38	2	41	4
L373 (N-S)	23	0	23	2	16	0	16	2	17	0	18	2	12	0	12	1
L380	12	1	14	2	9	0	9	1	8	0	9	1	6	0	6	1
L603	54	10	64	10	48	7	55	8	56	8	63	9	49	6	55	8
L373 (W-O)	24	6	30	4	18	4	22	3	25	6	31	4	16	5	21	3
L381	39	4	43	5	32	3	36	4	56	4	59	6	42	3	46	5
L397	8	2	10	1	8	2	10	1	11	2	13	2	12	2	14	2
Autobahn	608	175	782	155	543	179	722	123	764	196	960	147	675	189	865	119
parallele Landesstr.	165	24	188	28	131	14	146	19	140	20	160	23	114	13	127	17
querende Landesstr.	125	22	147	21	106	16	122	17	148	19	166	22	120	16	136	18

Die Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse der Verkehrsleistungs- und CO₂-Emissionsberechnung des Szenarios 3 (erneut), Szenarios 4, Szenarios 5 und Szenarios 6. Es ist ersichtlich, dass in Szenario 4 die geringste Verkehrsleistung anfällt, jedoch nicht die geringsten CO₂-Emissionen. Die geringsten CO₂-Emissionen sind in Szenario 6 zu finden, da hier auf Grund des Ausbaus der A9 der Verkehr flüssiger ist und gleichzeitig die mIV-Einschränkungen wirken. Szenario 5 stellt im Verhältnis zum Szenario 3 eine Verbesserung bezogen auf die CO₂-Emissionen dar, da trotz mehr Verkehrsleistung der Verkehr flüssiger ist. Zudem ist die Verkehrsleistung auf

den parallelen Landesstraßen geringer, was eine Verlagerung des Verkehrs auf die Autobahn bedeutet.

Tabelle 23: Vergleich der CO₂-Emissionen bezogen auf Szenario 1

Planfälle	Vergleich der CO ₂ -Emissionen zu Szenario 1 (2025)			Gesamt
	A9 km190-202	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen	
Basisfall (2022)	+2%	+2%	+2%	+2%
Szenario 1 (2025)	0%	0%	0%	0%
Szenario 2 (2025)	-5%	-16%	+3%	-6%
Szenario 3 (2040)	-32%	-34%	-32%	-32%
Szenario 4 (2040)	-46%	-53%	-46%	-47%
Szenario 5 (2040)	-35%	-44%	-31%	-36%
Szenario 6 (2040)	-47%	-59%	-42%	-48%

Die Tabelle 23 zeigt den Vergleich der CO₂-Emissionen bezogen auf das Szenario 1. Das Szenario 1 wurde deshalb als Referenz gewählt, da dadurch gezeigt werden kann, wie viel CO₂-Emissionen bis 2040 auf Grund des massiven ÖV-Ausbaus und einer moderneren Fahrzeugflotte reduziert werden. Die Qualität des Vergleichs unter den Szenarien im Jahr 2040 geht dadurch nicht verloren, da die Unterschiede weiterhin sichtbar sind.

Die Ergebnisse der Verkehrsleistungs- und CO₂-Emissionsberechnung lassen folgende Schlüsse zu:

- Bis 2040 werden die CO₂-Emissionen auf Grund einer moderneren Fahrzeugflotte und dem massiven ÖV-Ausbau um ein Drittel sinken.
- Das Szenario 6 (Ausbau der A9 und mIV-Einschränkungen) reduziert die CO₂-Emissionen am meisten.
- Der Ausbau der Autobahn A9 bewirkt eine Verlagerung der Verkehrsleistung von den parallel geführten Landesstraßen auf die Autobahn.
- Die mIV-Einschränkungen sind ein großer Hebel zur Reduktion der Verkehrsleistung und den CO₂-Emissionen.

4.6. Untersuchung einer Pannenstreifenfreigabe

Ergänzend zu den 6 Szenarien wird in der Untersuchung geprüft, ob eine Pannenstreifenfreigabe als temporäre Kapazitätserweiterung in den Spitzenstunden einen leistungsfähigen und sicheren Autobahnabschnitt zwischen Knoten Graz West und Anschlussstelle Wildon gewährleisten kann.

4.6.1. Berechnungsmethodik der temporären Pannenstreifenfreigaben

Methodisch wurde bei der Pannenstreifenfreigabe abweichend zu den anderen 6 Szenarien ein vereinfachter Ansatz gewählt. Da die Pannenstreifenfreigabe keine dauerhafte Kapazitätserweiterung darstellt, sondern lediglich temporär bei Überlastung den Pannenstreifen als zusätzlichen Fahrstreifen freigibt, wird von einem ähnlichen

Verkehrverhalten wie ohne Pannenstreifenfreigabe ausgegangen. Das bedeutet, dass die Nachfragematrizen des mIV und ÖV aus der Referenzfall 2040 Szenario 3 übernommen werden. Die temporäre Pannenstreifenfreigabe wird durch eine 50%-ige Kapazitätserhöhung des Streckenwiderstands pro Fahrstreifen modelliert. Die temporäre Nutzung eines Pannenstreifen bringt nicht den gleichen Kapazitätsgewinn wie ein zusätzlicher Fahrstreifen. Dies wird auch im HBS im Abschnitt zu Temporären Seitenstreifennutzung bestätigt (FGSV, 2015) Im Szenario mit temporäre Pannenstreifenfreigabe wurde die Nachfrage des Referenzfalls 2040 Szenario 3 auf das erweiterte Verkehrsangebot (A9 mit erhöhter Streckenkapazität) ohne Verkehrsmittelwahländerung umgelegt.

4.6.2. Verkehrsbelastung und Auslastung der Pannenstreifenfreigabe

Folgende Aussagen können aus diesem Szenario abgeleitet werden: Die Verkehrsbelastung (siehe Tabelle 24) auf dem nördlichsten Abschnitt liegt bei 89.200 Kfz/24h, davon 19.300 Lkw/24h. Das entspricht einem Lkw-Anteil von rund 22%. Die Verkehrsbelastungen sind in Bezug auf den Tagesverkehr bei der Pannenstreifenfreigabe gegenüber dem Vollausbau im Beurteilungsabschnitt um rd. 5% geringer, wohingegen der Lkw stabil bleibt.

Tabelle 24: Verkehrsbelastungen Pannenstreifenfreigabe im DTVw am hochrangigen Straßennetz

PF 2040 Szenario 7 (ÖV-Zielfahrplan + PSFG)	ASt Knoten Graz-West - ASt Schwarzl See	ASt Schwarzl See - ASt Schachenwald	ASt Schachenwald - ASt Kalsdorf	ASt Kalsdorf - ASt Wundschuh	ASt Wundschuh - ASt Wildon
Kfz/24h	89 200	88 600	83 200	76 800	67 800
Lkw/24h	19 300	19 300	17 700	16 200	13 600

Die temporäre Pannenstreifenfreigabe in Verkehrsspitzen ergibt in allen Beurteilungsabschnitten durchwegs eine rechnerische Auslastung von knapp unter 100%. Tabelle 25 zeigt die Auslastungen auf der A9 Pyhrn Autobahn. Auf allen untersuchten Abschnitten liegt die Qualitätsstufe E vor, was einem instabilen Verkehrszustand entspricht.

Tabelle 25: Auslastung in % der Hauptfahrbahn A9 je Abschnitt

PF 2040 Szenario 7 (ÖV-Zielfahrplan + PSFG)	ASt Knoten Graz-West - ASt Schwarzl See	ASt Schwarzl See - ASt Schachenwald	ASt Schachenwald - ASt Kalsdorf	ASt Kalsdorf - ASt Wundschuh	ASt Wundschuh - ASt Wildon
	98%	97%	96%	94%	91%

4.6.3. Verkehrsleistung und Treibhausgase im mIV der Pannestreifenfreigabe

Bei dem Szenario 7 (Pannestreifenfreigabe) wird auf der Autobahn statt dem Verkehrszustand dicht (Szenario 5 und 6), der Verkehrszustand gesättigt angenommen. Damit ist der Verkehr gegenüber dem Szenario 3 flüssiger, aber nicht so flüssig, wie in Szenario 5 und 6. Zudem folgt die Berechnung der Überlegung, dass die zugelassene Höchstgeschwindigkeit bei einer Pannestreifenfreigabe maximal 100 km/h beträgt.

Tabelle 26: Annahmen der Emissionsberechnung für Szenario 7

Emissionsberechnung [CO ₂]	2040	
	Uhrzeit	Szenario 7
Fahrzeugflotte	-	2040 Gesamt Deutschland [4.1]
mIV-Einschränkungen	-	z.T. (100 km/h bei Pannestreifenfreigabe)
dreistreifiger Ausbau	-	z.T. (Pannestreifenfreigabe)
A9 (Knoten Graz West - ASt Wildon)	Zeitraum 00h - 06h	Land/AB/130/fluessig
	Zeitraum 06h - 07h	Land/AB/100/gesaettigt
	Zeitraum 07h - 08h	
	Zeitraum 08h - 13h	Land/AB/130/fluessig
	Zeitraum 13h - 15h	Land/AB/100/gesaettigt
	Zeitraum 15h - 18h	
	Zeitraum 18h - 24h	Land/AB/130/fluessig
B67	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht
B73	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht
L373 (Nord - Süd)	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht
L380	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/50/dicht
L373 (West - Ost)	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht
L603	Zeitraum 00h - 24h	Agglo/HVS/50/dicht
L381	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/70/dicht
L397	Zeitraum 00h - 24h	Land/HVS/50/dicht

Tabelle 27: Ergebnisse der Verkehrsleistungsberechnung und der CO₂-Emissionsberechnung für Szenario 7

Abschnitt	Szenario 7 (2040)			
	Fz-km Pkw [in tsd.]	Fz-km Lkw [in tsd.]	Fz-km gesamt [in tsd.]	CO ₂ [in t/d]
A9 km190-191	61	19	80	13
A9 km191-193,5	142	41	183	29
A9 km193,5-197,5	231	63	294	46
A9 km197,5-202	270	73	343	54
B67	74	17	91	16
B73	40	3	43	5
L373 (N-S)	17	0	17	2
L380	8	0	8	1
L603	55	8	63	9
L373 (W-O)	24	6	29	4
L381	53	4	57	6
L397	10	2	12	2
Autobahn	704	197	901	141
parallele Landesstr.	139	20	159	23
querende Landesstr.	142	19	161	21

Die Ergebnisse für Planfall 2040 Szenario 7 PSFG bewegen sich in Hinblick auf die Verkehrsleistung mit in Summe 1,221 Mio. Fzg-km/24h und in Summe 185 Tonnen CO₂-Emissionen pro Tag zwischen den Ergebnissen des Referenzplanfalls 2040 ohne Ausbau der A9 und dem Planfall 2040 Szenario 6 mit mIV-Einschränkungen und mit einem Ausbau der A9.

Tabelle 28 zeigt einen relativen Vergleich der CO₂-Emissionen zwischen dem Planfall 2040 Szenario 7 PSFG und dem Planfall 2040 Szenario 3 ohne Ausbau der A9. Die deutlichen Reduktionen bis zum Jahr 2040 sind jedoch hauptsächlich auf die veränderte Fahrzeugflotte mit einem deutlich niedrigeren Anteil an Verbrennungsmotoren im Jahr 2040 zurückzuführen.

Tabelle 28: Vergleich der CO₂-Emissionen des Szenarios 7 bezogen auf Szenario 3

Planfälle	Vergleich der CO ₂ -Emissionen zu Szenario 3 (2040)			Gesamt
	A9 km190-202	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen	
Szenario 3 (2040)	0%	0%	0%	0%
Szenario 7 (2040)	-9%	-15%	0%	-9%

4.6.4. Zusammenfassung temporäre Pannestreifenfreigabe

Durch die Modellrechnung Planfall 2040 Szenario 7 PSFG zeigt sich, dass die temporäre Pannestreifenfreigabe die Situation im Verkehrsablauf gegenüber dem Referenzfall 2040 ohne A9-Ausbau verbessert. Dennoch liegen die rechnerischen Auslastungsgrade in den einzelnen Abschnitten der A9 im Bereich zwischen 91% bis 98%, wodurch durchwegs die Qualitätsstufe E gemäß HBS gegeben ist. Damit reicht die Pannestreifenfreigabe als

Maßnahme nicht aus um die Leichtigkeit, Sicherheit und Flüssigkeit des Verkehrs zu gewährleisten.

Neben der Analyse der zu erwartenden Verkehrsbelastungen und der damit verbundenen verkehrstechnischen Beurteilung der Leistungsfähigkeit sind jedoch noch weitere Aspekte bezüglich Umsetzung einer temporären Pannenstreifenfreigabe zu beachten:

- Bei einer temporären Pannenstreifenfreigabe ist eine Aufdoppelung der Fahrstreifen im Bereich der Anschlussstellen erforderlich. Das heißt, es sind die Anschlussstellen voll funktionsfähig mit den zusätzlichen Fahrstreifen auszubilden, damit die Anschlüsse sowohl ohne als auch mit freigegebenem Fahrstreifen sicher befahrbar sind.
- Die Pannenstreifen selbst müssen ebenso den Kriterien eines vollwertigen Fahrstreifens entsprechen, damit sie auch von Lkw genutzt werden können.
- Die temporäre Freigabe der Pannenstreifen erfordert die Einbindung in das Verkehrsmanagementsystem und die entsprechende verkehrstechnische Ausstattung für die temporäre Freigabe. Vor allem die Kontrolle der Pannenstreifen ist enorm wichtig, weil vor der Freigabe eines Pannenstreifens gewährleistet sein muss, dass sich dort kein Fahrzeug (mit Panne) aufhält.
- Jeder erzwungene Fahrstreifenwechsel z.B. am Ende des Abschnittes mit der Pannenstreifenfreigabe stellt eine Unstetigkeitsstelle für den Verkehrsfluss dar. Dieser Umstand in Kombination mit sehr kurzen Abständen der Anschlussstellen entlang der A9 erfordern detaillierte verkehrstechnische Untersuchungen bezüglich einer sicheren Verkehrsführung, die in der Form den Umfang dieser Untersuchung sprengen würden.

4.7. Zusammenfassung

Hinweis zu den ausgewiesenen Ergebnissen

Nachfolgend werden die wesentlichen Ergebnisse und Erkenntnisse für jeden Planfall kurz zusammengefasst. Alle Werte sind auf eine sinnvolle Dezimalstelle gerundet. Die angegebenen Verkehrsbelastungen stellen durchschnittliche Werktagverkehrsstärken auf der A9 Pyhrn Autobahn für den Abschnitt Knoten Graz-West bis ASt Schwarzlsee dar und beziehen sich auf den Gesamtquerschnitt beider Richtungsfahrbahnen. Die rechnerischen Auslastungsgrade beziehen sich immer auf die höchst ausgelastete Richtungsfahrbahn desselben Abschnittes. Die Angaben zum Modal Split beziehen sich auf das Planungsgebiet „Südkorridor“, welches den südlichen Teil des politischen Bezirks Graz-Umgebung und den Großteil des politischen Bezirks Leibnitz bis an die Grenze nach Slowenien umfasst. Ausgewertet wurden alle Wege aus diesem Südkorridor, die ihre Quelle oder ihr Ziel im Stadtgebiet von Graz haben. Das umfasst für den Bestandsfall 2022 rund 64.000 Wege und für die Prognose im Referenzfall 2040 rund 64.900 Wege, wobei für das Jahr 2040 eine Verschiebung der Wohnbevölkerung zu weniger mobilen Personengruppen wie z.B. Pensionist:innen ohne Pkw-Verfügbarkeit berücksichtigt wurde. In Hinblick auf die Einschätzung der Umweltwirkungen der Maßnahmen wurden zusätzlich die Fahrleistung im

Kfz-Verkehr (Pkw und Lkw) im Südkorridor getrennt nach Straßenkategorien und die entsprechenden CO₂-Emissionen ermittelt.

Bestandsfall 2022

Im Bestand 2022 weist die A9 einen DTV_w von 78.600 Kfz/24h und davon 11.800 Lkw/24h auf, was einem Lkw-Anteil von 15% entspricht. Die Leistungsfähigkeitsberechnungen ergeben eine Auslastung von 103%, womit eine deutliche Überlastung des Straßenabschnittes einhergeht. Damit ist die in der Straßenverkehrsordnung (StVO 1960 in der aktuellen Fassung) geforderte Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs nicht mehr gewährleistet.

Für die Wege von/nach Graz beträgt der ÖV-Anteil 20,2% und der mIV-Anteil 79,8%. Beachtenswert ist außerdem, dass 56% dieser Pkw-Wege über die Autobahn verläuft.

Tabelle 29: Auswertungen für den Bestandsplanfall 2022

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
Bestand 2022	78 600 Kfz davon 11 800 Lkw	15.0%	103%	20.2%	79.8%	787 tsd. Fz-km 232 to CO ₂	181 tsd. Fz-km 43 to CO ₂	149 tsd. Fz-km 32 to CO ₂

Planfall 2025 Szenario 1: Eröffnung Koralmbahn

Im Planfall 2025 mit der Eröffnung der Koralmbahn ohne mIV-Maßnahmen steigt die Verkehrsbelastung auf der A9 nur geringfügig um rund 200 Kfz/24h. Allerdings erhöht sich die Lkw-Belastung um 600 Lkw auf 12.400 Lkw/24h, womit sich der Lkw-Anteil auf 15,7% erhöht.

Tabelle 30: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2025 – Eröffnung Koralmbahn

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
Bestand 2022	78 600 Kfz davon 11 800 Lkw	15.0%	103%	20.2%	79.8%	787 tsd. Fz-km 232 to CO ₂	181 tsd. Fz-km 43 to CO ₂	149 tsd. Fz-km 32 to CO ₂
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	78 800 Kfz davon 12 400 Lkw	15.7%	103%	22.6%	77.4%	788 tsd. Fz-km 226 to CO ₂	184 tsd. Fz-km 42 to CO ₂	149 tsd. Fz-km 32 to CO ₂
Veränderung durch Koralmusbau	+200 Kfz davon +600 Lkw	+ 0.7%	+ 0%	+2.4%	-2.4%	+1 tsd. Fz-km -6 to CO ₂	+3 tsd. Fz-km -1 to CO ₂	+0 tsd. Fz-km +0 to CO ₂

Durch die Eröffnung der Koralmbahn erfolgt eine Verlagerung im Modal Split vom mIV auf den ÖV um 2,4%-Punkte. Wie die gleichbleibenden Belastungen auf der A9 jedoch zeigen, wird dieser positive Verlagerungseffekt durch die generellen Verkehrszunahmen im mIV praktisch völlig kompensiert. Dadurch ergibt sich wie im Bestandsfall eine rechnerische Auslastung auf der A9 von 103% und die Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs ist nicht gewährleistet. Aufgrund der zunehmenden Wegezanzahl in der Prognose 2025 gegenüber dem Bestand, verändert sich trotz Verlagerung auf den ÖV die Fahrleistung im Kfz-Verkehr fast nicht. Der alleinige Ausbau der Koralmbahn inkl. Begleitmaßnahmen kann also die Überlastungssituation der A9 nicht ausreichend verbessern.

Planfall 2025 Szenario 2: Eröffnung Koralmbahn inkl. A9 Ausbau

Mit dem zusätzlichen Ausbau der A9 in dem Planfall 2025 inkl. Eröffnung Koralmbahn steigt die Verkehrsbelastung auf der A9 zwischen Knoten Graz-West und ASt Schwarzlsee auf 94.000 Kfz/24h und davon 13.300 Lkw/24h an, was einem Lkw-Anteil von 15,7% entspricht. Dieser Anstieg ist sowohl im Pkw- als auch Lkw-Verkehr zum überwiegenden Teil auf die Entlastungswirkung des untergeordneten Gemeinde- und Landesstraßennetzes zurückzuführen. Von den 14.300 zusätzlichen Pkw-Fahrten auf der Autobahn zwischen PF2025 Szenario 1 und Szenario 2 sind allerdings nur ein geringer Anteil an neuen Pkw-Fahrten dem induzierten Verkehr zuzuschreiben.

Durch die erhöhte Kapazität auf Grund des dritten Fahrstreifens sinkt die rechnerische Auslastung auf 76%, was der Qualitätsstufe D des Verkehrsablaufes gemäß HBS entspricht. Damit ist die Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs wieder gewährleistet.

Tabelle 31: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2025 – Eröffnung Koralmbahn inkl. A9 Ausbau

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	78 800 Kfz davon 12 400 Lkw	15.8%	103%	22.6%	77.4%	788 tsd. Fz-km 226 to CO ₂	184 tsd. Fz-km 42 to CO ₂	149 tsd. Fz-km 32 to CO ₂
PF 2025 Szenario 2 (Fertigstellung Koralm + A9)	94 000 Kfz davon 13 300 Lkw	15.7%	76%	22.2%	77.8%	956 tsd. Fz-km 216 to CO ₂	157 tsd. Fz-km 35 to CO ₂	165 tsd. Fz-km 33 to CO ₂
Veränderung durch A9 Ausbau	+15 200 Kfz davon +900 Lkw	-0.1%	-27%	-0.4%	-0.4%	+168 tsd. Fz-km -10 to CO ₂	-27 tsd. Fz-km -7 to CO ₂	+16 tsd. Fz-km +1 to CO ₂

Der Modal Split verschiebt sich vom ÖV zum mIV um 0,4%-Punkte. Auf der Autobahn steigt die Fahrleistung deutlich und die parallel führenden Landes- und Gemeindestraßennetze werden entsprechend entlastet. Auf den querenden Landesstraßen erhöht sich die Fahrleistung, weil diese Landesstraßen als Zubringerstrecken zur Autobahn dienen. Auf Grund des homogeneren Verkehrsablaufes auf der Autobahn wird der CO₂ Ausstoß von in Summe 300 Tonnen CO₂/24h im Szenario 1 auf in Summe 284 Tonnen CO₂/24h in Szenario 2 reduziert.

Referenzplanfall 2040 Szenario 3: ÖV-Zielfahrplan

Neben der Nachfrageprognose für das Jahr 2040 wurden für den Referenzplanfall eine Reihe von Sowieso-Maßnahmen im Untersuchungsgebiet angenommen, die vor allem auf eine deutliche Verbesserung des ÖV-Angebots abzielen. Das Maßnahmenbündel wurde als „ÖV-Zielfahrplan“ bezeichnet und umfasst diese Maßnahmen:

- Inbetriebnahme der Koralmbahn
- 2-gleisiger Ausbau der Südbahn inkl. Taktverdichtungen
- Verbesserungen des S-Bahnangebotes inklusive Elektrifizierung der GKB-Strecke und Ausbau und Elektrifizierung der Ostbahn
- Verbesserungen im ÖV-Stadtverkehr in Graz (Bus und Straßenbahn)

- Verbesserungen im regionalen Busverkehr.

Das Angebot für den mIV wurde entsprechend Kapitel 3.3 zum Bestandsplanfall ergänzt.

Tabelle 32 zeigt die Zusammenfassung der Ergebnisse der Modellrechnung im Vergleich zum Bestandsfall 2022. Im Planfall 2040 ÖV-Zielfahrplan weist die A9 einen DTVw von 77.100 Kfz/24h und davon 17.700 Lkw/24h auf, was einem Lkw-Anteil von 23% entspricht. Beachtenswert ist dabei, dass die Ergebnisse einen deutlichen Rückgang im Pkw-Verkehr ausweisen, was sich auch in der Verbesserung des Modal Split um +5,0% zu Gunsten des ÖV zeigt. Dem gegenüber steht der deutliche Zuwachs im Lkw-Verkehr, der den Annahmen zur zukünftigen Bebauung der vielen Potenzialflächen für Gewerbe und Industrie geschuldet ist.

Die Leistungsfähigkeitsberechnungen ergeben eine Auslastung von 108%, womit eine deutliche Überlastung des Beurteilungsabschnittes einhergeht. Die rechnerische Überlastung in dieser Größenordnung deutet darauf hin, dass mit massiven Einschränkungen im mIV und täglichem Stau über mehrere Stunden hinweg zu rechnen wäre.

Tabelle 32: Auswertungen für die Referenzprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
Bestand 2022	78 600 Kfz davon 11 800 Lkw	15.0%	103%	20.2%	79.8%	787 tsd. Fz-km 232 to CO ₂	181 tsd. Fz-km 43 to CO ₂	149 tsd. Fz-km 32 to CO ₂
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	77 100 Kfz davon 17 700 Lkw	23.0%	108%	25.2%	74.8%	782 tsd. Fz-km 155 to CO ₂	188 tsd. Fz-km 28 to CO ₂	147 tsd. Fz-km 21 to CO ₂
Veränderung Referenz zu Bestand	-1 500 Kfz davon +5 900 Lkw	+8%	+5%	-5.0%	-5.0%	-5 tsd. Fz-km -77 to CO ₂	7 tsd. Fz-km -15 to CO ₂	-2 tsd. Fz-km -11 to CO ₂

Bei der Fahrleistung des Kfz-Verkehr ergibt sich für die Summenwerte auf allen analysierten Straßenkategorien eine geringe Veränderung zum Bestandsfall. Dabei gleichen sich die Abnahmen im Pkw-Verkehr mit den Zunahmen im Lkw-Verkehr in etwa aus. Lediglich die CO₂-Emission können von in Summe 307 Tonnen CO₂/24h im Bestandsfall auf in Summe 204 Tonnen CO₂/24h in Szenario 3 reduziert werden. Die Ursache liegt dabei in den Änderungen der Fahrzeugflotte des Jahres 2040, wo vor allem im Pkw-Verkehr deutlich weniger Verbrennungsmotoren auf der Straße sein werden als im Bestandsfall.

Planfall 2040 Szenario 4: ÖV-Zielfahrplan und mIV-Einschränkungen

Im Planfall 2040 Szenario 4 wurde geprüft, welche Wirkungen zusätzliche Einschränkungen im mIV mit sich bringen würden. Angenommen wurden Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Autobahnen mit 100 km/h, auf Landesstraßen mit 80 km/h und auf Ortsdurchfahrten mit 30 km/h. Zusätzlich wurden die Treibstoffkosten bei Pkw-Kosten um 50% erhöht und eine flächendeckende Lkw-Maut angenommen.

Im Planfall 2040 ÖV-Zielfahrplan inkl. mIV-Einschränkungen weist die A9 einen DTVw von 72.900 Kfz/24h und davon 17.700 Lkw/24h auf, was einem Lkw-Anteil von 24,1% entspricht. Es zeigt sich, dass die angenommenen Einschränkungen praktisch nur im Pkw-Verkehr Wirkung zeigen, was sich auch in der Verbesserung des Modal Split um weitere 2,6% zu Gunsten des ÖV zeigt. Der Lkw-Verkehr bleibt konstant hoch, weil auch die Annahmen bezüglich der

Neubebauung von Potenzialflächen für Industrie und Gewerbe nicht verändert wurden bzw. von der Erreichbarkeit unabhängig angenommen wurden.

Die Leistungsfähigkeitsberechnungen ergeben eine Auslastung von noch immer 104% und die Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs ist nicht gewährleistet.

Tabelle 33: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan mit mIV-Einschränkungen

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	77 100 Kfz davon 17 700 Lkw	23.0%	108%	25.2%	74.8%	782 tsd. Fz-km 155 to CO ₂	188 tsd. Fz-km 28 to CO ₂	147 tsd. Fz-km 21 to CO ₂
PF 2040 Szenario 4 (ÖV-Zielfahrplan mIV- Einschränkungen)	72 900 Kfz davon 17 700 Lkw	24.1%	104%	27.8%	72.2%	722 tsd. Fz-km 123 to CO ₂	146 tsd. Fz-km 19 to CO ₂	122 tsd. Fz-km 17 to CO ₂
Veränderung durch mIV Einschränkungen	-4 200 Kfz davon +0 Lkw	+1.1%	-4%	+2.6%	-2.6%	-60 tsd. Fz-km -32 to CO ₂	-42 tsd. Fz-km -8 to CO ₂	-25 tsd. Fz-km -4 to CO ₂

Bei der Fahrleistung im Kfz-Verkehr ergibt sich auf allen analysierten Straßenkategorien eine Reduktion zum Referenzfall 2040. Auch die CO₂-Emission können von in Summe 204 Tonnen CO₂/24h im Referenzfall 2040 auf in Summe 159 Tonnen CO₂/24h in Szenario 3 reduziert werden.

Planfall 2040 Szenario 5: ÖV-Zielfahrplan inkl. A9 Ausbau

Mit dem zusätzlichen Ausbau der A9 in dem Planfall 2040 inkl. ÖV-Zielfahrplan (jedoch ohne mIV-Einschränkungen) steigt die Verkehrsbelastung auf der A9 zwischen Knoten Graz-West und ASt Schwarzlsee auf 94.100 Kfz/24h und davon 19.400 Lkw/24h an, was einem Lkw-Anteil von 20,6% entspricht. Dieser Anstieg ist – analog zum Planfall 2025 Szenario 2 – sowohl im Pkw- als auch Lkw-Verkehr zum überwiegenden Teil auf die Entlastungswirkung des untergeordneten Gemeinde- und Landesstraßennetzes zurückzuführen. Von den 15.300 zusätzlichen Pkw-Fahrten auf der Autobahn zwischen PF2040 Szenario 3 und Szenario 5 sind lediglich rund 700 neue Pkw-Fahrten dem induzierten Verkehr zuzuschreiben (siehe Kapitel 4.1.3).

Durch die erhöhte Kapazität auf Grund des dritten Fahrstreifens sinkt die rechnerische Auslastung auf 78%, was der Qualitätsstufe D des Verkehrsablaufes gemäß HBS entspricht. Damit ist die Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs gewährleistet.

Tabelle 34: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan mit Ausbau A9

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	77 100 Kfz davon 17 700 Lkw	23.0%	108%	25.2%	74.8%	782 tsd. Fz-km 155 to CO ₂	188 tsd. Fz-km 28 to CO ₂	147 tsd. Fz-km 21 to CO ₂
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	94 100 Kfz davon 19 400 Lkw	20.6%	78%	24.8%	75.2%	960 tsd. Fz-km 147 to CO ₂	160 tsd. Fz-km 23 to CO ₂	166 tsd. Fz-km 22 to CO ₂
Veränderung durch A9 Ausbau	+17 000 Kfz davon +1 700 Lkw	-2.4%	-30%	-0.4%	+0.4%	+178 tsd. Fz-km +8 to CO ₂	+28 tsd. Fz-km +5 to CO ₂	+19 tsd. Fz-km +1 to CO ₂

Der Modal Split verschiebt sich vom ÖV zum mIV um 0,4%-Punkte gegenüber dem Referenzfall 2040. Auf der Autobahn steigt die Fahrleistung im Kfz-Verkehr deutlich an. Am

Landesstraßennetz ergibt sich ein differenziertes Bild: Die parallel zur A9 laufenden Landesstraßen zeigen eine Reduktion, die querenden Landesstraßen eine Erhöhung der Fahrleistung. Auf Grund des homogeneren Verkehrsablaufes auf der Autobahn wird der CO₂ Ausstoß von in Summe 204 Tonnen CO₂/24h im Szenario 3 (Referenzfall) auf in Summe 192 Tonnen CO₂/24h in Szenario 5 reduziert.

Planfall 2040 Szenario 6: ÖV-Zielfahrplan und mIV-Einschränkungen inkl. A9-Ausbau

Im Planfall 2040 Szenario 6 werden alle bisher analysierten Maßnahmen kombiniert: ÖV-Zielfahrplan, zusätzlich die Einschränkungen des mIV wie in Planfall 2040 Szenario 4 und Ausbau der A9 wie in Planfall 2040 Szenario 5. Mit diesen Annahmen ergibt sich auf der A9 zwischen Knoten Graz-West und ASt Schwarzlsee eine Verkehrsbelastung von 86.000 Kfz/24h und davon 18.500 Lkw/24h an, was einem Lkw-Anteil von 21,5% entspricht. Damit überlagern sich die Wirkungen aus Entlastungswirkung des untergeordneten Netzes durch die A9-Fahrestreifenhinzulegung und Veränderung des Modal Split zu Gunsten des ÖV auf Grund der mIV-Einschränkungen.

Durch die erhöhte Kapazität auf Grund des dritten Fahrstreifens sinkt die rechnerische Auslastung auf den bisher niedrigsten Wert von 73%, was der Qualitätsstufe C des Verkehrsablaufes gemäß HBS entspricht. Damit ist die Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs gewährleistet.

Tabelle 35: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan mit Ausbau A9 inkl. mIV-Einschränkungen

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	94 100 Kfz davon 19 400 Lkw	20.6%	78%	24.8%	75.2%	960 tsd. Fz-km 147 to CO ₂	160 tsd. Fz-km 23 to CO ₂	166 tsd. Fz-km 22 to CO ₂
PF 2040 Szenario 6 (ÖV-Zielfahrplan mIV-Einschränkungen + A9)	86 000 Kfz davon 18 500 Lkw	21.5%	73%	27.4%	72.6%	865 tsd. Fz-km 119 to CO ₂	127 tsd. Fz-km 17 to CO ₂	136 tsd. Fz-km 18 to CO ₂
Veränderung durch mIV Einschränkungen	-8 100 Kfz davon -900 Lkw	+0.9%	-5%	+2.6%	-2.6%	-95 tsd. Fz-km -28 to CO ₂	-33 tsd. Fz-km -6 to CO ₂	-30 tsd. Fz-km -4 to CO ₂

Mit in Summe 1,128 Mio. Fzg-km Fahrleistung Pkw und Lkw und in Summe 154 to CO₂ ergeben sich für den Planfall 2040 Szenario 6 die niedrigsten Werte in Bezug auf das Planungsgebiet Südkorridor.

Zusammenfassung aller Planfälle

In Tabelle 36 sind die wesentlichen Kennwerte für alle Planfälle (Bestand 2022, Prognoseplanfälle 2025 und Prognoseplanfälle 2040) zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 36: Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse der Planfallrechnungen

	Verkehrsbelastungen A9 Abschnitt KN Graz West - ASt Schwarzlsee			Modal Split von/nach Graz		Fahrleistung [Tsd Fzg-km/24h] & CO ₂ -Emissionen [Tonnen CO ₂ /24h]		
	Kfz/24h davon Lkw/24	SV Anteil	Auslastung	ÖV	IV	Autobahn	parallele Landesstraßen	querende Landesstraßen
Bestand 2022	78 600 Kfz davon 11 800 Lkw	15.0%	103%	20.2%	79.8%	787 tsd. Fz-km 232 to CO ₂	181 tsd. Fz-km 43 to CO ₂	149 tsd. Fz-km 32 to CO ₂
PF 2025 Szenario 1 (Fertigstellung Koralm)	78 800 Kfz davon 12 400 Lkw	15.7%	103%	22.6%	77.4%	788 tsd. Fz-km 226 to CO ₂	184 tsd. Fz-km 42 to CO ₂	149 tsd. Fz-km 32 to CO ₂
PF 2025 Szenario 2 (Fertigstellung Koralm + A9)	94 000 Kfz davon 13 300 Lkw	14.1%	76%	22.2%	77.8%	956 tsd. Fz-km 216 to CO ₂	157 tsd. Fz-km 35 to CO ₂	165 tsd. Fz-km 33 to CO ₂
PF 2040 Szenario 3 (ÖV-Zielfahrplan) - REFERENZ	77 100 Kfz davon 17 700 Lkw	23.0%	108%	25.2%	74.8%	782 tsd. Fz-km 155 to CO ₂	188 tsd. Fz-km 28 to CO ₂	147 tsd. Fz-km 21 to CO ₂
PF 2040 Szenario 4 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen)	72 900 Kfz davon 17 700 Lkw	24.1%	104%	27.8%	72.2%	722 tsd. Fz-km 123 to CO ₂	146 tsd. Fz-km 19 to CO ₂	122 tsd. Fz-km 17 to CO ₂
PF 2040 Szenario 5 (ÖV-Zielfahrplan + A9)	94 100 Kfz davon 19 400 Lkw	20.6%	78%	24.8%	75.2%	960 tsd. Fz-km 147 to CO ₂	160 tsd. Fz-km 23 to CO ₂	166 tsd. Fz-km 22 to CO ₂
PF 2040 Szenario 6 (ÖV-Zielfahrplan MIV-Einschränkungen + A9)	86 000 Kfz davon 18 500 Lkw	21.5%	73%	27.4%	72.6%	865 tsd. Fz-km 119 to CO ₂	127 tsd. Fz-km 17 to CO ₂	136 tsd. Fz-km 18 to CO ₂

5. Fazit

Motivation und Aufgabenstellung

Die A9 Pyhrn Autobahn zwischen Graz und Leibnitz ist stark frequentiert und die Nutzer:innen leiden regelmäßig unter Staus und Überlastungen. Zwischen 2012 und 2022 stieg die Verkehrsbelastung der A9 Pyhrn Autobahn trotz der Pandemie um etwa 40%. Angesichts einer prognostizierten Zunahme der Einwohner um +12% und der Arbeitsplätze um +7% sowie gewidmeten Flächenreserven an Industrie- und Gewerbegebieten und dem Cargo Center Graz (CCG) als intermodaler Güterterminal von internationaler Bedeutung ist im Südkorridor bis zum Jahr 2040 eine weitere Verschärfung der Verkehrssituation zu erwarten. Im Ausbauprogramm der ASFINAG war ein dreistreifiger Ausbau der A9 zwischen dem Autobahnknoten Graz-West und der Anschlussstelle Wildon vorgesehen. Dieses Ausbauprogramm wurde vom Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) aus Klimaschutzgründen im November 2021 ausgesetzt, um einer weiteren Zunahme des Kfz-Verkehrs entgegenzuwirken.

Das Land Steiermark hat daraufhin in Abstimmung mit dem BMK die Erstellung der vorliegenden Verkehrsuntersuchung beauftragt. In dieser Untersuchung wurden die verkehrlichen Wirkungen möglicher Alternativen zu einem dreistreifigen Ausbau der A9 ermittelt. Die vorliegende Untersuchung enthält nur die verkehrlichen Wirkungen und ist nicht mit einem Umweltbericht gleichzusetzen, bei dem weitergehende umweltrelevante Kennwerte zu ermitteln sind. Es wurden die Verlagerungspotenziale von der Straße auf die Schiene unter Berücksichtigung bereits geplanter und weiterer möglicher Maßnahmen im Öffentlichen Verkehr, insbesondere jener zusätzlich möglichen Schienenverkehre durch den Ausbau der Koralmbahn und der Südbahn, geprüft. Ziel der Verkehrsuntersuchung ist die Beantwortung der Frage, ob es ÖV-Maßnahmen(bündel) oder andere Mobilitätsmaßnahmen gibt, die das bestehende Ausbauerfordernis der A9 verzögern oder erübrigen.

Verkehrsmo~~del~~l Graz

Die Bearbeitung der Fragestellungen erfolgte mit dem eigens für diese Untersuchung aufgebauten multimodalen Verkehrsnachfragemo~~del~~l VerMeS22 zur Wirkungsermittlung von Maßnahmen im Personenverkehr und Straßengüterverkehr. Grundlage war ein GIP-basiertes Netzmo~~del~~l für den steirischen Zentralraum inklusive Südwest-, Südost und Oststeiermark, in dem das Straßennetz und das ÖV-Angebot (Haltestellen, Linien, Fahrpläne) vollständig abgebildet sind. Die Einwohner wurden in 15 verhaltenshomogene Gruppen segmentiert und je nach Wohnstandort einem von vier Mobilitätsverhaltens-Sets zugeordnet. Im Verkehrsmo~~del~~l wurden für den Binnenverkehr alle Stufen der Verkehrsnachfrageermittlung von der Verkehrserzeugung, Zielwahl, Moduswahl und Umlegung umgesetzt. Übergeordnete Verkehrsverflechtungen des Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehrs wurden dem, zum Zeitpunkt der Erarbeitung noch im Aufbau befindlichen Verkehrsmo~~del~~l Österreich 2040+ entnommen. Neben dem Personenverkehr bildet das Verkehrsmo~~del~~l den Straßengüterverkehr ab.

Das Verkehrsmodell wurde nach dem Stand der Technik aufgebaut und geprüft. Die Qualitätssicherung erfolgte nach international anerkannten Kriterien im Hinblick auf Modellergebnisse und die resultierenden Verkehrsbelastungen. Die Überprüfung anhand der Konfidenzintervalle und SQV-Werten sowie der Vergleich des Modal Splits und der Reiseweitenverteilungen mit Befragungsdaten weisen auf eine sehr hohe Abbildungsqualität der Realität durch das Verkehrsmodell hin. Das Verkehrsmodell ist geeignet, belastbare Aussagen zum Verkehrsaufkommen, dem induzierten Verkehr, den Verkehrsleistungen, dem Modal Split, und relativen Vergleichen der CO₂-Äquivalente zu generieren. Das Modell ist ausreichend Maßnahmensensitiv, so dass Aussagen zu multimodalen Wirkungen getroffen werden können.

Analysezustand und Maßnahmen für die Prognose

Analysezeitpunkt für das Verkehrsmodell und Grundlage für die Prognosen ist das Jahr 2022. Alle verwendeten Daten beziehen sich auf dieses Jahr oder wurden entsprechend hochgerechnet. Damit konnte der Bestandsfall 2022 modelltechnisch abgebildet werden. Für die A9 Pyhrn Autobahn ergibt sich im Abschnitt KN Graz-West-ASt Schwarzlsee ein DTVw von 78.600 Kfz/24h und eine rechnerische Auslastung von 103%, womit eine deutliche Überlastung gegeben ist. Eine geringfügige rechnerische Überlastung ist modelltechnisch möglich, da richtlinienkonforme Leistungsfähigkeitswerte für die Dimensionierung von Autobahnen in der Praxis in den Verkehrsspitzen auch in geringem Maße überschritten werden können.

Für die Verkehrsprognose wird zwischen einer Kurzzeitprognose für das Jahr 2025 und einer Langzeitprognose für das Jahr 2040 unterschieden. Im Jahr 2025 kommt es mit der Eröffnung der Koralmbahn zu einer deutlichen ÖV-Angebotsverbesserung im Südkorridor, einschließlich damit einhergehenden Verbesserungen auf der Südbahn südlich von Graz und im umliegenden Busnetz. Bis zum Jahr 2040 sind weitere Angebotsverbesserungen, wie die Eröffnung des Semmeringbasistunnels, der zweigleisige Ausbau der Südbahn, die Elektrifizierung der GKB-Strecken und der Straßenbahnausbau in Graz zu erwarten. Damit liegen der Verkehrsprognose bereits im Referenzplanfall sehr ambitionierte Verbesserungen im Öffentlichen Verkehr zugrunde, die alle zusammen in den Planfallrechnungen als „ÖV-Zielfahrplan“ bezeichnet wurden. Weitere ÖV-Maßnahmen mit einer realistischen Chance auf Realisierung bis 2040 sind nicht gefunden worden. Straßeninfrastrukturseitig wurden neben der zu untersuchenden Fahrstreifenerweiterung an der A9 lediglich kleinräumige Anpassungen und Verbesserungen im Landesstraßen- und Autobahnnetz berücksichtigt.

Verkehrliche Ergebnisse der Planfälle der Kurzzeitprognose 2025

Die Inbetriebnahme der Koralmbahn und ihrer Begleitmaßnahmen wirkt sich positiv auf den Modal Split im Planungsgebiet südlich von Graz aus. Der Anteil der nach Graz orientierten Wege im Öffentlichen Verkehr steigt in diesem Südkorridor von derzeit 20,2% um 2,4% auf 22,6%. Die im Jahr 2022 für den Werktagverkehr ermittelte Überlastung der A9 Hauptfahrbahn von 103% bleibt allerdings ohne weitere Ausbaumaßnahmen auch 2025 bestehen, weil die Entlastung durch den Verlagerungseffekt vom mIV zum ÖV von der generellen Verkehrszunahmen im mIV (Personen- und Straßengüterverkehr) kompensiert wird. Erst durch die im Jahr 2025 angenommene Verkehrswirksamkeit des Ausbaus der A9 mit einem

dritten Fahrstreifen zeigt deutliche Wirkungen im mIV. Durch die Entlastungswirkung des untergeordneten Straßennetzes steigt der DTVw auf 94.000 Kfz/24 mit einem sehr geringen Anteil an induziertem Verkehr. Mit dem dritten Fahrstreifen reduziert sich trotz deutlich höherer Verkehrsbelastungen die rechnerische Auslastung auf 76%, womit eine ausreichende Leistungsfähigkeit gegeben ist.

Verkehrliche Ergebnisse der Planfälle der Langzeitprognose 2040

Allen Planfällen in der Langzeitprognose wurden umfangreiche Ausbaumaßnahmen im ÖV – zusammengefasst als ÖV-Zielfahrplan – zu Grunde gelegt. Dennoch ergibt sich im Referenzplanfall ohne weitere Ausbaumaßnahmen auf der A9 im Jahr 2040 eine rechnerische Auslastung von 108% im Beurteilungsabschnitt, wodurch eine deutliche Überlastung gegeben und mit täglichem Stau zu rechnen ist. Zum Vergleich: In der Genehmigung von Straßenprojekten ist je nach Maßnahme üblicherweise eine rechnerische Auslastung bei Neubauvorhaben bis maximal 75% und bei Umbauvorhaben – wie einem dritten Fahrstreifen – bis maximal 90% gefordert.

Neben dem Referenzplanfall mit dem ÖV-Zielfahrplan wurde ein Szenario mit zusätzlichen mIV einschränkenden Maßnahmen (Push-Maßnahmen) gerechnet. Selbst die Annahme von erheblichen Einschränkungen des mIV, nämlich Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Autobahnen, Landesstraßen und Ortsdurchfahrten sowie Erhöhungen der Pkw-Treibstoffkosten und einer flächendeckenden Lkw-Maut zeigen keine ausreichende Reduktion des Kfz-Verkehrs. Obwohl sich der Modal Split zugunsten des ÖV weiter verbessert, bleibt die rechnerische Auslastung auf der A9 mit 104% sehr hoch. Es zeigt sich, dass vor allem die prognostizierte Entwicklung des Güterverkehrs auf Basis der großen vorhandenen Flächenpotenziale für Industrie und Gewerbe die maßgebende Größe für die Dimensionierung der A9 ist.

Analog zur Kurzzeitprognose 2025 zeigt erst der zusätzliche Ausbau der A9 mit einem dritten Fahrstreifen deutliche Wirkungen im mIV. Durch die Entlastungswirkung des untergeordneten Straßennetzes steigt der DTVw auf der A9 auf maximal 94.100 Kfz/24h und davon 19.400 Lkw/24h (Lkw-Anteil von 20,6%) an. Dieser Anstieg ist – analog zum Planfall 2025 Szenario 2 – sowohl im Pkw- als auch Lkw-Verkehr zum überwiegenden Teil auf die Entlastungswirkung des untergeordneten Landes- und Gemeindestraßennetzes zurückzuführen. Der durch die Maßnahme induzierte Neuverkehr bleibt mit zusätzlich rund 670 Pkw-Fahrten/Werktag gering. Dies entspricht etwa 0,7% der Verkehrsbelastung auf der A9 im Beurteilungsabschnitt. Mit dem dritten Fahrstreifen reduziert sich trotz deutlich höhere Verkehrsbelastungen die rechnerische Auslastung auf 78%, womit eine ausreichende Leistungsfähigkeit gegeben ist. Der Modal Split verschiebt sich vom ÖV zum mIV um 0,4%-Punkte gegenüber dem Referenzfall 2040 ohne Ausbau der A9.

Obwohl die temporäre Pannestreifenfreigabe als Alternative zum dreistreifigen Ausbau nicht mit der gleichen Modellgüte wie die anderen Szenarien berechnet wurden, zeigen bereits die Modellabschätzungen einen Qualitätsgewinn, der deutlich geringer ist als der dreistreifige Ausbau.

Verkehrliche Wirkungen in Graz

Der analysierte Ausbau der A9 mit einem dritten Fahrstreifen verursacht einen geringen Anteil an Neuverkehr (induzierten Verkehr). Die Wirkungen im städtischen Verkehrsnetz von Graz beschränken sich daher hauptsächlich auf Verlagerungswirkungen im Straßennetz. Die Modellrechnungen zeigen eine stärkere Bündelung des Verkehrs auf den Hauptverkehrsstraßen, wobei die Veränderungen durchwegs auf den städtischen Straßen unter 2% der Verkehrsbelastungen des Referenzfalls 2040 ohne A9-Ausbau bleiben. Lediglich am Weblinger Gürtel zwischen Weblinger Kreis und Triester Straße ist mit einer Zunahme durch den A9-Ausbau um bis zu 1.500 Kfz/Werktag zu rechnen.

Umweltwirkungen der Langzeitprognose

Auf Basis der Verkehrsleistung nach Streckenkategorie und dem Verkehrszustand wurde eine CO₂-Emissionsberechnung für das Untersuchungsgebiet durchgeführt. Bereits die Veränderung der Fahrzeugflottenzusammensetzung wird bis 2040 eine deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen bringen. Zu beachten ist, dass der Ausbau der A9 mit einem dritten Fahrstreifen inklusive induziertem Verkehr dennoch zu einer Reduktion der CO₂-Emissionen gegenüber dem Referenzfall 2040 ohne A9-Ausbau führt, da sich die Verkehrsleistung hin zur Autobahn verlagert und dort flüssiger und damit verbrauchsärmer abgewickelt werden kann. Gegenüber dem Referenzplanfall 2040 wird der straßenverkehrsbedingte CO₂-Ausstoß im Planungsgebiet um ca. 6% reduziert. Eine weitere deutliche Reduktion der CO₂-Emissionen kann mit zusätzlichen Restriktionsmaßnahmen im Straßenverkehr erreicht werden. Das Reduktionspotenzial hängt stark von den gewählten restriktiven Maßnahmen ab und beträgt bei dem Szenario 6 (d.h. dreistreifiger Ausbau plus restriktive Maßnahmen für Kfz ca. 25%).

Zusammenfassende Empfehlung

Die zentrale Frage für die vertiefte Verkehrsuntersuchung war, ob es alternative Maßnahmen zu einem Ausbau der A9 Pyhrn Autobahn im Abschnitt Knoten Graz-West bis Anschlussstelle Wildon gibt und welche Maßnahmen das sind. Dazu wurde ein umfangreiches multimodales Verkehrsnachfragemodell aufgebaut, für den Bestandsfall 2022 kalibriert und geprüft und dann Prognoserechnungen unter der Berücksichtigung der heute absehbaren Entwicklungen bis zum Jahr 2040 mit einer Vielzahl an Maßnahmen erarbeitet. Die Ergebnisse der Modellrechnungen zeigen jedoch, dass selbst unter der Annahme von sehr ambitionierten Ausbaumaßnahmen im ÖV bei gleichzeitig deutlichen Einschränkungen des Kfz-Verkehrs, die A9 im Jahr 2040 im Beurteilungsabschnitt ohne Ausbau überlastet sein wird und die Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs nicht gewährleistet werden kann. Maßgebende Gründe dafür sind der zu erwartende Zuwachs im Lkw-Verkehr, der den Annahmen zur zukünftigen Bebauung der vielen vorhandenen Potenzialflächen für Industrie und Gewerbe im Süden von Graz geschuldet ist. Die ambitionierten, bereits im Zielfahrplan 2040 vorgesehenen ÖV-Maßnahmen, werden den Modal-Split zugunsten des ÖV positiv beeinflussen; sie werden aber wegen des erwartbaren Lkw-Zuwachses nicht ausreichen, sowohl vom Landesstraßen- als auch Autobahnnetz genügend Pkw-Fahrten abzuziehen, so dass auf einer zweistreifigen A9 die Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Entlastung der Ortsdurchfahrten im Landesstraßennetz gewährleistet ist.

Erst der zusätzliche Ausbau der A9 mit einem dritten Fahrstreifen zusammen mit dem Zielfahrplan 2040 zeigt deutliche Wirkungen im mIV. Die Kapazitätserhöhung bewirkt eine Verlagerung des Kfz-Verkehrs von den parallel führenden Gemeinde- und Landesstraßen auf die Autobahn. Der durch den A9-Ausbau induzierte Neuverkehr und die Auswirkungen bleiben jedoch gering. Auf Grund der Staureduktion und des homogeneren Verkehrsablaufes ergibt sich eine Reduktion der Straßenverkehr bedingten CO₂-Emissionen im Südkorridor. Mit einer rechnerischen Auslastung von 78% beim dreistreifigen Ausbau bzw. 73% zusammen mit begleitenden Kfz-Pushmaßnahmen kann die Sicherheit, Leichtigkeit und Flüssigkeit des Verkehrs wieder gewährleistet werden.

Folglich ist aus verkehrstechnischer Sicht und unter den getroffenen Annahmen ein Ausbau der A9 mit einem dritten Fahrstreifen im Beurteilungsabschnitt zu empfehlen. In Hinblick auf die positiven Verlagerungswirkungen wird zusätzlich die Umsetzung der untersuchten ÖV-Maßnahmen empfohlen. Die untersuchten einschränkenden mIV-Maßnahmen (Szenario 6) sind aus verkehrstechnischer Sicht nicht erforderlich, zeigen jedoch sowohl bei der Reduktion der CO₂-Emissionen als auch beim Modal Split zugunsten des ÖV positive Wirkungen.

Literaturverzeichnis

- ASFINAG, 2020. *Verkehrsuntersuchung A09 Pyhrn Autobahn, Knoten Graz-West – ASt Wildon, Fahrstreifenzulegung, UVP-Feststellungsverfahren*, Wien: ASFINAG.
- BMK, 2021. *Mobilitätsmasterplan 2030 für Österreich - Der neue Klimaschutz-Rahmen für den Verkehrssektor, Nachhaltig - resilient - digital*, Wien: Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie.
- BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, I. u. T., 2012. *Dienstanweisung zur Kategorisierung des Bundesstraßennetzes nach der räumlich-verkehrlichen Funktion gemäß RVS 03.01.13 ("Kategorisierungsdienstanweisung")*, Wien: BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- Bosserhoff, D., 2022. *Abschätzung des Verkehrsaufkommens durch Vorhaben der Bauleitplanung - Programm Ver_Bau*, Gustavsburg, Deutschland: Bosserhoff.
- Cik, M., Lammer, F., Wischer, T. & Fellendorf, M., 2023. *Mobilitätserhebung stadtgrenzüberschreitender Verkehr Graz & Zentralraum Steiermark auf Basis von anonymisierten Mobilfunkdaten*, Graz: im Auftrag von Stadt Graz und Land Steiermark.
- Daly, A., Fox, J. & Patruni, B., 2011. *Pivoting in travel demand models*, Glasgow, Schottland: Erschienen in den Proceedings der European Transport Conference 2011.
- EBP Schweiz AG, I. U. S., 2019. *Leitfaden 2019/01 - Qualitätssicherung von Verkehrsmodellen*, s.l.: SVI Schweizerische Vereinigung der Verkehrsingenieure und Verkehrsexperten.
- Fellendorf, M., Hofer, K., Haberl, M. & Medicus, E., 2017. *GKB-Weißbuch 2025+ Nachfragewirkung optimierter Fahrplanvarianten*, Graz: TU Graz.
- Fellendorf, M., Hofer, K. & Veit, T., 2022. *Infrastrukturentwicklung Werndorf – Spielfeld-Straß*, Graz: TU Graz.
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, K. B. v. S., 2015. *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen - HBS*, Köln: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen.
- FGSV, 2015. *Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen (HBS)*. Köln: FGSV-Verlag.
- FSV, 2013. *RVS 02.01.11 Grundsätze der Verkehrsplanung*, Wien: Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr.
- FSV, Ö. F. S.-S.-V. -, 2012. *Beurteilung des Verkehrsablaufs auf Straßen, RVS 03.01.11*, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.
- INFRAS, 2019. *HBEFA 4.2*, Bern: INFRAS.
- Ingenieurbüro Pilz Verkehrs-Planungs GmbH & Partner Co KG, 2023. *A9 Pyhrn Autobahn Abschnitt GÜ Spielfeld – Kn. Graz-West, Verkehrsstromanalyse*. Seiersberg-Pirka: Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-AG.
- Jong, G. d., Eggers, L., Eck, G. v. & Wilingers, J., 2021. *Ermittlung von Nachfrageelastizitäten für das Zielnetz - Endbericht von Significance an ÖBB-Infrastruktur AG*, s.l.: significance quantitative research.
- Land Steiermark, 2023. *Abstimmung Koralmbahn und Busbündel* [Interview] (30 Juni 2023).

Posit PBC, 2023. Posit. [Online]
Available at: <https://posit.co/>

[Zugriff am 27 September 2023].

PTV-AG, 2021. *PTV Visum 2022 Handbuch*, Karlsruhe: PTV AG.

Stadt Graz, 2022. *Mobilitätsverhalten der Grazer Wohnbevölkerung 2021*, Graz: Abteilung für Verkehrsplanung: Stadt Graz.

Stadt Graz, 2022. *ÖVS Graz - Endbericht*, Graz: Stadt Graz.

Tomschy, R. et al., 2016. *Ergebnisbericht zur österreichweiten Mobilitätserhebung "Österreich unterwegs 2013/2014"*, Wien: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie.

Veit, P., Smoliner, M., Fellendorf, M. & Hofer, K., 2018. *Verkehrskonzept Steirische Ostbahn - Untersuchung zu den langfristigen Potenzialen, verkehrlichen und infrastrukturellen Entwicklungsmöglichkeiten der Steirischen Ostbahn*, Graz: TU Graz.

Veit, P., Walter, S. & Fellendorf, M., 2014. *Weißbuch Infrastruktur 2025+ Konzept zur langfristigen Entwicklung der Infrastruktur der GKB*, Graz: TU Graz.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Untersuchungsgebiet VerMeS22	10
Abbildung 2: Ablauf Verkehrsmodell VerMeS22	12
Abbildung 3: Kfz-Zählstellen im Untersuchungsgebiet.....	13
Abbildung 4: Verkehrsbelastung und Verkehrsentwicklung der A9, Abschnitt Kalsdorf-Wundschuh, 2008-2019	14
Abbildung 5: Verkehrszunahme zwischen 2012 und 2022 an ausgewählten Querschnitten .	15
Abbildung 6: Durchschnittliche Tagesganglinie im JDTV der DZSt 340, Jahr 2019	16
Abbildung 7: Verkehrsmittelwahl der Grazer Wohnbevölkerung & der Umlandbevölkerung..	17
Abbildung 8: Reiseweitenverteilung der Pkw-Lenker:innen sowie der ÖV-Nutzer:innen der Grazer Wohnbevölkerung.....	18
Abbildung 9: Räume und Verkehrsarten in einem Verkehrsnachfragemodell (Quelle: Friedrich et al., 2019)	19
Abbildung 10: Verkehrszellen und wichtige Verkehrswege im Untersuchungsgebiet von VerMeS22	20
Abbildung 11: Definiertes Planungsgebiet „Südkorridor“ und relevante Streckenzüge entlang der A9	21
Abbildung 12: IV-Steckennetz Verkehrsmodell.....	22
Abbildung 13: Lageindexeinteilung des VerMeS22.....	26
Abbildung 14: Wahrscheinlichkeit der Aktivitätenkette der verhaltenshomogenen Gruppen für Lageindex 1 (ohne Kinder unter 6 Jahren) mit den Aktivitäten W=Wohnen, A=Arbeiten, B=Berufsschule, E=Einkaufen, F=Freizeit, V=Volksschule, H=Hochschule und S=Schule ...	28
Abbildung 15: Wahrscheinlichkeit der Aktivitätenkette der verhaltenshomogenen Gruppen für Lageindex 2-4 (ohne Kinder unter 6 Jahren) mit den Aktivitäten W=Wohnen, A=Arbeiten, B=Berufsschule, E=Einkaufen, F=Freizeit, V=Volksschule, H=Hochschule und S=Schule ...	29
Abbildung 16: Industrie- und Gewerbegebiete bebaut/unbebaut im Bestand.....	35
Abbildung 17: CR-Funktionen.....	40
Abbildung 18: Relatives Konfidenzintervall Pkw	45
Abbildung 19: Absolutes Konfidenzintervall Pkw	45
Abbildung 20: Relatives Konfidenzintervall Lkw.....	46
Abbildung 21: Absolutes Konfidenzintervall Lkw.....	46
Abbildung 22: Soll-/Ist-Belastungsvergleich ($DTV_W - Pkw/24h$).....	48
Abbildung 23: Soll-/Ist-Belastungsvergleich ($DTV_W - Lkw/24h$)	48
Abbildung 24: SQV-Anteile Pkw und Lkw	49
Abbildung 25: Eigen- und Kreuzelastizitäten	50
Abbildung 26: Verkehrsmittelwahl der Lageindizes 1 und 2-4.....	51
Abbildung 27: Vergleich der Reiseweitenverteilung der Pkw-Lenker:innen (nur Grazer Wohnbevölkerung) zwischen Verkehrsmodell 2022 und Österreich Unterwegs 2013/14.....	51
Abbildung 28: Vergleich der Reiseweitenverteilung der ÖV Nutzer:Innen (nur Grazer Wohnbevölkerung) zwischen Verkehrsmodell 2022 und Österreich Unterwegs 2013/14.....	52
Abbildung 29: Ablauf Verkehrsmodell VerMeS22 inklusive Ablauf Prognoserechnungen	54
Abbildung 30: Verbesserungen im Öffentlichen Verkehr bis 2040	55
Abbildung 31: Szenarienübersicht	56

Abbildung 32: Entwicklung der Bevölkerung und Arbeitsplätze im Planungsgebiet zwischen 2019 und 2040	58
Abbildung 33: Lageindex je Verkehrszelle 2040	60
Abbildung 34: Haltemuster Fahrplan 2025 (Fellendorf, et al., 2022)	63
Abbildung 35: Haltemuster Zielfahrplan Südbahn 2040 (Fellendorf, et al., 2022).....	64
Abbildung 36: Zielfahrplan GKB 2040 (Fellendorf, et al., 2017)	65
Abbildung 37: Haltemuster Zielfahrplan Steirische Ostbahn 2040 (Veit, et al., 2018)	66
Abbildung 38: Linienverläufe der Regionalbuslinien im Busbündel Südost und Südwest (Fellendorf, et al., 2022)	67
Abbildung 39: Linienverläufe der Regionalbuslinien im Busbündel Deutschlandsberg (Land Steiermark, 2023).....	69
Abbildung 40: Linienverläufe der Tramlinien in Graz im Jahr 2040	70
Abbildung 41: Entwicklungspotenzial Grazer Südraum.....	72
Abbildung 42: Planungsgebiet „Südkorridor“ mit relevanten mIV-Zählstellen und Streckenzügen für Verkehrsleistungsberechnung.....	75
Abbildung 43: Induzierter Verkehr im Szenario 5 (A9-Ausbau, 2040, DTV _w , Kfz/Tag).....	79
Abbildung 44: Verkehrsspinne A9 südl. KN Graz-West	80
Abbildung 45: Differenzbelastung Szenario 5 minus Szenario 3 für das Grazer Feld (Kfz/Tag, DTV _w)	81
Abbildung 46: Differenzverkehrsbelastung Szenario 5 minus Szenario 3 für das südliche Graz (Kfz/Tag, DTV _w)	81
Abbildung 47: Differenzverkehrsbelastungen Szenario 5 minus Szenario 3 und Darstellung der Screenline	82
Abbildung 48: Qualitätsstufen des Verkehrsablaufs gemäß HBS 2015 (FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2015).....	85
Abbildung 49: Streckentypen für die Berechnung der Verkehrsleistung und Treibhausgase	89

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verhaltenshomogene Gruppe VerMeS22	23
Tabelle 2: Aktivitäten im VerMeS22.....	27
Tabelle 3: Beta-Parameter der Zielwahl	31
Tabelle 4: Datenquellen der Parameter der Moduswahl	32
Tabelle 5: Beta-Parameter der Moduswahl.....	34
Tabelle 6: Typische Parameterwerte abhängig vom Streckentyp, die im Einzelfall abweichen	40
Tabelle 7: Beurteilung anhand SQV	47
Tabelle 8: Beurteilung des öffentlichen Verkehrs anhand SQV.....	52
Tabelle 9: Prognostizierte Verkehrsentwicklung zwischen 2022 und 2040	72
Tabelle 10: Verkehrsbelastungen Kfz/24h im DTV _w am hochrangigen Straßennetz	76
Tabelle 11: Verkehrsbelastungen Lkw/24h im DTV _w am hochrangigen Straßennetz.....	77
Tabelle 12: Verkehrsbelastungen Kfz/24h im DTV _w am Landesstraßennetz	77
Tabelle 13: Verkehrsbelastungen Lkw/24h im DTV _w am Landesstraßennetz	78
Tabelle 14: Modal Split südl. Grazer Stadtgrenze (Bezug: Szenario 5, Werktag, 2040).....	80
Tabelle 15: Verkehrsbelastungen an der Screenline	83
Tabelle 16: Auslastung in % der Hauptfahrbahn A9 je Abschnitt	86
Tabelle 17: Auswertungen Modal Split, von/nach Planungsgebiet - Graz	87
Tabelle 18: ÖV-Kennzahlen der Prognoseszenarien	88
Tabelle 19: Annahmen der Emissionsberechnung 2022 und 2025	90
Tabelle 20: Annahmen der Emissionsberechnung 2040.....	92
Tabelle 21: Ergebnisse der Verkehrsleistungsberechnung und der CO ₂ -Emissionsberechnung (Teil 1/2).....	92
Tabelle 22: Ergebnisse der Verkehrsleistungsberechnung und der CO ₂ -Emissionsberechnung (Teil 2/2).....	93
Tabelle 23: Vergleich der CO ₂ -Emissionen bezogen auf Szenario 1	94
Tabelle 24: Verkehrsbelastungen Pannestreifenfreigabe im DTV _w am hochrangigen Straßennetz.....	95
Tabelle 25: Auslastung in % der Hauptfahrbahn A9 je Abschnitt	95
Tabelle 26: Annahmen der Emissionsberechnung für Szenario 7.....	96
Tabelle 27: Ergebnisse der Verkehrsleistungsberechnung und der CO ₂ -Emissionsberechnung für Szenario 7.....	97
Tabelle 28: Vergleich der CO ₂ -Emissionen des Szenarios 7 bezogen auf Szenario 3	97
Tabelle 29: Auswertungen für den Bestandsplanfall 2022	99
Tabelle 30: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2025 – Eröffnung Koralmbahn.....	99
Tabelle 31: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2025 – Eröffnung Koralmbahn inkl. A9 Ausbau.....	100
Tabelle 32: Auswertungen für die Referenzprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan.....	101
Tabelle 33: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan mit mIV- Einschränkungen.....	102
Tabelle 34: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan mit Ausbau A9.....	102

Tabelle 35: Auswertungen für die Maßnahmenprognose 2040 – ÖV-Zielfahrplan mit Ausbau A9 inkl. mIV-Einschränkungen.....103
Tabelle 36: Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse der Planfallrechnungen104