



Graz University of Technology

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

# Potenzialanalyse für den ÖPNV in der Region Varaždin (Kroatien)

## MASTERARBEIT

vorgelegt von

Florian Koppelhuber, BSc.

bei

Univ. Prof. Dr. Ing. Martin Fellendorf

Technische Universität Graz

Institut für Straßen- und Verkehrswesen

Graz, am 20. Juni 2012



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

**Eidesstattliche Erklärung**

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

Graz, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Florian Koppelhuber, BSc.

**Statutory Declaration**

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources / resources, and that I have explicitly marked all material which has been quoted either literally or by content from the used sources.

Graz, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Florian Koppelhuber, BSc.



**Aufgabenstellung für die Masterarbeit**

**von Florian Koppelhuber**

Vorstand Univ.-Prof. Dr.-Ing. Martin Fellendorf

Rechbauerstraße 12

A-8010 Graz

Tel.: +43 (0) 316 873-6221

Fax: +43 (0) 316 873-4199

DVR: 008 1833

UID: ATU 574 77 929

Graz, 05.10.2011

**Potenzialanalyse für den Öffentlichen Personennahverkehr in der Region Varaždin (Kroatien)**

**Problemstellung**

Die Gespanschaft Varaždin im Norden Kroatiens ist eine ländlich geprägte Region mit ca. 175.000 Einwohnern und einer Fläche von 1.262 km<sup>2</sup> (entspricht den Bezirken Graz und Graz-Umgebung). Die größte Stadt, Varaždin, hat knapp 50.000 Einwohner und seit einigen Jahren ein eigenes Minibussystem. Drei Eisenbahnstrecken durchziehen die Gespanschaft: eine vom zentral gelegenen Varaždin nach Osten (bis Koprivnica), eine nach Süden (über Zabok nach Zagreb) und eine im Westen (bis Novi Golubovec) sowie ins nördlich angrenzende Međimurje führend. Damit sind vier der fünf weiteren Städte in der Region (jeweils rd. 10.000 Einwohner) an das Schienennetz angeschlossen. Durch die Gespanschaft führt in Nord-Süd-Richtung die Autobahn A4, die Zagreb mit Ungarn verbindet (PEK-Korridor Nr. V). Das vorhandene Angebot im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) wird durch Bus- und Bahnlinien gebildet welche aus einer Summe von Einzellösungen bestehen, die kein integriertes ÖV-System bilden. Von organisatorischer Seite fehlen die Abstimmung sowie ein gemeinsamer Verkehrsverbund. Betrieblich gesehen treten Parallelverkehre auf. Der Fahrplan besteht aus spezifischen Lösungen, die zum Teil auf den Schülerverkehr ausgerichtet sind.

Im von der Europäischen Kommission herausgegebenen Weißbuch für Verkehr werden wesentliche Ziele für den ÖPNV definiert; diese sind:

- Sichere, effiziente und hochwertige Personenverkehrsdienste im
- regulierten Wettbewerb, unter Berücksichtigung
- sozialer, umweltpolitischer und raumplanerischer Faktoren sowie
- die Beseitigung von Ungleichheiten zwischen Verkehrsunternehmen verschiedener Mitgliedsstaaten.

Der Öffentliche Verkehr soll von seinem bisher häufig anzutreffenden Status einer „letzten Möglichkeit“ zur Abdeckung von Mobilitätsbedürfnissen hin zu einem integralen Bestandteil der Regionalentwicklung gehoben werden. Nahverkehrspläne sind ein geeignetes Instrumentarium zur Planung eines effizienten ÖV-System. Die derzeitigen Nahverkehrspläne im deutschsprachigen Raum variieren jedoch stark in der Detailtiefe, von einem reinem Konzeptentwurf, bis hin zu fertigen Liniennetzen mit Fahrplänen.

Mit einem möglichen EU-Beitritt Kroatiens 2013 wird auch die Region Varaždin den ÖPNV aktiv nach den Zielen der EU planen müssen.

## **Aufgabenstellung**

Auf Basis der EU-Vorstellungen sollen mit dieser Masterarbeit bereits frühzeitig die Potenziale einer zielgerichteten und systematischen ÖPNV-Planung in der Gespanschaft Varaždin betrachtet werden.

Es werden die Grundzüge und Ideen der EU analysiert, deren Umsetzung in Ländern wie Deutschland, Österreich oder Frankreich näher betrachtet und anschließend auf den Anwendungsfall umgelegt. Die folgende Liste enthält wesentliche Bearbeitungspunkte der Masterarbeit; Abweichungen mit fortschreitendem Erkenntnisstand während der Bearbeitung sind möglich:

- Analyse der Regelungen zum ÖPNV nach dem „Weißbuch Verkehr der EU-Kommission“
- Umsetzung der EU-Vorstellungen zum ÖPNV anhand einer Analyse von strukturähnlichen Beispielen bezüglich der rechtlichen Situation, der Abstimmung untereinander und deren Wirkungen
- Strukturentwicklung in der Gespanschaft Varaždin: Detaillierte Analysen der derzeitigen Situation sowie das Aufzeigen von Besonderheiten
- Potenzialanalyse (Übertragung der erarbeiteten Kennzahlen) anhand eines Verkehrsmodells mit der Verkehrsplanungssoftware VISUM
- Voraussetzungen für die Umsetzung: Erarbeiten von möglichen Ansatzpunkten und Hemmnissen für einen abgestimmten ÖPNV in Varaždin

Für die Anfertigung der Masterarbeit steht die Verkehrsplanungssoftware VISUM am Institut sowie im Büro von verkehrplus zur Verfügung.

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

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

Dipl.-Ing. Dr.-techn. Markus Frewein  
Tel. 0316 908 707 33  
markus.frewein@verkehrplus.at  
Externer Betreuer

# Kurzfassung

## Potenzialanalyse für den Öffentlichen Personennahverkehr in der Region Varaždin (Kroatien)

98 Seiten, 57 Abbildungen, 22 Tabellen

Die ländlich geprägte Region Varaždin ist eine von 23 Gespanschaften Kroatiens. Kroatien wird im Juli 2013 Mitglied der Europäischen Union (EU).

Teil dieser Arbeit ist es, die EU-Vorstellungen zum Öffentlichen Verkehr zu identifizieren. Diese Vorstellungen von sicheren, effizienten und hochwertigen Öffentlichen Verkehrsdiensten, werden auch für das aus historisch gewachsenen Einzellösungen bestehende Bus- und Bahnangebot der Region schlagend. Der Aufbau eines regulierten Wettbewerbs im Öffentlichen Verkehr (ÖV), gemeinsam mit einer Reihe begleitender Rahmenbedingungen, sind die geforderten Maßnahmen. In Regionen aus anderen EU-Staaten werden methodische Planungsinstrumente, wie z.B. Nahverkehrspläne oder Regionale Verkehrskonzepte hierfür verwendet. Diese Planungen unterscheiden sich in ihrem Detaillierungsgrad und der Vorgehensweise. Neben umfassenden Bestandsaufnahmen werden Verkehrssystem, Linienführung und Bedienqualität sowie Finanzierung und Rechtsaspekte diskutiert. Aus der Komplexität der Anforderungen zeigt sich, dass die Methode ein Verkehrsmodell aufzubauen beste Voraussetzungen für umfassende und den EU-Vorgaben entsprechende ÖV-Planungen schafft. Strategische Planung mit einem Modell basiert auf einer umfassenden Datengrundlage. Die Erhebung und Verarbeitung der richtigen Daten in erforderlicher Qualität ist die Grundvoraussetzung für die Durchführung exakter, zielgerichteter Planungen.

Nach Aufbereitung verfügbarer Daten wird ein Verkehrsmodell für die Region Varaždin aufgebaut. Zuerst wird das Netzmodell für das Straßennetz und das ÖV-Angebot (Bus und Bahn) erstellt. Somit können Erreichbarkeiten (IV- und ÖV-Reisezeiten ausgehend von regionalen Zentren) dargestellt werden. Die aus Strukturdaten abgeleiteten Nachfragematrizen des motorisierten Individualverkehrs und des ÖV werden mittels eines belastungsabhängigen Verfahrens (Gleichgewichtsverfahren) auf das Verkehrsnetz umgelegt. Aspekte wie Verkehrsmittelwahl, Fahrtweitenverteilung, Wegezwecke, etc. mussten aus einschlägigen empirischen Untersuchungen abgeleitet werden (z.B. MiD, Städtepegel).

Ein Modellergebnis für das Bestandsnetz zeigt einen ÖV-Anteil an den Wegen von 10%. Zwei Prognosefälle für das Jahr 2020 für die Region werden betrachtet. Im ersten Prognosefall wird von einer zunehmenden Motorisierung bei gleichbleibendem ÖV-Angebot ausgegangen. Dabei sinkt der ÖV-Anteil auf 7%. Im zweiten Prognosefall liegt der ÖV-Anteil bei 9%. Ausgegangen wird hier von einer zunehmenden Motorisierung bei Einführung eines integriert-vertakteten Fahrplans auf der Westachse (zwischen Lepoglava und Varaždin). Die Ergebnisse zeigen die Wichtigkeit des Zusammenspiels zwischen dem ÖV-Angebot auf der Bahn und den verknüpften Busverkehren, um ein gemeinsames, attraktives Angebot zu schaffen. Außerdem muss ein Taktfahrplan in kleinen Regionen, wie zum Beispiel Varaždin, hohe Attraktivität und entsprechendes Potenzial aufweisen, um zum einen die entstehenden Umsteigezwänge gegenüber Direktverbindungen und zum anderen einen (volks-)wirtschaftlichen Betrieb zu rechtfertigen.

# Abstract

## Impact analysis of public transport in Varaždin County (Croatia)

98 pages, 57 figures, 22 tables

The rural Varaždin County will, part of Croatia, will join the European Union in July 2013. Thus the union's ideas of safe, efficient and high-quality passenger transport services will apply to the existing, historically-grown bus and rail system. This requires establishing a regulated competition in public transport (PuT) services. Other regions of the European Union already introduced concepts to implement those ideas, like 'Nahverkehrspläne' (public-transport-plans) or 'Regionale Verkehrskonzepte' (regional-traffic-plans), featuring differences concerning detailing and methodical approach. Main topics are the transport-system, the routing, the public-transport-supply, financing and legal issues. The intricate matter of requirements to fulfill the union's ideas, brings forth to build up a traffic model. A premium model demands an extensive foundation of data. Collecting and storing data in high quality is needed to accomplish accurate and target-oriented planning.

Based on the available data a traffic model of the Varaždin County is being built up. First step is creating the road and rail network, implementing data of private and public (bus and rail) transportation. Hence the accessibility (private and public transport isochrones from regional centers) can be displayed. The trip distribution matrix can be derived from structural information through a volume-dependent method (equilibrium assignment). Aspects like mode choice, trip length distribution, trip purpose, aso. had to be derived from empirical research (e.g. 'MiD', 'Städtepegel').

The results for the existing network show a share for public transportation, based on trips, of 10%. In the first forecast scenario, assuming a rising motorization with constant PuT-supply, the share declines to 7%. In the second forecast scenario, assuming a rising motorization combined with launching a synchronized timetable, the share is located at 9%. This results show the importance of adapted timetables between rail and bus services when establishing an attractive public transport supply. Furthermore, trip service patterned based public transport systems in smaller territories, demand high attractiveness and impact to legitimate the rising number of transfers and an economic operation.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis.....</b>	<b>i</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>iii</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>v</b>
<b>Abkürzungen.....</b>	<b>vi</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung .....	1
1.2 Ziele der Arbeit.....	2
1.3 Vorgehensweise .....	2
1.4 Abgrenzung.....	4
<b>2 Regelungen der EU zum ÖPNV .....</b>	<b>5</b>
2.1 Europäische Verkehrspolitik .....	5
2.1.1 Einführung.....	5
2.1.2 Bisherige Entwicklungen.....	6
2.2 Die Weißbücher der Europäischen Union .....	6
2.2.1 Das Weißbuch Verkehr 2011.....	7
2.2.2 Weißbuch Verkehr 2001 .....	12
2.3 Verordnungen (EWG) 1191/69, (EWG) 1893/91 und (EG) 1370/2007 .....	14
2.3.1 Verordnung (EWG) Nr. 1191/69.....	14
2.3.2 Verordnung (EWG) Nr. 1893/91.....	15
2.3.3 Verordnung (EG) Nr. 1370/2007 .....	16
2.3.4 EU-Richtlinie 91/440.....	17
2.4 Zusammenfassung.....	17
<b>3 Umsetzung in strukturähnlichen Beispielen .....</b>	<b>18</b>
3.1 Grundlagen zur Umsetzung .....	18
3.1.1 Verkehrsentwicklungsplan.....	18
3.1.2 Nahverkehrspläne .....	19
3.2 Auswahl der Umsetzungsbeispiele.....	21
3.3 Gesamtverkehrskonzept Steyr .....	21
3.4 Nahverkehrsplan Cuxhaven .....	22
3.5 Regionales Verkehrskonzept Graz und Graz Umgebung.....	23
3.6 Zusammenfassung.....	23
<b>4 Strukturanalyse der Region Varaždin .....</b>	<b>25</b>

4.1 Lage .....	25
4.2 Bevölkerung .....	25
4.3 Zentralitätsgefüge .....	26
4.4 Wirtschaftsraum.....	27
4.5 Verkehrsträger Schiene .....	27
4.6 Verkehrsträger Straße .....	29
4.7 Verkehrsträger Wasser und Luft .....	31
<b>5 Aufbau des Verkehrsmodells.....</b>	<b>32</b>
5.1 Vorbemerkungen .....	32
5.2 Erreichbarkeitsanalyse.....	32
5.2.1 Datengrundlage Open-Street-Map.....	33
5.2.2 Parametrisierung des Straßennetzes.....	35
5.2.3 Implementierung von Haltestellen.....	36
5.2.4 Implementierung von ÖV-Linien und Linienrouten.....	37
5.2.5 Implementierung des Fahrplans für Bahn und Bus .....	37
5.2.6 Berechnungsschritte .....	38
5.3 Potenzialanalyse.....	38
5.3.1 Erweiterung Netzmodell .....	40
5.3.2 Verkehrserzeugung.....	43
5.3.3 Verkehrsverteilung .....	55
5.3.4 Verkehrsmittelwahl .....	59
5.3.5 Verkehrsumlegung .....	67
5.3.6 Modellkalibrierung .....	68
5.3.7 Prognosefälle.....	69
5.4 Abschließende Modellbetrachtung.....	71
5.4.1 Detaillierungsgrad .....	71
5.4.2 Stärken und Schwächen des Modells .....	71
<b>6 Voraussetzungen für die Umsetzung.....</b>	<b>73</b>
6.1 Ergebnisse und Interpretation .....	73
6.1.1 Erreichbarkeit.....	73
6.1.2 Verkehrsaufkommen .....	74
6.2 Hemmnisse .....	77
6.3 Anforderungen.....	77
<b>7 Schlussfolgerung .....</b>	<b>78</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>80</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>84</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Verkehrsnetz in der Region Varaždin .....	1
Abbildung 2:	Ablaufschema dieser Arbeit.....	3
Abbildung 3:	Eingliederung des Kapitels in die Arbeit .....	5
Abbildung 4:	Kernpunkte des Weißbuches und deren Relevanz für den ÖPNV .....	9
Abbildung 5:	CO <sub>2</sub> -Ausstoß verschiedener Verkehrssysteme .....	10
Abbildung 6:	Kapazität von Verkehrsmitteln im Vergleich .....	11
Abbildung 7:	Die Region Varaždin in Kroatien .....	25
Abbildung 8:	Vergleich der Reisegeschwindigkeiten im Bahnregionalverkehr.....	28
Abbildung 9:	Vergleich von Reisegeschwindigkeit und Haltestellenabstand im Bahnregionalverkehr .....	29
Abbildung 10:	Stadtbus am zentralen Busbahnhof Varaždins [Autobusi, 2011] .....	31
Abbildung 11:	Arbeitsschritte Erreichbarkeitsanalyse.....	33
Abbildung 12:	Haltestellendefinitionen für das Verkehrsmodell.....	37
Abbildung 13:	Ausschnitt Erreichbarkeitsdarstellung .....	38
Abbildung 14:	Arbeitsschritte Potenzialanalyse.....	39
Abbildung 15:	EW-Aufteilung im Stadtgebiet Varaždin.....	41
Abbildung 16:	Getrennte Zellanbindung je Modus .....	43
Abbildung 17:	Mobilitätsraten im zeitlichen Vergleich (1989-2011).....	45
Abbildung 18:	Mobilitätsraten im Strukturvergleich .....	45
Abbildung 19:	Pro-Kopf-Kosten für Dienstleistungen je nach Stadtgröße [Airinfo, 2012] .....	46
Abbildung 20:	Bestimmung des Sonntagsfaktors $b_{so}$ (Quelle: HBS [2005]).....	47
Abbildung 21:	Faktor $k_w$ in Abhängigkeit des Sonntagsfaktors (Quelle: HBS [2005]).....	47
Abbildung 22:	Mobilitätskennziffern für Deutschland, Quelle: Ahrens [2009].....	48
Abbildung 23:	Aufteilung der Wege .....	49
Abbildung 24:	Ergebnisse der Fahrgastbefragung in der Bahn, Region Varaždin März 2011.....	50
Abbildung 25:	Verkehrszweckmatrix im Verkehrsmodell Varaždin .....	55
Abbildung 26:	Ansätze der Attraktionsfunktion (Quelle: VISUM Benutzerhandbuch).....	56
Abbildung 27:	Ausschnitt aus der Optimierungsmatrix.....	57
Abbildung 28:	Nutzenfunktion über die Wegweitenverteilung .....	58
Abbildung 29:	Gewählter Logit-Ansatz .....	59
Abbildung 30:	Berechnungsschritte der Verkehrsmittelwahl .....	60
Abbildung 31:	Systemskizze Verkehrsmittelwahl.....	61
Abbildung 32:	Häufigkeit einzelner RZVs im Untersuchungsgebiet .....	62
Abbildung 33:	ÖV-Anteil in Abhängigkeit des Motorisierungsgrades, [Daten: Knoflacher, 1975]...	63
Abbildung 34:	Entwicklung der Motorisierung in der Kroatien und Deutschland (Daten entnommen aus Schmucki [2001], EuroStat [2011], Croatian Bureau of Statistics [2011]) .....	64
Abbildung 35:	Einflussfaktoren auf den bedienqualitätsabhängigen ÖV-Anteil.....	65
Abbildung 36:	Simulationsmodell ORIENT: ÖV-Anteil in Abhängigkeit des Erschließungsgrades .....	67
Abbildung 37:	Tagesganglinie für alle Nachfrageschichten .....	68
Abbildung 38:	Negative Spirale zwischen Kfz und Bus [Ortuzar Willumsen, 2000] .....	70

Abbildung 39: Lineare Extrapolation des Motorisierungsgrades.....	70
Abbildung 40: ÖV-Anteil je Prognosefall.....	74
Abbildung 41: Lage der Screenline .....	75
Abbildung 42: Belastungen über die Screenline .....	76
Abbildung 43: Ablauf 4-Stufen-Algorithmus mit Dateibenennung .....	84
Abbildung 44: EW-Aufteilung im Stadtgebiet von Varaždin .....	84
Abbildung 45: Erreichbarkeitskarte IV – Oberzentrum .....	87
Abbildung 46: Erreichbarkeitskarte IV – Unterzentren .....	88
Abbildung 47: Erreichbarkeitskarte ÖV-Oberzentrum Früh .....	89
Abbildung 48: Erreichbarkeitskarte ÖV-Unterzentren Früh .....	90
Abbildung 49: Erreichbarkeitskarte ÖV-Oberzentrum Abend .....	91
Abbildung 50: Erreichbarkeitskarte ÖV-Unterzentrum Abend .....	92
Abbildung 51: Verkehrsbelastungen Bestandsnetz A0 - West.....	93
Abbildung 52: Verkehrsbelastungen Bestandsnetz A0 - Ost.....	94
Abbildung 53: Verkehrsbelastungen Prognosefall P1 - West.....	95
Abbildung 54: Verkehrsbelastungen Prognosefall P1 - Ost .....	96
Abbildung 55: Verkehrsbelastungen Prognosefall P2 - West.....	97
Abbildung 56: Verkehrsbelastungen Prognosefall P2 - Ost .....	98

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Gliederung dieser Arbeit .....	4
Tabelle 2:	Aspekte der Systemabgrenzung .....	4
Tabelle 3:	EU-Weißbücher zum Thema Verkehr (1992 – 2012) .....	6
Tabelle 4:	Themenblöcke im Abschnitt 2 - EU-Weißbuch Verkehr 2011 .....	11
Tabelle 5:	Aspekte zur Attraktivierung des ÖV (EU-Weißbuch Verkehr 2001).....	12
Tabelle 6:	Arten der Entkopplung nach SPRITE (EU-Weißbuch Verkehr 2001) .....	13
Tabelle 7:	Vergleich von ÖV-Kennwerten mit und ohne Wettbewerb .....	16
Tabelle 8:	Die Regionen im Vergleich.....	21
Tabelle 9:	Genäherte Festlegung der Zentralität auf Basis der Einwohnerzahl [FGSV, 2010].....	26
Tabelle 10:	Politische Stellung und Zentralität der Kommunen in Varaždin.....	26
Tabelle 11:	Kategorisierung der Region auf Basis der Einwohnerdichte [Mehlhorn et.al., 2001]..	27
Tabelle 12:	ÖV-Kennwerte .....	30
Tabelle 13:	Einschränkungen durch Open-Street-Map .....	34
Tabelle 14:	Fahrstreifenkapazität in Abhängigkeit von Straßentyp und $v_0$ [GUARD, 2011] .....	35
Tabelle 15:	Umfang Netzmodell .....	36
Tabelle 16:	Ermittlung der Schülerzahlen .....	51
Tabelle 17:	Gewichtung nicht-heimbasierter Wege nach Zentralitätsgefüge.....	53
Tabelle 18:	Strukturgrößen und Erzeugungsraten der Verkehrserzeugung.....	53
Tabelle 19:	Erzeugungsraten und Strukturgrößen der Verkehrserzeugung.....	54
Tabelle 20:	ÖV-Anteil in Abhängigkeit der Bedienqualität.....	66
Tabelle 21:	Übersicht Prognosefälle .....	69
Tabelle 22:	Stärken und Schwächen des Modells.....	72

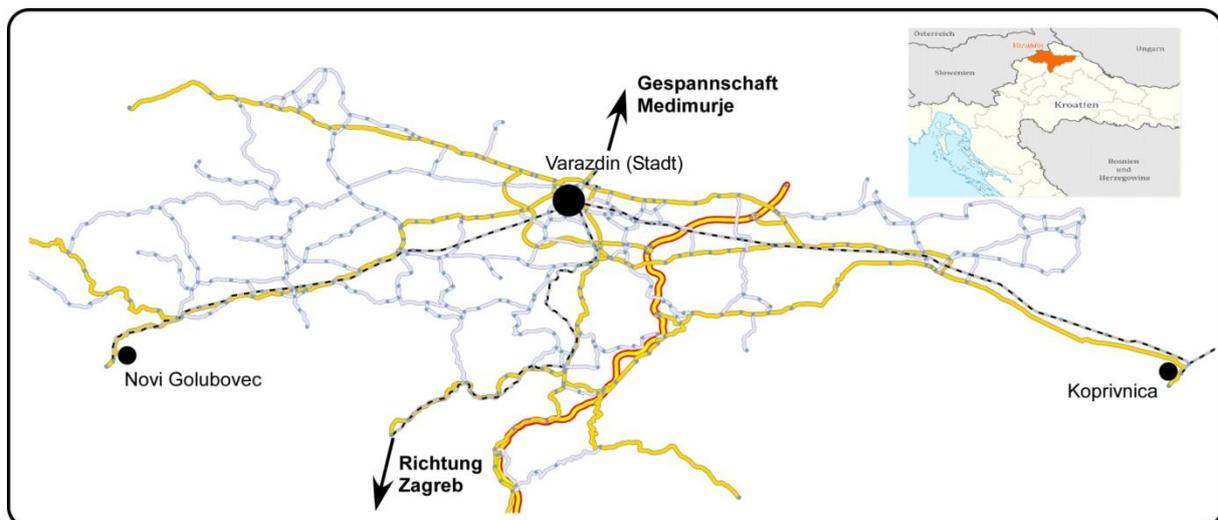
## Abkürzungen

BIP	Bruttoinlandsprodukt
EG	Europäische Gemeinschaft (bis 1993 EWG)
EU	Europäische Union
EWG	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft (seit 1993 EG)
IV	Individualverkehr
NVP	Nahverkehrsplan
ÖPNV	Öffentlicher Personen Nahverkehr
ÖV	Öffentlicher Verkehr
PEK	Pan-Europäischer-Korridor
RVK	Regionales Verkehrskonzept
RZV	Reisezeitverhältnis
VEP	Verkehrsentwicklungsplan

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Die Gespanschaft Varaždin im Norden Kroatiens ist eine ländlich geprägte Region mit ca. 175.000 Einwohnern und einer Fläche von 1.262 km<sup>2</sup> (entspricht in der Steiermark den Bezirken Graz und Graz-Umgebung). Die größte Stadt, Varaždin, hat knapp 50.000 Einwohner und seit einigen Jahren ein eigenes Minibussystem [vgl. Varaždin-Bus Blog]. Drei Eisenbahnstrecken (Spurweite 1.435 mm) durchziehen die Gespanschaft: eine vom zentral gelegenen Varaždin nach Osten (bis Koprivnica), eine nach Süden (über Zabok nach Zagreb) und eine im Westen (bis Novi Golubovec) sowie ins nördlich angrenzende Međimurje führend (Abbildung 1). Damit sind vier der fünf weiteren Städte in der Region (jeweils rd. 10.000 Einwohner) an das Schienennetz angeschlossen. Durch die Gespanschaft führt in Nord-Süd-Richtung die Autobahn A4, die Zagreb mit Ungarn verbindet (PEK-Korridor Nr. V). Das vorhandene Angebot im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) wird durch Bus- und Bahnlinien gebildet welche aus einer Summe von Einzellösungen bestehen, die kein integriertes ÖV-System bilden. Von organisatorischer Seite fehlen die Abstimmung sowie ein gemeinsamer Verkehrsverbund. Betrieblich gesehen treten Parallelverkehre auf. Der Fahrplan besteht aus spezifischen Lösungen, die zum Teil auf den Schülerverkehr ausgerichtet sind.



**Abbildung 1: Verkehrsnetz in der Region Varaždin**

Im von der Europäischen Kommission herausgegebenen Weißbuch für Verkehr [EU-Kommission 2001] werden wesentliche Ziele für den ÖPNV definiert; diese sind:

- Sichere, effiziente und hochwertige Personenverkehrsdienste im
- regulierten Wettbewerb, unter Berücksichtigung
- sozialer, umweltpolitischer und raumplanerischer Faktoren sowie
- die Beseitigung von Ungleichheiten zwischen Verkehrsunternehmen verschiedener Mitgliedsstaaten

Der Öffentliche Verkehr soll von seinem, bisher häufig anzutreffendem Status einer „letzten Möglichkeit“ zur Abdeckung von Mobilitätsbedürfnissen hin zu einem integralen Bestandteil der Regionalentwicklung gehoben werden. Nahverkehrspläne sind ein geeignetes Instrumentarium zur Planung eines effizienten ÖV-System. Die derzeitigen Nahverkehrspläne im deutschsprachigen Raum variieren jedoch stark in der Detailtiefe, von einem reinem Konzeptentwurf, bis hin zu fertigen Liniennetzen mit Fahrplänen.

Mit einem möglichen EU-Beitritt Kroatiens 2013 wird auch die Region Varaždin den ÖPNV aktiv nach den Zielen der EU planen müssen.

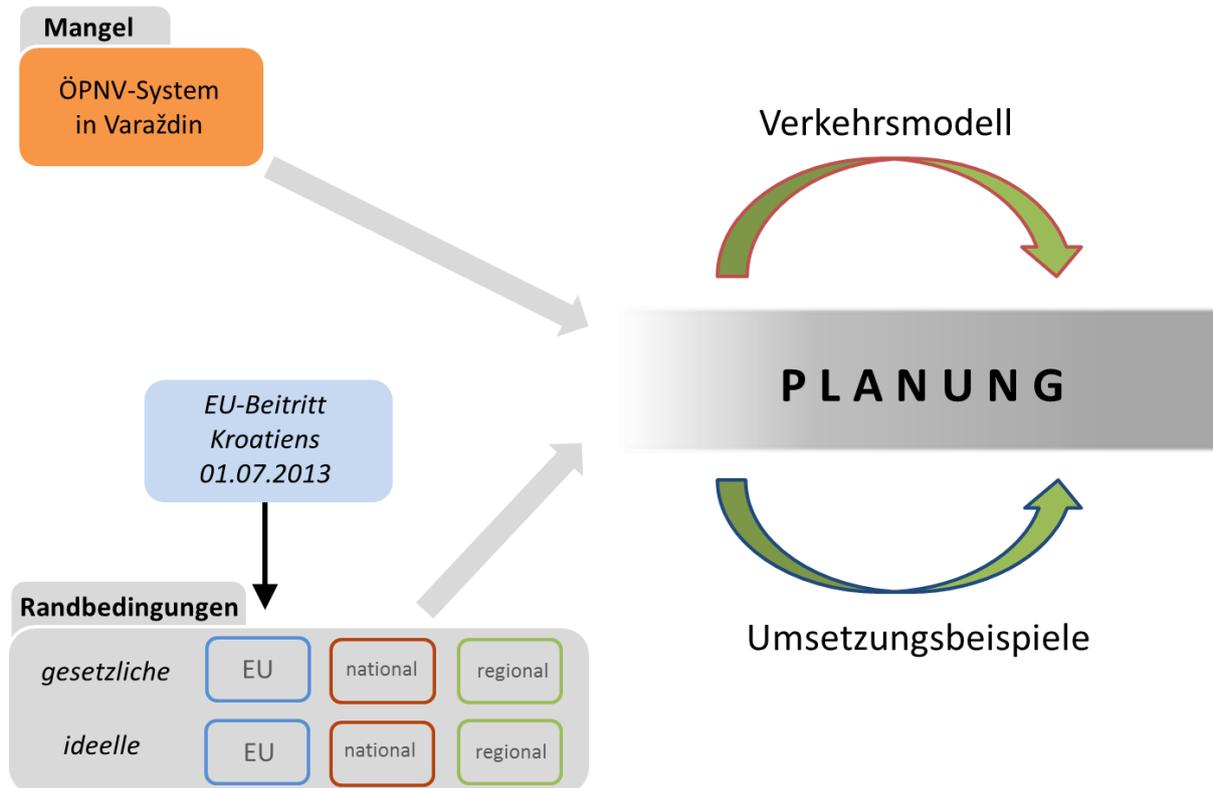
## **1.2 Ziele der Arbeit**

Folgende Fragestellungen sollen mit dieser Arbeit beantwortet werden:

- Welche Regelungen zum ÖPNV sieht die EU vor?
- Wie werden die EU-Vorstellungen zum ÖPNV in strukturähnlichen Beispielen bezüglich der rechtlichen Situation, der Abstimmung untereinander und deren Wirkungen umgesetzt?
- Wie sieht die verkehrliche Struktur in der Region Varaždin aus?
- Welche Potenziale im ÖPNV weist die Region auf?
- Welche Voraussetzungen für die Umsetzung eines den EU-Vorstellungen entsprechenden ÖPNV gilt es zu beachten?

## **1.3 Vorgehensweise**

Die Problemstellungen dieser Arbeit werden systematisch bearbeitet. Der Zusammenhang der inhaltlichen Elemente ist als Ablaufschema in Abbildung 2 dargestellt.



**Abbildung 2: Ablaufschema dieser Arbeit**

Den Ausgangspunkt verkehrsplanerischer Tätigkeiten bildet ein Mangel. In der Gespanschaft Varaždin weist das System des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) qualitative und quantitative Mängel auf, die sich über die Abweichung von Zielvorstellungen quantifizieren lassen. Bevor der Bestand in Form einer Strukturanalyse (Kapitel 4) betrachtet wird, werden die gesetzlichen und ideellen Zielsetzungen, die sich zu Rahmenbedingungen ergeben, betrachtet (Kapitel 2). Mit diesem Wissen ausgestattet, werden Umsetzungsbeispiele und die dort angewandten Maßnahmen (z.B. Nahverkehrsplan) betrachtet (Kapitel 3). Die Umsetzung auf den Anwendungsfall Varaždin geschieht mit einem Verkehrsmodell, es werden Erreichbarkeiten und Fahrgast-Potenziale betrachtet (Kapitel 5). Abschließend werden die gesammelten Erkenntnisse zusammengeführt um Potenziale, Anforderungen und Hemmnisse für die Entwicklung des ÖPNV in Varaždin zu erlangen (Kapitel 0).

Aus diesem Ablauf folgt die in Tabelle 1 angeführte Gliederung dieser Arbeit.

**Tabelle 1: Gliederung dieser Arbeit**

KAPITEL	INHALT	VORGEHENSWEISE / METHODIK
1 Einleitung	Einführung	
2 EU Regelungen ÖPNV	Randbedingungen der EU	Literaturrecherche der gesetzlichen Regelungen
3 Umsetzungsbeispiele	Das Instrument Nahverkehrsplan zur zielgerichteten Planung des ÖPNV	Analyse Fallbeispiele (Deutschland, Österreich)
4 Strukturanalyse	Analyse der Region	Daten sammeln und aufbereiten (Grundlage für grafische Aufbereitung im Verkehrsmodell (Netzmodell))
5 Verkehrsmodell	Erreichbarkeit und Potenzial	Netzmodell, Umlegungsmodell, Varianten (Software PTV Vision)
6 Hemmnisse und Anforderungen	Ergebnisse	Auswertung und Interpretation
7 Schlussfolgerung	Voraussetzungen zur Umsetzung eines ÖPNV nach EU-Vorstellungen	Empfehlungen

## 1.4 Abgrenzung

Der Inhalt dieser Arbeit wird räumlich, zeitlich und inhaltlich abgegrenzt (Tabelle 2).

**Tabelle 2: Aspekte der Systemabgrenzung**

ASPEKT	INHALT
räumlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der Untersuchungsraum ist die Gespanschaft Varaždin, das Untersuchungsgebiet schließt angrenzende Einzugsgebiete mit ein (z.B. Gespanschaft Međimurje)</li> </ul>
zeitlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Analyse des Ist-Zustandes (2011/2012) mit zwei Prognosefällen 2020</li> </ul>
inhaltlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Betrachtung des Gesamtverkehrs mit der Schwerpunkt auf den Öffentlichen Verkehr im Binnenverkehr (ÖPNV)</li> <li>▪ 2 Varianten für das ÖPNV Angebot</li> </ul>

## 2 Regelungen der EU zum ÖPNV

Im Sinne der Gemeinschaft prägt die Europäische Union (EU) rechtliche Grundlagen für das Verkehrswesen ihrer Mitgliedsstaaten. Um sich tiefergehend mit der Umsetzung verkehrlicher Fragestellungen beschäftigen zu können, ist die Kenntnis über die gesetzlichen Grundlagen, und das Verständnis über die ideellen Grundlagen erforderlich. Dieses Kapitel legt den Schwerpunkt auf die Betrachtung der EU-Weißbücher Verkehr und behandelt ergänzend die wichtigsten Verordnungen zu dieser Thematik.

Die Eingliederung dieses Kapitels in den Kontext der Arbeit zeigt Abbildung 3.

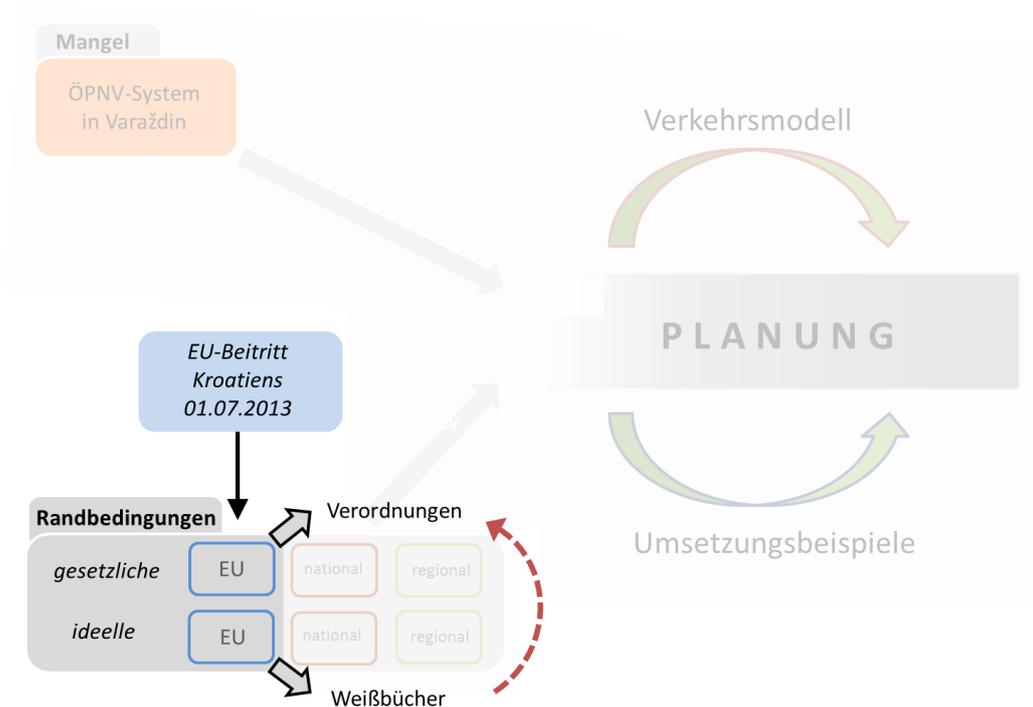


Abbildung 3: Eingliederung des Kapitels in die Arbeit

### 2.1 Europäische Verkehrspolitik

#### 2.1.1 Einführung

Unter den in Artikel 3 des Vertrages über die Europäische Union (EUV) festgelegten Ziele und Aufgaben finden sich

- die Gewährleistung des freien Personenverkehrs aller Bürger,
- die Errichtung eines Binnenmarktes und
- die Verbesserung der Umweltqualität.

Bereits aus diesen Punkten lässt sich indirekt die Einflussnahme auf den Verkehr ablesen.

Der Europäischen Union steht eine Reihe von Rechtsinstrumenten zur Verfügung. Vorwiegend über Verordnungen und Richtlinien verlautbart sie ihre Regelungen zur Durchführung von Verkehrsdiensten. Verordnungen sind ein starkes Mittel der Rechtsdurchsetzung, sie gelten

unmittelbar in jedem Mitgliedsstaat. Richtlinien hingegen werden von den Mitgliedern in das nationale Recht übernommen.

Neben diesen Rechtsinstrumenten veröffentlicht die EU auch Papiere mit nicht bindendem Charakter. Ein Beispiel hierfür sind Weißbücher, welche die Ideen für das Vorgehen in einem bestimmten Themenfeld zusammenfassen. Sie dienen als Grundlage zur Diskussion und bilden häufig die Basis für Verordnungen.

### 2.1.2 Bisherige Entwicklungen

Ausschlaggebend für eine Reihe von Veränderungen im Öffentlichen Verkehr, war die Vorstellung der EU, diesen einerseits attraktiver als auch wirtschaftlicher zu gestalten. Einhergehend mit der Denkweise in anderen Bereichen wurde, zur Erfüllung dieser Anforderungen, das Ziel entwickelt den ÖV einem möglichst fairen Wettbewerb zu unterlegen. Die große Herausforderung besteht und bestand darin, die meist staatsnahen Verkehrsunternehmen, die fast überwiegend Monopolstellungen besaßen, in ein wettbewerbsfähiges System überzuführen.

## 2.2 Die Weißbücher der Europäischen Union

Die Europäische Union verfasst und veröffentlicht durch das Organ der Europäischen Kommission Weißbücher zu gesamteuropäischen Themenbereichen. „Ein Weißbuch ist eine Sammlung mit Vorschlägen zum Vorgehen in einem bestimmten Bereich.“<sup>1</sup> „Die von der Europäischen Kommission veröffentlichten Weißbücher enthalten Vorschläge für ein gemeinschaftliches Vorgehen in einem bestimmten Bereich. Sie knüpfen zum Teil an Grünbücher an, die einen Konsultationsprozess auf europäischer Ebene in Gang setzen.“<sup>2</sup>

Weißbücher werden von der Europäischen Kommission in unregelmäßigen Abständen veröffentlicht. Sie weisen inhaltlich unterschiedliche Gültigkeitszeiträume auf. Tabelle 3 zeigt eine Übersicht über alle bisher (Stand 2012) herausgegebenen Weißbücher der Europäischen Kommission zum Thema Verkehr.

**Tabelle 3: EU-Weißbücher zum Thema Verkehr (1992 – 2012)**<sup>3 4</sup>

VERÖFFENTLICHUNG	VOLLER TITEL
2011, März	Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum- Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem
2004, Oktober	Weißbuch zur Überprüfung der Verordnung (EWG) Nr. 4056/86 über die Anwendung der EG-Wettbewerbsregeln auf den Seeverkehr
2001, September	Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft

<sup>1</sup> Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fbuch>

<sup>2</sup> Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fbuch#Wei.C3.9Fb.C3.BCcher\\_der\\_EU](http://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fbuch#Wei.C3.9Fb.C3.BCcher_der_EU)

<sup>3</sup> Quelle: [http://europa.eu/documentation/official-docs/white-papers/index\\_de.htm](http://europa.eu/documentation/official-docs/white-papers/index_de.htm)

<sup>4</sup> Quelle: [http://www.europarl.europa.eu/factsheets/4\\_5\\_1\\_de.htm](http://www.europarl.europa.eu/factsheets/4_5_1_de.htm)

1998, Juli	Faire Preise für die Infrastrukturbenutzung: Ein abgestuftes Konzept für einen Gemeinschaftsrahmen für Verkehrs-Infrastrukturgebühren in der EU
1996, Juli	Eine Strategie zur Revitalisierung der Eisenbahn in der Gemeinschaft
1992, Dezember	Weißbuch über die künftige Entwicklung der gemeinsamen Verkehrspolitik

Den ÖPNV betreffende Vorschläge finden sich daraus in den Weißbüchern von 2001 und 2011. Während sich die Veröffentlichung aus dem Jahr 2004 auf den Seeverkehr beschränkt, haben die Veröffentlichungen von 1996 und 1998 keinen direkten Einfluss auf die Umsetzung des schienengebundenen Nahverkehrs, lediglich auf dessen Organisation.

Von großer Bedeutung für das ggst. Thema sind die Weißbücher 2001 und 2011, wobei der Fokus auf die letztgültige Fassung gelegt wird.

Aus oben genannten Kriterien ergeben sich folgende drei wesentliche Grundlagen für die Bearbeitung (chronologische Auflistung):

- Weißbuch Verkehr der EU Kommission 2001
- Verordnung EG 1370/2007 über öffentliche Personenverkehrsdienste auf Schiene und Straße
- Weißbuch Verkehr der EU Kommission 2011

### 2.2.1 Das Weißbuch Verkehr 2011

Das Weißbuch Verkehr, im vollen Namen „*WEISSBUCH: Fahrplan zu einem einheitlichen europäischen Verkehrsraum – Hin zu einem wettbewerbsorientierten und ressourcenschonenden Verkehrssystem*“, welches in der letztgültigen Fassung am 28. März 2011, durch die Europäische Kommission herausgegeben wurde umfasst folgende Abschnitte:

- Zukunftsausrichtung des europäischen Verkehrsraumes
- Eine Vision für ein wettbewerbsorientiertes und nachhaltiges Verkehrssystem
- Die Strategie – was zu tun ist
- Fazit

Dem Aufbau des Weißbuchs folgend werden in diesem Kapitel die inhaltlichen Abschnitte betrachtet. Den Schwerpunkt der Analyse bilden das Aufgreifen der ÖPNV-relevanten Bereiche und die Zusammenfassung der resultierenden Aussagen.

#### **Abschnitt 1 – Zukunftsausrichtung des europäischen Verkehrsraumes**

Im ersten Kapitel des Weißbuches werden die wichtigsten Themenpunkte zur aktuellen verkehrspolitischen Situation aufgegriffen. Sie lassen sich in sieben Kernpunkte zusammenfassen:

- Die Bedeutung des Verkehrs und der Mobilität.
- Die Vollendung des Verkehrsbinnenmarktes durch Verbindung aller Regionen des europäischen Kontinents.
- Der Umgang mit den aufkommenden Veränderungen des Verkehrs.
- Die Umweltbelange und die Nachhaltigkeit.
- Die Ölabhängigkeit.
- Den Wirtschaftssektor um den Verkehr.

- Die Infrastruktur und die Problematik der Überlastung.

Die grundlegende **Bedeutung des Verkehrs** wird bereits in Absatz 1 erwähnt: *„Der Verkehr ist Grundlage unserer Wirtschaft und Gesellschaft. Mobilität ist das Lebenselixier des Binnenmarktes...“* Die Wichtigkeit des Verkehrs auf das Wirtschaftssystem wird herausgestrichen. Der Zusammenhang als Förderer des Handels wird in Absatz 10 erwähnt.

Dem Ziel der **Vollendung des Verkehrsbinnenmarktes** stehen laut Absatz 4 vor allem *„erhebliche Engpässe und andere Hindernisse“* gegenüber. Ergänzend wird in Absatz 11 als Herausforderung die Zusammenführung des östlichen und westlichen Teils Europas angestrebt. Absatz 2 geht auf die Umfänglichkeit *„all seiner Regionen“* ein.

Als **aufkommende Veränderungen** werden in Absatz 3 das Zusammenführen von alten und neuen Herausforderungen gesehen. Absatz 8 beschreibt konkreter die Bedeutung neuer Technologien für Fahrzeuge und das Verkehrsmanagement.

Umfangreich behandelt werden die **Umweltbelange** (vor allem in Form der Nachhaltigkeit) des Verkehrs. Absatz 4 erwähnt die Begrenztheit der Ressourcen, in Absatz 6 werden die Treibhausgasemissionen thematisiert. Wesentliches Kriterium hierbei ist die Einhaltung der Klimaziele, also die Begrenzung des Temperaturanstieges durch den Klimawandel auf unter 2°C. Absatz 10 weist auf die Minimierung der negativen Umweltauswirkungen bezüglich der Infrastruktur hin. Die Problematiken der fehlenden Nachhaltigkeit des Verkehrs in derzeitiger Form, also der ungehinderten Weiterführbarkeit nach bestehenden Gesichtspunkten, werden in Absatz 13 durch Zahlen verdeutlicht. Der Umstieg auf erneuerbare Energiequellen gehe zu langsam vor sich.

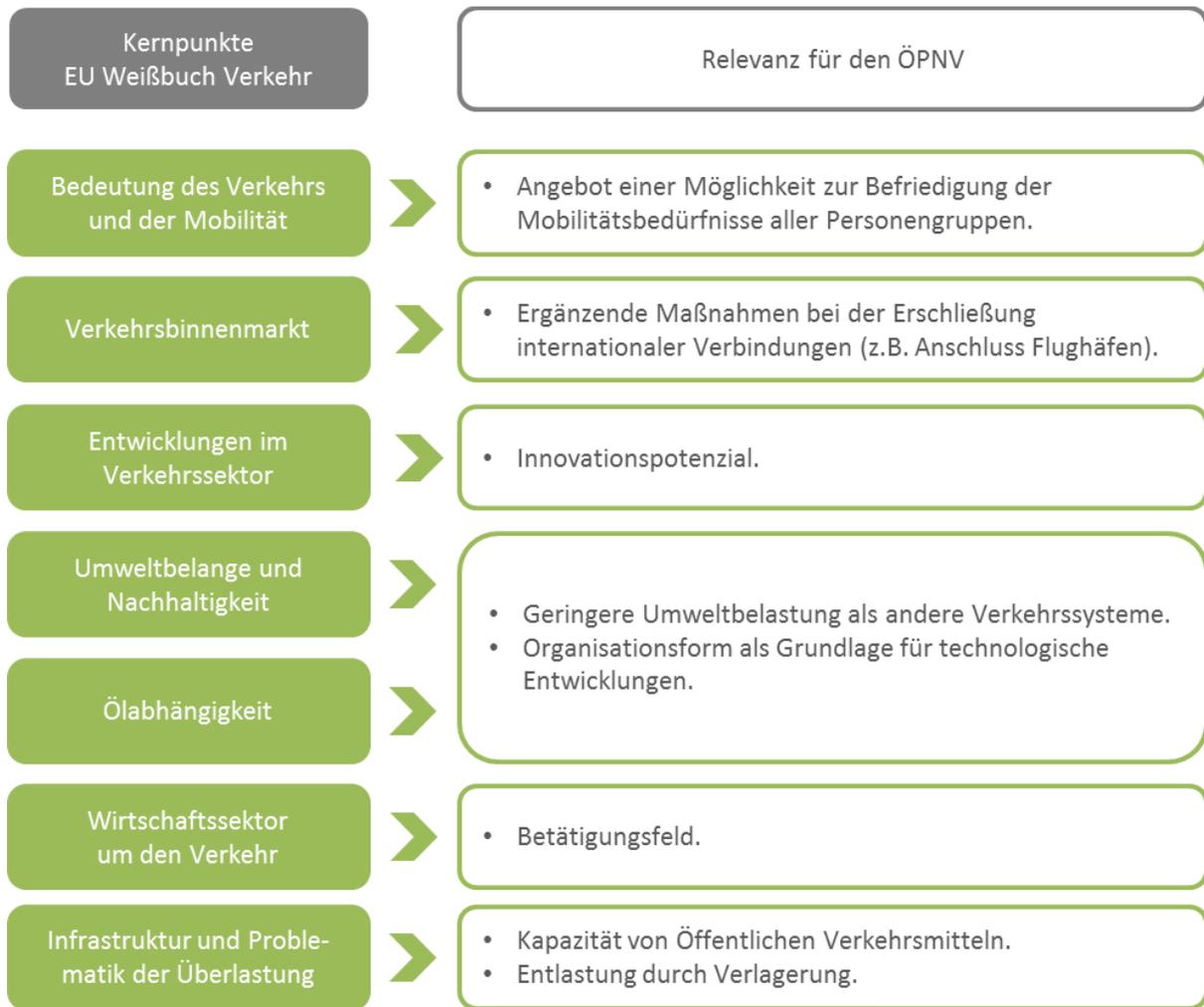
Die **Ölabhängigkeit** ist Thema in den Absätzen 5 und 7. Es geht hierbei um die Unsicherheit der Lieferquellen und den, *„umso stärker steigenden Ölpreis, je weniger erfolgreich die Welt die Umstellung auf nichtfossile Energieträger meistert.“* Außerdem wird der große Kostenfaktor des Öles (EU-Ölimporte um rd. 210 Mrd. EUR 2010) dargestellt. Absatz 7 zeigt außerdem, dass 96% des Energiebedarfs des Verkehrs von Öl oder Ölerzeugnissen abhängig sind.

In einem weiteren Punkt wird in Absatz 9 der **Wirtschaftssektor Verkehr** angesprochen. Die weiterhin führende Position von europäischen Unternehmen in den Bereichen *„Infrastruktur, Logistik, Verkehrsmanagementsystemen und der Produktion von Verkehrsmitteln“* wird als Ziel ausgesprochen. Es geht um die Fortsetzung von Modernisierungen und Innovationen.

In Absatz 11 werden die **Überlastung der Infrastruktur**, besonders auf den Straßen und im Luftraum, und die dadurch erfolgende Beeinträchtigung der Zugänglichkeit angeführt. Absatz 13 streicht außerdem die zu erwartende Steigerung von überlastungsbedingten Kosten um 50% bis 2050 heraus.

### **Die Rolle des ÖPNV in den Kernpunkten des Weißbuches**

Abbildung 4 stellt die angeführten Kernpunkte den daraus ableitbaren Anforderungen des ÖPNV gegenüber.



**Abbildung 4: Kernpunkte des Weißbuches und deren Relevanz für den ÖPNV**

Es zeigt sich, dass sich aus den Kernpunkten eine Reihe von Anforderungen an den ÖPNV ableiten lassen.

Die Bedeutung des Verkehrs wird, dem Weißbuch nach, durch die wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung erklärt. Vor allem für die gesellschaftliche Abdeckung der Bedürfnisse nach Mobilität ist der ÖPNV ein grundlegendes Instrument. Für alle Bevölkerungsschichten kann eine Grundversorgung durch geeigneten ÖPNV angeboten werden. Der öffentliche Verkehr schließt, im Gegensatz zum Individualverkehr, beinahe keine Personengruppen von der Nutzung aus. Im Individualverkehr hingegen gelten körperliche (Fähigkeit), gesetzliche (Alter, Erlaubnis) und finanzielle (Steuer, Maut, Kosten) Einschränkungen. Dies zeigt sich in diversen Statistiken, in denen Pkw-Verfügbarkeiten von 64% (jederzeit) bis 78% (zeitweise) angegeben werden<sup>5</sup>. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass bis zu einem Drittel der Bevölkerung von der Nutzung von Pkw, als Lenker, ausgeschlossen werden.

Für den europäischen Verkehrsbinnenmarkt kommt dem ÖPNV einer vorwiegend ergänzende Aufgabe zu. Absatz 23 des Weißbuches: „*Flughäfen, Häfen, Fern-, U-Bahn- und Busbahnhöfe sollten besser verknüpft und multimodalen Anschlussplattformen für Reisende werden*“. Beispielhaft wird unter den „Zehn Zielen für ein wettbewerbsorientiertes und ressourcenschonendes Verkehrssystem“

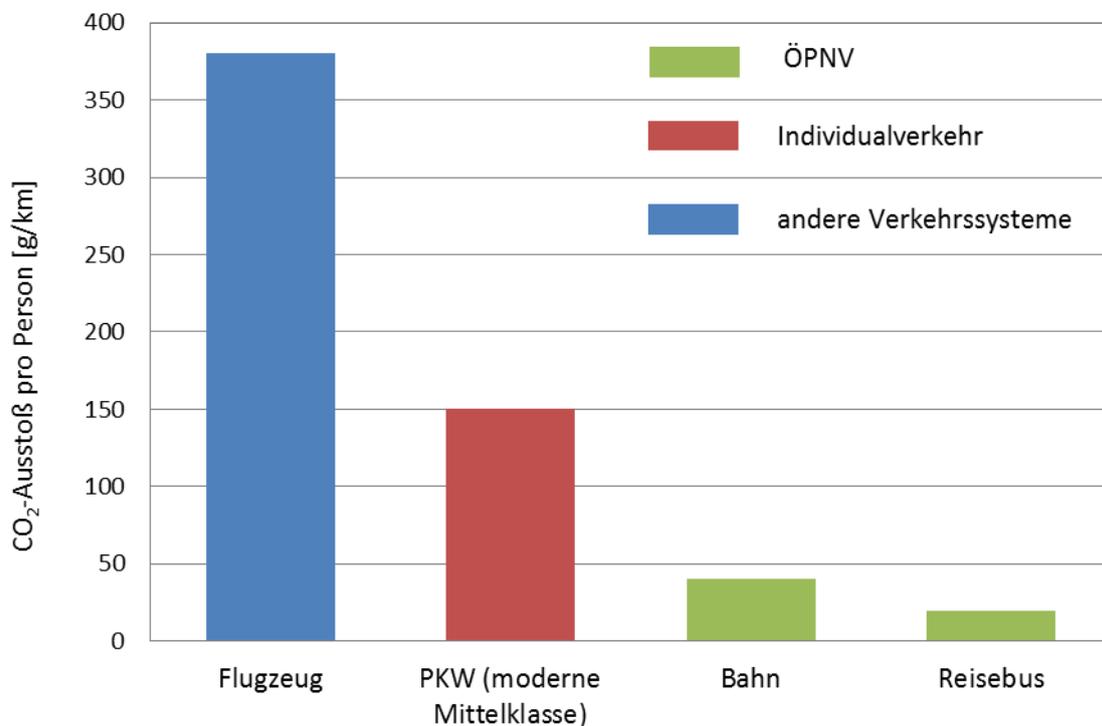
<sup>5</sup> Quelle: <http://www.passau.de/Stadtentwicklung-Verkehr/Verkehrsentwicklungsplan/Bestandsanalyse.aspx>

als Punkt 6 folgendes Ziel genannt: „Bis 2050 Anbindung aller Flughäfen des Kernnetzes an das Schienennetz...“

Der ÖPNV ist auch in jüngster Vergangenheit häufiger Rahmen innovativer Forschungsarbeiten. Innovative Mobilitätslösungen werden von Raithofer [2011] beschrieben, das Projekt IMMOREG [verkehrplus, 2012] gibt Implementierungsstrategien an.

Die größte Bedeutung hat der ÖPNV bei der Erreichung von Umweltzielen. Neben der geringeren Umweltbelastung sind auch die Möglichkeiten der Technologieentwicklung, durch die gemeinschaftliche Organisation, von Bedeutung. Dies kann zum Beispiel bei der einheitlichen Umstellung einer Busflotte auf alternative Energieträger einen Beitrag zur Unabhängigkeit vom Rohstoff Öl liefern.

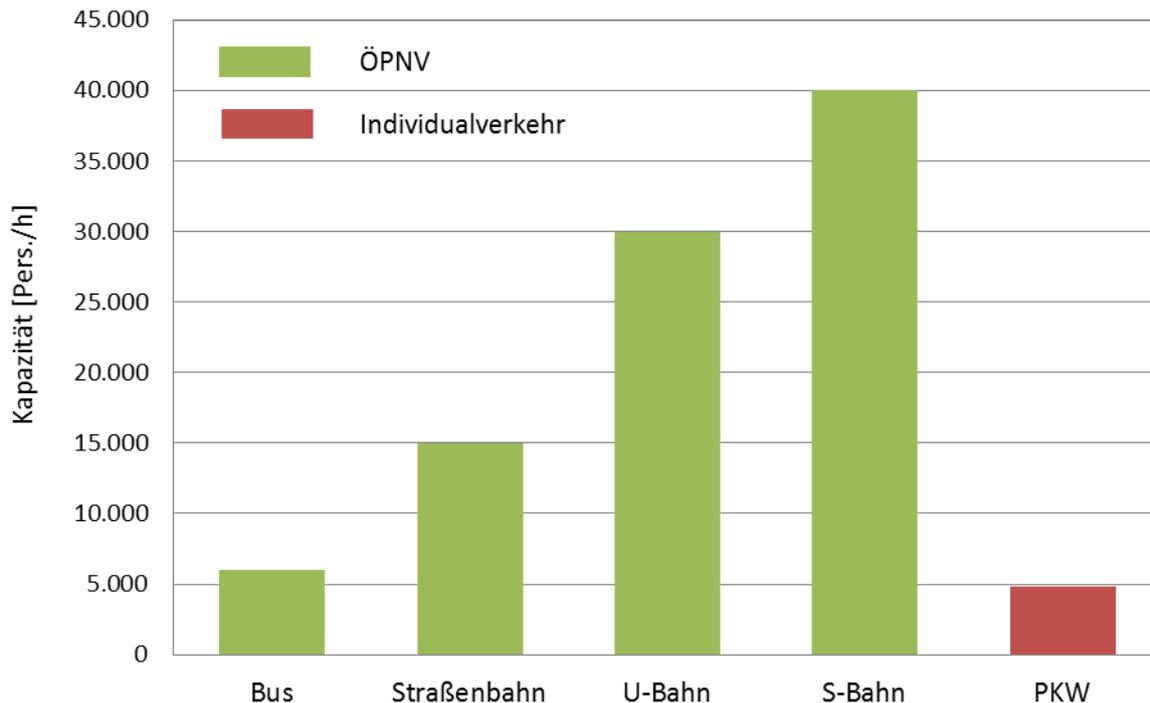
Abbildung 5 zeigt die geringere Umweltbelastung des ÖPNV gegenüber anderen Verkehrssystemen anhand durchschnittlicher CO<sub>2</sub>-Ausstoß-Werten pro Person.



**Abbildung 5: CO<sub>2</sub>-Ausstoß verschiedener Verkehrssysteme**

Der Bereich des Wirtschaftssektors Verkehr trifft den ÖPNV in gleichem Maße wie andere Verkehrssegmente. Seine Infrastruktur ist ebenso von äußeren Gegebenheiten abhängig wie beispielsweise die Straßeninfrastruktur. Aufgaben der Verkehrsplanung und des Verkehrsmanagements sind häufig verkehrsmittelübergreifend.

Ein ÖPNV-System kann der Überlastung von (Straßen)-Infrastruktur entgegensteuern. Der fahrgastbezogene Bedarf an Infrastruktur im ÖPNV, bezogen auf die Beförderungsleistung je Fahrweg, ist geringer als im Individualverkehr (siehe Abbildung 6).



Datenquelle: Vorlesungsunterlagen VO Güter- und Nahverkehr, Teil Nahverkehr, Tab. S. 42, Institut für Eisenbahnwesen, TU Graz, WS 2011/12

**Abbildung 6: Kapazität von Verkehrsmitteln im Vergleich**

## Abschnitt 2 – Eine Vision für ein wettbewerbsorientiertes und nachhaltiges Verkehrssystem

Der zweite Abschnitt gliedert sich in vier Teile, welche thematisch vier Themenblöcken zugordnet werden können (siehe Tabelle 4).

**Tabelle 4: Themenblöcke im Abschnitt 2 - EU-Weißbuch Verkehr 2011**

Themenblock	Bezug ÖPNV
Umwelt	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Den ÖPNV als umweltfreundlicher Verkehrsmittel fördern, die Anwendung des Individualverkehrs auf die flächige Verteilung beschränken.</li> <li>▪ CO<sub>2</sub>-Intensität im Stadtverkehr vermindern.</li> </ul>
Verkehr über mittlere Entfernungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Als Verkehr über mittlere Entfernungen wird die Beförderung von Personen und Gütern zwischen den Städten, vor allem innerhalb des europäischen Raumes, gesehen. Dem ÖPNV kommt durch die verstärkt geforderte Multimodalität und der Anbindung der Fernverkehrssysteme in die Fläche Bedeutung zu.</li> <li>▪ Bildung von tariflichen Verbundsystemen</li> </ul>

Fernverkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zubringerfunktion: Ziel z.B. Anbindung aller Flughäfen des Kernnetzes an das Schienennetz relevant.</li> </ul>
Stadtverkehr	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nachfragesteuerung über die Flächennutzungsplanung</li> <li>▪ Mindestverpflichtungen erhöhen durch verbesserte Verfügbarkeit die ÖV-Nachfrage auch außerhalb derer Wirkungsbereiche</li> </ul>

### 2.2.2 Weißbuch Verkehr 2001

Das Weißbuch Verkehr 2001 schränkt seinen Gültigkeitshorizont selbst auf die Jahre 2003 bis 2010 ein. Trotz des Auslaufens dieses Zeitraumes sollen an dieser Stelle die wesentlichen ÖPNV-relevanten Punkte daraus erwähnt werden, da das letztgültige Weißbuch (2011) auf den Ideen von damals aufbaut.

Die Förderung des ÖPNV wird im Kapitel IV. *Rationalisierung des Stadtverkehrs* thematisiert. Für die Attraktivierung des öffentlichen Verkehrs werden zwei Aspekte genannt (siehe Tabelle 5).

**Tabelle 5: Aspekte zur Attraktivierung des ÖV (EU-Weißbuch Verkehr 2001)**

Attraktivierung des Öffentlichen Verkehrs	
Infrastruktur	Dienstleistungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ U-Bahn-Linien</li> <li>▪ Straßenbahnen</li> <li>▪ Fahrradwege</li> <li>▪ Vorrangspuren für öffentliche Verkehrsmittel</li> <li>▪ ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bedienungsqualität</li> <li>▪ Fahrgastinformation</li> <li>▪ ...</li> </ul>

Die Einhebung von Mautgebühren in Städten (für ruhenden als auch für fließenden Verkehr) wird im Weißbuch 2001 als wichtige Maßnahme gesehen. Ergänzend unbedingt gefordert ist eine Nutzung der dadurch eingenommenen Mittel, für Maßnahmen die das allgemeine Nahverkehrsangebot verbessern. Denn nur bei Ausbildung von attraktiven Alternativen kann der Öffentliche Verkehr wettbewerbsfähig sein.

Das Weißbuch gibt nicht nur Vorschläge, sondern analysiert auch laufende Entwicklungen. Ein Beispiel ist die Veränderung der Nutzergewohnheiten hin zu einer sich angleichenden Fahrtenverteilung über den Tag. Die Unterscheidung zwischen Spitzen- und Schwachlastzeiten wird zunehmend unbedeutender.

Ein weiterer Punkt im Weißbuch 2001 ist die Entkopplung. Dabei sollen externe Parameter, wie zum Beispiel das Wirtschaftswachstum, von einem Verkehrswachstum beziehungsweise einem daraus resultierenden Anstieg der Belastung für die Bevölkerung und Umwelt, getrennt werden. In der Studie SPRITE wurden hierfür verschiedene Maßnahmen entwickelt. Ein Ausschnitt ist beispielhaft in Tabelle 6 dargestellt.

**Tabelle 6: Arten der Entkopplung nach SPRITE (EU-Weißbuch Verkehr 2001)<sup>6</sup>**

Bereich der Entkopplung	Wirtschaftstätigkeit	Verkehrssystem	Umweltauswirkungen
Indikator	BIP (Personen- und Tonnenkilometer)	Fahrzeugkilometer	Schadstoffemissionen
Maßnahmen zur Entkopplung (Beispiele)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stadtplanung</li> <li>• Organisation der Arbeit (z.B. Telearbeit)</li> <li>• System der industriellen Produktion</li> <li>• Raumordnung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tarifierung</li> <li>• Intelligente Verkehrssysteme</li> <li>• Verlagerung der Verkehrsträgeranteile</li> <li>• Bessere Fahrzeugauslastung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schadstoffärmere Kraftstoffe und Fahrzeuge</li> <li>• Geschwindigkeitsbeschränkung</li> <li>• Energieeffizienz der Motoren</li> </ul>

In einigen Punkten geht das Weißbuch Verkehr relativ unkonkret auf den öffentlichen Nahverkehr ein und unterstellt bei unterschiedlichen Bedingungen etc. eine positive Entwicklung. Nachfolgende Zitate zeigen das sehr gut.

„Ein höherer Anteil des öffentlichen Nahverkehrs wird es in Verbindung mit Mindestverpflichtungen ermöglichen, die Dichte und Häufigkeit der Verkehrsdienste zu erhöhen, was wiederum positive Rückwirkungen für den öffentlichen Nahverkehr zur Folge hat. Mit einer entsprechenden Nachfragesteuerung und Flächennutzungsplanung kann das Verkehrsaufkommen verringert werden. Die Förderung des Fußgänger- und Fahrradverkehrs sollte als integraler Bestandteil in die Konzeption der städtischen Mobilität und Infrastruktur einfließen.“ (S. 10, Pkt. 31).

„Angesichts der allgemein abnehmenden Lebensqualität der europäischen Bürger, die unter einer wachsenden Verkehrsüberlastung in den Städten leiden, schlägt die Kommission – unter Beachtung der Subsidiaritätsprinzips – vor, die Übernahme vorbildlicher Praktiken zur besseren Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel und der Nahverkehrseinrichtungen zu fördern. Es bedarf einer besseren Handhabung des Nahverkehrs durch die Kommunen, um die Modernisierung der Öffentlichen Dienstleistungen und die rationelleren Pkw-Nutzung miteinander vereinbar zu machen. Diese Maßnahmen, die Voraussetzung für die Erreichung einer nachhaltigen Entwicklung sind, gehören sicherlich zu den am schwierigsten umzusetzen den Maßnahmen. Insbesondere können nur zu diesem Preis die in Kyoto eingegangenen völkerrechtlichen Verpflichtungen zur Verringerung – CO<sub>2</sub>-Ausstoßes eingehalten werden.“ (Weißbuch 2001, S. 24)

Diese Empfehlung wird seitens staatlicher Organisationen bereits umgesetzt, so zeigt das Projekt ImMoReg [verkehrplus, 2011] im Auftrag des Klima- und Energiefonds bereits vielschichtige

<sup>6</sup> SPRITE zitiert in EU-Weißbuch Verkehr 2001

Möglichkeiten smarterer Mobilitätslösungen und Ansatzpunkte zur Umsetzung nachhaltiger Mobilitätslösungen.

Zur Erstellung von **Nahverkehrsplänen** definiert das Regionalisierungsgesetz [Deutscher Bundestag, 1993] in Deutschland bereits klare Regeln, was der Öffentliche Personennahverkehr ist:

„Die Sicherstellung einer ausreichenden Bedienung der Bevölkerung mit Verkehrsleistungen im öffentlichen Personennahverkehr ist eine Aufgabe der Daseinsvorsorge. Die Stellen, die diese Aufgabe wahrnehmen, werden durch Landesrecht bestimmt.

Öffentlicher Personennahverkehr im Sinne dieses Gesetzes (Anm.: RegG) ist die allgemein zugängliche Beförderung von Personen mit Verkehrsmitteln im Linienverkehr, die überwiegend dazu bestimmt sind, die Verkehrsnachfrage im Stadt-, Vorort- oder Regionalverkehr zu befriedigen. Das ist im Zweifel der Fall, wenn in der Mehrzahl der Beförderungsfälle eines Verkehrsmittels die gesamte Reiseweite 50 Kilometer oder die gesamte Reisezeit eine Stunde nicht übersteigt.

Zur Stärkung der Wirtschaftlichkeit der Verkehrsbedienung im öffentlichen Personennahverkehr ist anzustreben, die Zuständigkeiten für Planung, Organisation und Finanzierung des öffentlichen Personennahverkehrs zusammenzuführen. Das Nähere regeln die Länder.“ (RegG)

Nachfolgend werden die für den ÖPNV relevanten EU-Verordnungen aufgezeigt.

## **2.3 Verordnungen (EWG) 1191/69, (EWG) 1893/91 und (EG) 1370/2007**

Die Verordnung EWG 1191/69 bildet die Grundlage für die gesetzlichen europäischen Regelungen im ÖPNV. Die Verordnungen 1893/91 und 1370/2007 sind Überarbeitungen der ursprünglichen Fassung. Sie adaptieren die Anforderungen an die sich im Laufe der Zeit ändernden Rahmenbedingungen.

Ergänzend wird die EU-Richtlinie 91/440 mit Bedeutung für den schienengebundenen ÖV angeführt.

### **2.3.1 Verordnung (EWG) Nr. 1191/69**

Die Verordnung der EWG vom 26. Juni 1969 regelt erstmals das Vorgehen der Mitgliedstaaten bei, mit dem Begriff des öffentlichen Dienstes verbundenen Verpflichtungen, auf dem Gebiet der Eisenbahn-, Straßen- und Binnenschiffsverkehrs. Sie bildet somit die Grundlage für alle europäischen Gesetzgebungen im ÖPNV. Sie trat bis 1972 in allen Mitgliedsstaaten in Kraft und ist unmittelbar geltendes Recht für alle Verkehrsunternehmen.

Das Ziel dieser Verordnung ist es, die Verfälschungen der Wettbewerbsbedingungen in der Vergabe von Linienkonzessionen, die sich durch die Unterschiede ergeben, mit denen die Verpflichtungen des öffentlichen Dienstes in den Mitgliedstaaten behaftet sind. Sie bildet die ersten Voraussetzungen zur Schaffung eines europäischen Wettbewerbs durch das Definieren von Pflichten für den Betreiber und die Standardisierung von Ausgleichszahlungen bei nicht kostendeckenden, hoheitlich geforderten Angeboten. Durch diese Verordnung werden die diesbezüglichen bisherigen Gesetzgebungen der Mitgliedstaaten aufgehoben.

## Inhalt

Die Verordnung definiert folgende Verpflichtungen des öffentlichen Dienstes:

- Betriebspflicht,
- Beförderungspflicht,
- Tarifpflicht.

**Betriebspflicht:** Ist die Verpflichtung für das Verkehrsunternehmen, alle Maßnahmen zu treffen, um eine Verkehrsbedienung auf den ihnen durch die Konzession übertragenen Strecken sicherzustellen. Die Verkehrsbedienung muss festgesetzte Normen für die Kontinuität, die Regelmäßigkeit und die Kapazität einhalten. Ergänzend eingeschlossen sind die Verpflichtungen die Betriebseinrichtungen, auch im Falle einer Betriebseinstellung, in gutem Zustand zu erhalten.

**Beförderungspflicht:** Ist die Verpflichtung für das Verkehrsunternehmen, alle Personen- oder Güterbeförderungen zu bestimmten Beförderungsentgelten und Beförderungsbedingungen anzunehmen und auszuführen.

**Tarifpflicht:** Ist die Verpflichtung für das Verkehrsunternehmen, insbesondere bei bestimmten Gruppen von Reisenden bzw. bei bestimmten Verkehrswegen, behördlich festgelegte oder genehmigte Entgelte anzuwenden, auch wenn diese mit den kaufmännischen Interessen des Unternehmens nicht vereinbar sind.

Von den Behörden können Verkehrsbedienungen festgelegt werden. Das Ausreichen dieser Bedienung ist nach folgenden Kriterien zu beurteilen:

- dem öffentlichen Interesse
- der Möglichkeit des Einsatzes anderer Verkehrsmittel sowie der Feststellung ob diese Verkehrsmittel geeignet sind, die betreffenden Verkehrsbedürfnisse zu befriedigen
- den Beförderungsentgelten und Beförderungsbedingungen

Die Abgeltung von wirtschaftlichen Nachteilen, die durch die Betriebs- oder Beförderungspflicht erwachsen, und ihre Bemessung, sind durch die Ermittlung der wirtschaftlichen Nachteile geregelt. Hierfür werden die zugeordneten Kosten den Einnahmen gegenübergestellt und die Differenz abgegolten.

### 2.3.2 Verordnung (EWG) Nr. 1893/91

Die Verordnung der EWG vom 20. Juni 1991 beinhaltet die Änderung der VO 1191/69. Der Bedarf nach einer Überarbeitung der alten Verordnung ergab sich vorwiegend aus dem Konflikt zwischen der Gestaltung des Öffentlichen Verkehrs im Wettbewerb bei zeitgleicher Sicherstellung bestimmter Verkehrsdienste bzw. sozialer Tarifvorstellungen. Dahingehend werden Änderungen vorgenommen, sowie Regeln für Verträge über Verkehrsdienste aufgrund von Verpflichtungen des öffentlichen Dienstes aufzustellen.

In Österreich werden die Bestimmungen dieser Verordnung im Öffentlichen Personennah- und Regionalverkehrsgesetz (OEPNRV-G) umgesetzt.

### 2.3.3 Verordnung (EG) Nr. 1370/2007

Der Schaffung der Verordnung 1370/2007 war ein langer Entwicklungsprozess vorausgegangen. Im Jahr 2002 wurde ein umfassender Vorschlag zur Überarbeitung der Verordnung 1893/91 verfasst, mit dem Ziel die entstandenen Rechtsunsicherheiten durch die die Schaffung des kontrollierten Wettbewerbs zu klären. Außerdem konnten die Vorteile des eingeschlagenen Lösungsweges mit Zahlen untermauert werden (Tabelle 7).

**Tabelle 7: Vergleich von ÖV-Kennwerten mit und ohne Wettbewerb**

	Jährliche Veränderungsrate in Zahlen bei der Personenbeförderung	Jährliche Veränderungsrate beim Anteil der durch die Tarife gedeckten Betriebskosten
Städte mit kontrollierten Wettbewerb	+ 1,8 %	+ 1,7 %
Städte ohne Wettbewerb im öffentlichen Verkehr	- 0,7 %	+ 0,3 %
Städte mit Deregulierung und wesentliche Kontrolle durch Behörden	- 3,1 %	+0,3 %

Die Daten beziehen sich auf den öffentlichen Verkehr in 30 großen Städten der EU. Es ist ersichtlich, dass der kontrollierte Wettbewerb die meisten neuen Fahrgäste angezogen hat, bei gleichzeitig besseren finanziellen Ergebnissen.

Die Verordnung der EG vom 23. Oktober 2007 ist eine weitere Überarbeitung der oben genannten Verordnungen, dessen wesentlicher Inhalt eine allgemeine Ausschreibungspflicht für Verkehrsleistungen mit jährlichen Betriebskosten über 3 Mio. € ist [vgl. Winter, 2005]. Außerdem werden die Ziele aus dem Weißbuch Verkehr von 2001 in diese Verordnung eingearbeitet.

#### Inhalt

Maßnahmen wenn der ÖPNV nicht wirtschaftlich tragbar ist, jedoch in sozialer Hinsicht wichtig:

- Die Gewährung ausschließlicher Rechte an die Betreiber eines öffentlichen Dienstes.
- Die Gewährung einer finanziellen Ausgleichsleistung für Betreiber eines öffentlichen Dienstes.
- Die Festlegung allgemeiner Vorschriften für den Betrieb öffentlicher Verkehrsdienste, die für alle Betreiber gelten (Mindeststandards).

Bisherige Verordnungen geben sehr viel Interpretationsspielraum für die nationalen Gesetzgeber, deshalb sind diese Gesetz oftmals sehr individuell, was es für international agierenden Verkehrsunternehmen schwierig macht sind in diesen Märkten zu positionieren. (Absatz 6)

Grundsätze bei der Personenverkehrsdienstvergabe sind nach Absatz 9 der Verordnung 1370/2007:

- Transparenz,
- Gleichbehandlung konkurrierender Betreiber,
- Verhältnismäßigkeit.

Absatz 12 beschreibt, dass es unerheblich ist ob der Betreiber öffentlich oder privat ist, alle werden (theoretisch) gleich behandelt!

Museumsbahnen etc. „Verkehrsdienste, die häufig in Verbindung mit spezieller Infrastruktur stehen, werden hauptsächlich aufgrund ihres historischen Interesses oder zu touristischen Zwecken betrieben“ werden von den Regelungen ausgenommen, da sie nicht dem Betrieb eines öffentlichen Personenverkehrsdienstes dienen. (Absatz 13)

### **2.3.4 EU-Richtlinie 91/440**

Hinsichtlich des schienengebundenen Öffentlichen Verkehrs hat die EU-Richtlinie 91/440 Bedeutung, sie betrifft im Wesentlichen den Schienenverkehr und fordert eine Trennung zwischen Netz und Betrieb sowie einen diskriminierungsfreien Netzzugang für alle bestimmten Bedingungen genügenden Verkehrsunternehmen [vgl. Winter, 2005].

## **2.4 Zusammenfassung**

„Die Hauptziele des Weißbuch Verkehr 2001 sind die Gewährleistung sicherer, effizienter und hochwertiger Personenverkehrsdienste durch einen regulierten Wettbewerb, der auch die Transparenz und Leistungsfähigkeit öffentlicher Personenverkehrsdienste garantiert, und zwar unter Berücksichtigung sozialer, umweltpolitischer und raumplanerischer Faktoren, oder das Angebot spezieller Tarifbedingungen zugunsten bestimmter Gruppen von Reisenden, wie etwa Rentner, und die Beseitigung von Ungleichheiten zwischen Verkehrsunternehmen aus verschiedenen Mitgliedstaaten, die den Wettbewerb wesentlich verfälschen können“ [Europäische Kommission, 2002]. Die Weißbücher Verkehr beschreiben diese Ziele. Die Verordnungen regeln die Umsetzung.

Diese Zielsetzungen werden in einer Vielzahl von Verordnungen mehr oder minder konkretisiert. Die Vorteile des Wettbewerbs werden sogar durch empirische Daten belegt [vgl. VO (EG) Nr. 1370/2007]. Um die hohen und umfangreichen Anforderungen an das System ÖV erhalten zu können, folgen dem eine Reihe weiterer Voraussetzungen, wie die Vereinheitlichung des Systems, die Sicherstellung einer Grundversorgung, die Gewährung von Fahrgastrechten und die Erfüllung von Umwelanforderungen.

### **3 Umsetzung in strukturähnlichen Beispielen**

Kroatien wird voraussichtlich der 28. Mitgliedsstaat der Europäischen Union (geplanter Beitritt am 01.07.2013), EU-Rechtsvorschriften werden somit auch für Kroatien Bedeutung haben und in nationales Recht umgesetzt werden müssen. Die in Kapitel 2 behandelten Voraussetzungen werden bereits in vielen EU-Ländern mit unterschiedlichem Fortschritt und Ausgangssituationen umgesetzt. In diesem Kapitel werden die, strukturell vergleichbaren, Regionen Steyr (Oberösterreich, Österreich) und Cuxhaven (Niedersachsen, Deutschland) und deren vorliegenden Verkehrsplanungen kurz analysiert. Ziel ist es, die Möglichkeiten der Umsetzungstiefe und Detailliertheit der vorliegenden Planungen zu betrachten, positive Elemente zu unterstreichen und Konfliktpunkte zu identifizieren. Zusätzlich wird das Regionale Verkehrskonzept von der mit Varaždin flächengleichen Region Graz und Graz Umgebung kurz analysiert.

#### **3.1 Grundlagen zur Umsetzung**

Einführend werden zwei mögliche Instrumente der Umsetzung, der Verkehrsentwicklungsplan und der Nahverkehrsplan kurz vorgestellt. Während der Verkehrsentwicklungsplan alle Elemente des Verkehrs umfasst, beschränkt sich der Inhalt von Nahverkehrsplänen auf den ÖPNV. Zusätzlich wird auf die Regionalen Verkehrskonzept für Regionen der Steiermark eingegangen.

##### **3.1.1 Verkehrsentwicklungsplan**

Der Verkehrsentwicklungsplan (auch Generalverkehrsplan bzw. Gesamtverkehrsplan) gibt ein Leitbild für die Entwicklung im Bereich Verkehr vor. Der Umfang kann sich auf Städte, Regionen oder ganze Staaten beziehen. Der Prognosehorizont kann unterschiedlich ausfallen, beträgt in der Regel jedoch 10 bis 20 Jahre. Sie sind unverbindliche und freiwillige Planungsinstrumente ohne gesetzliche Verpflichtung und ohne definierte Mindeststandards.

Ein Verkehrsentwicklungsplan (VEP) kann auch als gesamtstädtisches Verkehrskonzept gesehen werden. Ein Verkehrskonzept kann sich auf Straßenabschnitte, Plätze, etc. beschränken. Beide beinhalten eine Analyse, Bewertung und Reihung von Maßnahmen betreffend verkehrlicher Belange für einen vorgegeben Untersuchungsraum.

Ein Verkehrsentwicklungsplan beschreibt die verkehrliche IST-Situation, die Entwicklungstrends sowie die verkehrsrelevanten geplanten und/oder erwartbaren Strukturveränderungen. Es werden Maßnahmen entwickelt und dahingehend bewertet, inwieweit diese in der Lage sind die formulierten Zielsetzungen für den Planungsraum zu erreichen. Die Handlungsempfehlungen geben dann die entsprechende Perspektiven und Handlungsansätze für die Ausrichtung der Verkehrs- bzw. treffender Mobilitätspolitik vor. Die wesentlichsten allgemeinen Zielsetzungen sind das Vermeiden der Verkehrszunahme, das Verlagern von Verkehrsanteilen vom IV hin zum ÖV und Langsamverkehr (Rad- und Fußverkehr) sowie die umweltverträgliche Abwicklung des Gesamtverkehrs.

### 3.1.2 Nahverkehrspläne

Nahverkehrspläne behandeln den integrierten und iterativen Prozess der ÖV-Planung. „Die vordringlichste Aufgabe der aktuellen Nahverkehrspläne ist aber aufgrund der Ausschreibungspflicht bei den sogenannten gemeinwirtschaftlichen Verkehren die Vorbereitung des ÖV auf den intramodalen Wettbewerb um Konzessionen, indem die Grundlage zur Bündelung der Linienverkehre aufgezeigt, eine ausreichende Bedienqualität vorgegeben und auch der Rahmen für das Qualitätsmanagement aufgespannt wird.“ [Winter, 2005]

Zur Anwendung kommen die oben beschriebenen Nahverkehrspläne in Deutschland, das französische Gegenstück ist der Plan de Déplacements Urbains (PDU), in Österreich werden in Oberösterreich Regionale Verkehrskonzepte mit Fokus auf den ÖV erstellt, in der Steiermark werden Regionale Verkehrskonzepte erstellt in denen alle Verkehrsträger behandelt werden.

Folgende 7 Arbeitsschritte umfasst die Erstellung eines Nahverkehrsplans [vgl. Land Hessen, 2005]:

- AS1: Bestandsaufnahme
- AS2: Mängelanalyse
- AS3: Anforderungsprofil
- AS4: Maßnahmendefinition
- AS5: Maßnahmenwirkung
- AS6: Bewertung
- AS7: Politische Entscheidung

Winter [2005] fasst die wesentliche Inhalte aus Wettbewerbssicht mit der ausreichenden Bedienung, dem Qualitätsmanagement und der Linienbündelung zusammen. Ringat [2003] sieht auf Basis der europäischen Entwicklungen zusätzlich sehr stark die Festlegung von grundlegenden Qualitätsstandards für den Wettbewerbsmarkt.

In den Nahverkehrsplänen werden häufig auch die Vertragsformen angegeben:

- **Bruttovertrag:** Das Erlösrisiko bleibt beim Auftraggeber. Für das Verkehrsunternehmen sind die Kosten entscheidend, es hat nicht die Möglichkeit durch höhere Fahrgasterlöse Kostensteigerungen auszugleichen.
- **Nettovertrag:** Das Erlösrisiko geht an das Verkehrsunternehmen. Seine Kosten werden durch vereinbarte Anteile über die Erlöse abgedeckt.
- **Anreizvertrag:** Ist ein Bruttovertrag der für das Verkehrsunternehmen finanzielle Anreize vorsieht wenn die Fahrgasterlöse ansteigen.

Gesetzliche Regelungen für den Nahverkehrsplan, gezeigt am Nahverkehrsgesetz Niedersachsen (§6):

„Die Aufgabenträger stellen (...) jeweils für fünf Jahre einen Nahverkehrsplan auf. Im Nahverkehrsplan soll dargestellt werden:

1. welches Bedienungsangebot im Planungsgebiet besteht und welche dafür wesentlichen Verkehrsanlagen vorhanden sind,
2. welche Zielvorstellungen bei der weiteren Gestaltung des öffentlichen Personennahverkehrs verfolgt werden,
3. welche Maßnahmen unter Berücksichtigung der finanziellen Leistungsfähigkeit des Aufgabenträgers zur Verwirklichung der Zielvorstellungen nach Nummer 2 ergriffen werden sollen,
4. welche Anteile der nach Nummer 3 geplanten Investitionen auf den Schienenpersonennahverkehr und auf den sonstigen Personennahverkehr entfallen,
5. welcher Finanzbedarf sich für diese Investitionen einschließlich ihrer Folgekosten ergibt,
6. welcher Finanzbedarf für Betriebskostendefizite sich aus dem vorhandenen Bedienungsangebot und aus der Verwirklichung der Maßnahmen nach Nummer 3 ergibt und
7. wie der in den Nummern 5 und 6 dargestellte Finanzbedarf gedeckt werden soll.“

Der Nahverkehrsplan ist bei Bedarf vor Ablauf des Fünfjahreszeitraumes anzupassen und fortzuschreiben.

(2) Der Nahverkehrsplan ist anzupassen

an das geplante Bedienungsangebot der Aufgabenträger des Schienenpersonennahverkehrs oder - mangels einer solchen Planung - an das bisherige Bedienungsangebot für diesen Bereich sowie an die Ziele der Raumordnung und Landesplanung.

(3) Der Nahverkehrsplan darf nicht zu Ungleichbehandlungen von Unternehmern führen; die vorhandenen Verkehrsstrukturen sind zu beachten.

(4) Der Nahverkehrsplan ist unter Mitwirkung der vorhandenen Unternehmer aufzustellen. Soweit kreisangehörige Gemeinden oder Verbandsmitglieder gemäß § 4 Abs. 2 Aufgabenträger sind, ist ihr Einvernehmen zu den ihr Aufgabengebiet betreffenden Inhalten des Plans erforderlich. Benachbarte Aufgabenträger, kreisangehörige Gemeinden und Samtgemeinden, die Verbandsmitglieder, die Straßenbaulastträger, die Verbände, die die Interessen der Fahrgäste vertreten, sowie die Niedersächsische Landesnahverkehrsgesellschaft mbH sind zu beteiligen. Wollen Beteiligte eine Stellungnahme abgeben, so haben sie dies innerhalb von zwei Monaten zu tun. Bei einer Fortschreibung gemäß Absatz 1 Satz 3 ist nur die Mitwirkung oder Beteiligung der davon Betroffenen erforderlich.“

Beauftragt und umgesetzt werden die Nahverkehrspläne von den Landkreise bzw. entsprechenden Gesellschaften welche von einem oder mehreren Landkreisen getragen werden.

### 3.2 Auswahl der Umsetzungsbeispiele

Um die Vergleichbarkeit mit der Region Varaždin herstellen zu können bzw. Schlussfolgerungen aufstellen zu können, wurden die Beispiele mit möglichst ähnlichen Strukturen ausgewählt. Tabelle 8 zeigt den Vergleich einiger wichtiger Strukturmerkmale der Regionen Varaždin, Steyr und Cuxhaven. Ergänzend sind auch die Strukturdaten der flächengleichen Stadt-Umland-Region Graz und Graz-Umgebung aufgeführt.

**Tabelle 8: Die Regionen im Vergleich**

Region	Varaždin	Steyr <i>Quelle: ISV [2006]</i>	Cuxhaven <i>Quelle: VNO [2008]</i>	Graz / GU <i>Quelle: Fallast, Tischler [2010]</i>
<b>Untersuchungsobjekt</b>	-	Gesamtverkehrskonzept Steyr 2003	Nahverkehrsplan Cuxhaven 2008 - 2012	Regionales Verkehrskonzept
<b>Staatszugehörigkeit</b>	Kroatien	Österreich	Deutschland	Österreich
<b>Politische Einteilung</b>	Gespanschaft	Statutarstadt	Landkreis	2 Politische Bezirke
<b>Einwohner</b>	298.899 <sup>7</sup>	38.313 [7]	598.736	390.679
<b>Fläche</b>	1.991 km <sup>2</sup> <sup>8</sup>	26,54 km <sup>2</sup> [8]	1.153,29 km <sup>2</sup>	1.230,49 km <sup>2</sup>
<b>Bevölkerungsdichte</b>	150 EW/km <sup>2</sup>	1.444 EW/km <sup>2</sup> [9]	519 EW/km <sup>2</sup>	317 EW/km <sup>2</sup>

Eine Reihe weitere Fakten über die behandelten Regionen, wie Kenngrößen der Wirtschaft (BIP, Arbeitslosenquote, etc.), der Bevölkerungsstruktur (Zusammensetzung, Altersverteilung, etc.) und der Mobilität (Modal Split, Motorisierungsgrad, Fahrleistungen IV/ÖV, etc.) ergäben die Möglichkeit vielseitiger Auswertungen und Vergleiche. Ebenso von Interesse ist die zeitliche Entwicklung dieser Faktoren, als Baustein für die Evaluierung der Untersuchungsobjekte.

### 3.3 Gesamtverkehrskonzept Steyr

Das Gesamtverkehrskonzept Steyr 2003 wurde vom Institut für Straßen- und Verkehrswesen der TU Graz [ISV, 2006] erstellt. Mithilfe dieses Verkehrskonzeptes sollen, auf Basis des bereits 1993 erstellten ersten Verkehrskonzeptes, folgende Punkte überprüft werden:

- Haben sich die dem Konzept zugrundeliegenden Ziele geändert?
- Sind aus der Gegenüberstellung von aktualisierten Zielen und des derzeitigen Zustandes Mängel zu erkennen?
- Entsprechen die vorgeschlagenen, noch nicht umgesetzten Lösungsvorschläge und Maßnahmen den neuersten Erkenntnissen?

<sup>7</sup> Croatian Bureau of Statistics [2011]

<sup>8</sup> [http://de.wikipedia.org/wiki/Politische\\_Gliederung\\_Kroatiens](http://de.wikipedia.org/wiki/Politische_Gliederung_Kroatiens), 02.01.2012

- Entsprechen die seinerzeit ermittelten Auswirkungen der realisierten Maßnahmen den tatsächlichen Entwicklungen?

Das Gesamtverkehrskonzept Steyr besteht aus 7 Modulen: Problemanalyse, NMIV-Radverkehr, NMIV-Fußgängerverkehr, Öffentlicher Verkehr, MIV-KFZ-Verkehr fließend, MIV-KFZ-Verkehr ruhend und Kleinräumiges Verkehrskonzept: Steyr – Wehrgraben.

Für den Öffentlichen Verkehr von Bedeutung ist das gesamte Modul 4, sowie Ausschnitte der Problemanalyse (Modul 1).

Es wurden die vorliegenden ÖV-Konzepte evaluiert und der Ist-Zustand mit den verkehrspolitischen Zielen verglichen. Schwerpunkt der Bearbeitung war die Ermittlung und Formulierung von Schnittstellen mit anderen Verkehrsmitteln. Es erfolgte eine sehr detaillierte Ausarbeitung von Maßnahmen, welche in einer klassifizierten Prioritätenliste zusammengefasst wurden.

### **3.4 Nahverkehrsplan Cuxhaven**

Der Nahverkehrsplan behandelt die folgenden Themenpunkte:

- Gesetzliche Grundlagen
- Bestandsdarstellung (Einwohner, Pendler, Öffentliche Verkehrsangebote, Tarife, Fahrgastinformation),
- Bewertung und Mängelanalyse (Erschließungsqualität, Bedienungsqualität, Verbindungsqualität (Reisezeitverhältnis ÖV/IV),
- Ziele und Maßnahmen, und
- Umsetzung und Finanzierung.

Die methodische Vorgangsweise wurde sehr detailliert beschrieben. Es wurden hauptsächlich Vergleichsanalysen vorgenommen, die notwendigen Daten mittels Routenplaner und Fahrplanabfragen ermittelt und weiter verarbeitet. Die Bewertung der einzelnen Verbindungen erfolgte mit Fokus auf das Verkehrsangebot (Fahrtenhäufigkeit und Beförderungszeit). Die entsprechende Einordnung der einzelnen Verbindungen erfolgte in qualitativer Art und Weise, so wurden die Bedienungshäufigkeit und Bedienungsqualität entsprechend eingestuft: gut, genügend oder ungenügend.

Eine Ausarbeitung der Fahrgastnachfrage bzw. der Auswirkungen von Veränderungen des Verkehrsangebotes darauf erfolgte nicht.

Die Empfehlungen umfassen die Ziele für die Maßnahmen, die Umsetzung mit Priorität, Zuständigkeit und die Finanzierungsgrundlagen (Beteiligte und Federführung) für die vorgeschlagenen Maßnahmen. Diese Ausarbeitung ist sehr klar und zeigt, dass als Basis eine gesetzliche Grundlage mit den entsprechenden Verbindlichkeiten.

### 3.5 Regionales Verkehrskonzept Graz und Graz Umgebung

Alle Regionen der Steiermark wurden im vergangenen Jahrzehnt Untersuchungsraum eines Regionalen Verkehrskonzeptes (RVK). Stark angehalten an die Vorstellungen in der Region sollen die Finanzmittel möglichst effizient eingesetzt werden. Der Ist-Zustand wird analysiert und als Ergebnis werden Achsen und Angebotsempfehlungen definiert. Die übergeordneten Ziele eines RVKs sind:

- Entwicklung eines Verkehrsleitbildes und strategischer Optionen
- Funktionelle Gliederung des Verkehrsnetzes
- Kategorisierung des Straßennetzes
- Maßnahmenpaket

Das RVK G-GU wurde in den Jahren 2008 bis 2010 von Fallast und Tischler [2010]. Die wesentlichen Bearbeitungsphasen des RVK G-GU umfassen: Regionale Strukturen und Erreichbarkeiten, Verkehrsstrategien, Handlungsansätze und Maßnahmenpakete. Inhaltlich Schwerpunkte liegen auf Erreichbarkeitsanalysen, der Auslotung strategischer Achsen und der Kategorisierungen des Bestandes. Das Ergebnis des RVK bilden Empfehlungen für den Bereich Verkehr und Maßnahmen, welche in die Bauprogramm und das Regionale Entwicklungsprogramm übernommen werden.

Die steiermärkischen Regionalverkehrspläne liefern sehr gut fundierte Planungsgrundlagen (nach ihrer Bedeutung klassifizierte Achsen für die Verkehrsträger IV und ÖV). Detaillierte Angaben zur Finanzierung etc. werden nicht gemacht. Großes Augenmerk wird auf das Verkehrsleitbild gelegt, welches übergeordneten Charakter aufweist.

Der Inhaltsschwerpunkte liegt in der Regionalanalyse, d.h. von Bevölkerung, Raumentwicklung, Verkehrspolitische Rahmenbedingungen und Zielsetzungen.

Während in der Steiermark in den Regionalen Verkehrskonzepten alle Verkehrsträger behandelt werden, tendieren die Regionalverkehrskonzepte in Oberösterreich in Richtung der deutschen Nahverkehrspläne. Darin werden auf Bezirksebene die ÖV-Angebote untersucht und in Folge aufeinander abgestimmt. Als Ergebnis können einige direkte Verbesserungen im Angebot und in der Abstimmung untereinander vorgelegt werden [vgl. Land OÖ, 2005].

### 3.6 Zusammenfassung

Nahverkehrspläne weisen durch die definierten Geltungszeiträume und die gesetzliche Verpflichtung der Überarbeitung eine hohe Aktualität auf. Regionale Verkehrskonzepte entsprechen dem Zeitgeist der intermodalen, regionalen und mit der Raumordnung verknüpften Verkehrsplanung, basieren jedoch nicht auf umfassenden gesetzlichen Grundlagen wie der NVP. Interessant sind die unterschiedlichen Methoden, die sich von strategischer Planung und ausführlicher IST-Analyse (RVK G-GU, NVP Cuxhaven) bis zu weitschichtigen Untersuchungen (GVK Steyr) mit der Anwendung von Verkehrsmodell reichen.

Auch die Vertragssysteme (Netto, Brutto, Anreiz) werden unterschiedlich angewandt. In Österreich wird überwiegend der Bruttovertrag angewandt, der dem Verkehrsunternehmen das Erlösrisiko bzw. die Erlöschance zugesteht.

Auch die Gesetzgebung zum Nahverkehrsplan, die von 16 der 17 deutschen Bundesländer in eigener Variation erstellt wird, zeigen Unterschiede. Beispielsweise kann für die Region Varaždin ein Vorbild im Nahverkehrsgesetz Niedersachsen gefunden werden, das seinen Schwerpunkt im Schienenpersonennahverkehr sieht. Es sieht vor, die Schienenachsen als Rückgrat des öffentlichen Verkehrsangebots zu forcieren. Dieser Grundsatz passt zu den infrastrukturellen Gegebenheiten in Varaždin.

Aus den Umsetzungsbeispielen ergibt sich die Empfehlung für Varaždin, von vornherein sehr detailliert und strukturbasiert vorzugehen. Eine gute Planungsgrundlage ist die beste Basis für die Finanzierungsüberlegungen. Ausgehend von einer übergeordneten Kategorisierung inklusive eines Leitbildes (vgl. steiermärkische Regionale Verkehrskonzepte) und den Bewertungsgrößen wie im NVP Cuxhaven kann eine entsprechende Struktur für das ÖPNV-Angebot geschaffen werden. Mittels entsprechenden Planungswerkzeugen, wie zum Beispiel einem Verkehrsmodell können bereits frühzeitig entsprechende Entwicklungsperspektiven abgeschätzt und forciert respektive entsprechend verändert werden.

## 4 Strukturanalyse der Region Varaždin

Die Grundvoraussetzung für die verkehrliche Betrachtung einer Region ist das vertiefte Wissen über den bestehenden Zustand. In diesem Kapitel werden die für Verkehr und Mobilität interessanten Parameter der Region analysiert.

### 4.1 Lage

Die Region Varaždin umfasst die gleichnamige Gespanschaft im Norden Kroatiens. Sie grenzt im Norden an die Gespanschaft Međimurje, im Osten an Koprivnica-Križevci, im Süden an Zagreb (Land) sowie Krapina-Zagroje und im Westen an Slowenien. Abbildung 7 zeigt die Lage der Gespanschaft innerhalb Kroatiens.



Abbildung 7: Die Region Varaždin in Kroatien

### 4.2 Bevölkerung

Die Gespanschaft Varaždin zählt 2011 175.834 Einwohner. Etwa 55% der Bevölkerung leben in den 6 größten Städten (Varaždin, Ivanec, Novi Marof, Ludbreg und Lepoglava), wobei rd. 27% der Gesamtbevölkerung auf den Sitz des Gespans, Varaždin, fallen. Die Region hat eine Bevölkerungsdichte von 150 EW/km<sup>2</sup>. Die Bevölkerung schrumpfte in den vergangenen Jahren um ca. 0,15% p.a., dieser Trend wird sich voraussichtlich fortsetzen. [Croatian Bureau of Statistics, 2011]. Innerhalb von Kroatien ist Varaždin die dichtbesiedeltste Region.

### 4.3 Zentralitätsgefüge

Unter Zentralität versteht man den Grad der Konzentration struktureller Elemente eines Systems auf einen Ort. In der Raumordnung wird die Zentralität über die Bevölkerungsverteilung und das Vorhandensein von Einrichtungen (Versorgungsinfrastruktur, Dienstleistungen, Bildung, Verwaltung, etc.) gekennzeichnet.

In Deutschland wird die traditionelle Netzstruktur des ÖPNV auf Grundlage des Zentrale-Orte-Systems der Raumordnungspolitik gebildet. Diesem System liegen Gesetzmäßigkeiten zur Größe, Zahl und Verteilung von Siedlungen mit Dienstleistungsfunktion zu Grunde [Winter, 2005].

Zur Beschreibung der Struktur wird diese Einteilung auch auf das Untersuchungsgebiet angewendet. Da die Verteilung der Dienstleistungsfunktionen stark an die Bevölkerungsverteilung geknüpft ist, kann die Zentralität näherungsweise auf Basis der Einwohnerzahl zugeordnet werden (Tabelle 9).

**Tabelle 9: Genäherte Festlegung der Zentralität auf Basis der Einwohnerzahl [FGSV, 2010]**

ZENTRALITÄT	EINWOHNER
Oberzentrum (OZ)	> 70.000
Mittelzentrum (MZ)	> 20.000 bis 70.000
Untzentrum (UZ)	5.000 bis 20.000
Gemeinde (G)	< 5.000

Tabelle 10 zeigt die Zuordnung der Kommunen zu den oben angegebenen Zentralitätsstufen.

**Tabelle 10: Politische Stellung und Zentralität der Kommunen in Varaždin**

KOMMUNE	EINWOHNER	POLITISCHE STELLUNG	ZENTRALITÄT
Varaždin	47.055	Stadt	Mittelzentrum
Ivanec	13.765	Stadt	Untzentrum
Novi Marof	13.238	Stadt	Untzentrum
Ludbreg	8.458	Stadt	Untzentrum
Lepoglava	8.271	Stadt	Untzentrum
Varaždinske Toplice	6.399	Stadt	Untzentrum
Trnovec Bartolovecki	6.889	Gemeinde	Untzentrum
Marusevec	6.379	Gemeinde	Untzentrum
20 weitere Kommunen	< 6.000	Gemeinde	Gemeinde

Die 28 Kommunen der Gespanschaft Varaždin teilen sich in 1 Mittelzentrum, 7 Unterzentren und 20 Gemeinden.

Neben den Städten können auch Regionen in die strukturabhängigen Kategorien Verdichtungsraum, Ordnungsraum und ländlicher Raum eingeteilt werden. Die Einteilung finden auf Basis der Einwohnerdichte und der Beschäftigtenquote statt [Mehlhorn et.al., 2001]. Aufgrund der fehlenden Vollständigkeitsdaten kann für den Untersuchungsraum nur die Einwohnerdichte herangezogen werden (Tabelle 11).

**Tabelle 11: Kategorisierung der Region auf Basis der Einwohnerdichte [Mehlhorn et.al., 2001]**

KATEGORIE DER REGION	EINWOHNERDICHTE
Verdichtungsraum	> 350
Ordnungsraum	200 – 350
Ländlicher Raum	< 200

Die Gespanschaft Varaždin, als die am dichtest besiedelte Gespanschaft Kroatiens (ausgenommen der Stadt Zagreb) hat eine Einwohnerdichte von 150 EW/km<sup>2</sup> und ist demzufolge als ländlicher Raum einzustufen.

#### 4.4 Wirtschaftsraum

Der Arbeitsmarkt in der Region Varaždin ist überwiegend industriell geprägt. Die Industriestandorte beschränken sich auf die Stadt Varaždin und das nähere Umland. Die größten Arbeitgeber sind das Textilunternehmen Varteks<sup>9</sup>, die Geflügelhaltung Koka<sup>10</sup>, der Lebensmittelerzeuger Vindija<sup>11</sup> oder der Standort der österreichischen Lederverarbeitungsfirma Boxmark<sup>12</sup>. Landwirtschaftliche Flächen befinden sich in den fruchtbaren Ebenen entlang der Drau. Teile des Hügellandes werden für den Weinanbau genützt.

Die Arbeitslosigkeit in Kroatien stieg in den vergangenen Jahren kontinuierlich. Anfang 2009 lag sie bei 8,7% und ist bis Ende 2011 auf 13,9% angestiegen [Croatian Bureau of Statistics, 2012].

#### 4.5 Verkehrsträger Schiene

Die Region Varaždin wird von drei Eisenbahnlinien durchfahren. Die Strecken haben eine größere Bedeutung für den Güter- als für den Personenverkehr, und hier wiederum eine größere für den Nahverkehr. Bis auf wenige Schnellzüge nach Zagreb halten die Kurse in allen Bahnhöfen. Alleiniger Betreiber aller Personenverkehrsdienste ist die Kroatische Staatsbahn (Hrvatske željeznice, HŽ). Das

<sup>9</sup> <http://www.varteks.com/hr/>

<sup>10</sup> <http://www.facebook.com/pages/Agro-Koka-doo/105405896164952>

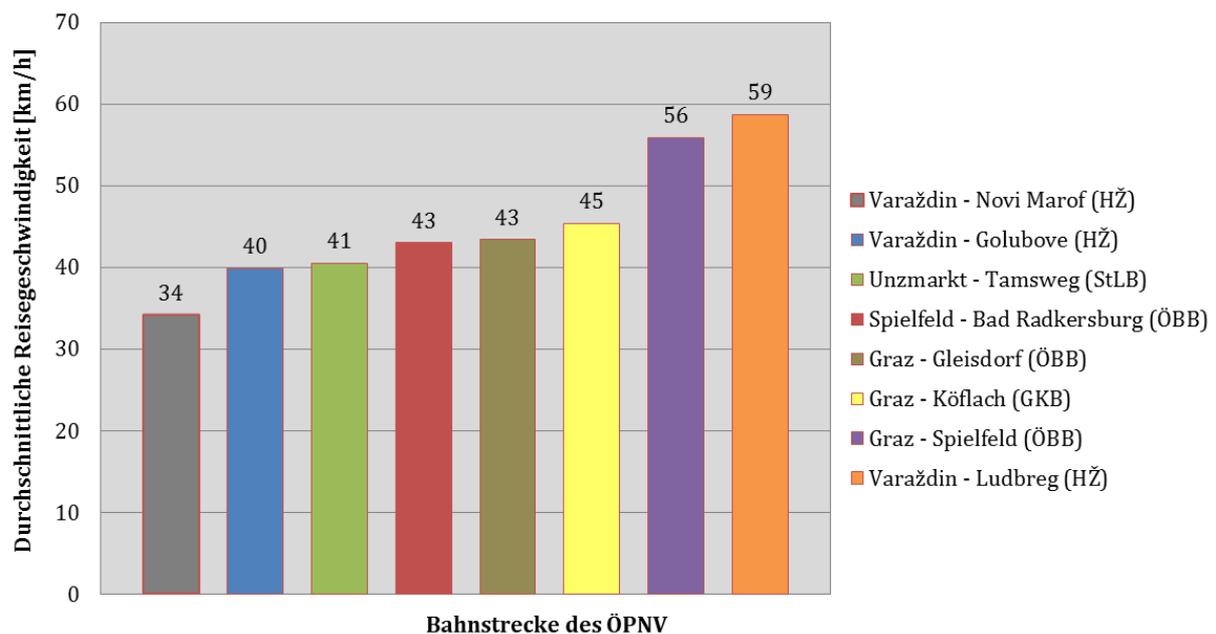
<sup>11</sup> <http://www.vindija.hr/>

<sup>12</sup> [http://www.boxmark.at/standorte\\_48.htm](http://www.boxmark.at/standorte_48.htm)

eingesetzte Wagenmaterial besteht aus Waggons der Fernbahn sowie ehemaligen schwedischen Triebwägen.

Eine Besonderheit im regionalen Bahnverkehr ist das Fehlen eines Signalsystems. Die Strecken werden durch das Personal in den Bahnhöfen gesichert. Daraus ergibt sich das Erfordernis, dass alle Bahnhöfe mit 1 bis 2 Mann besetzt sind.

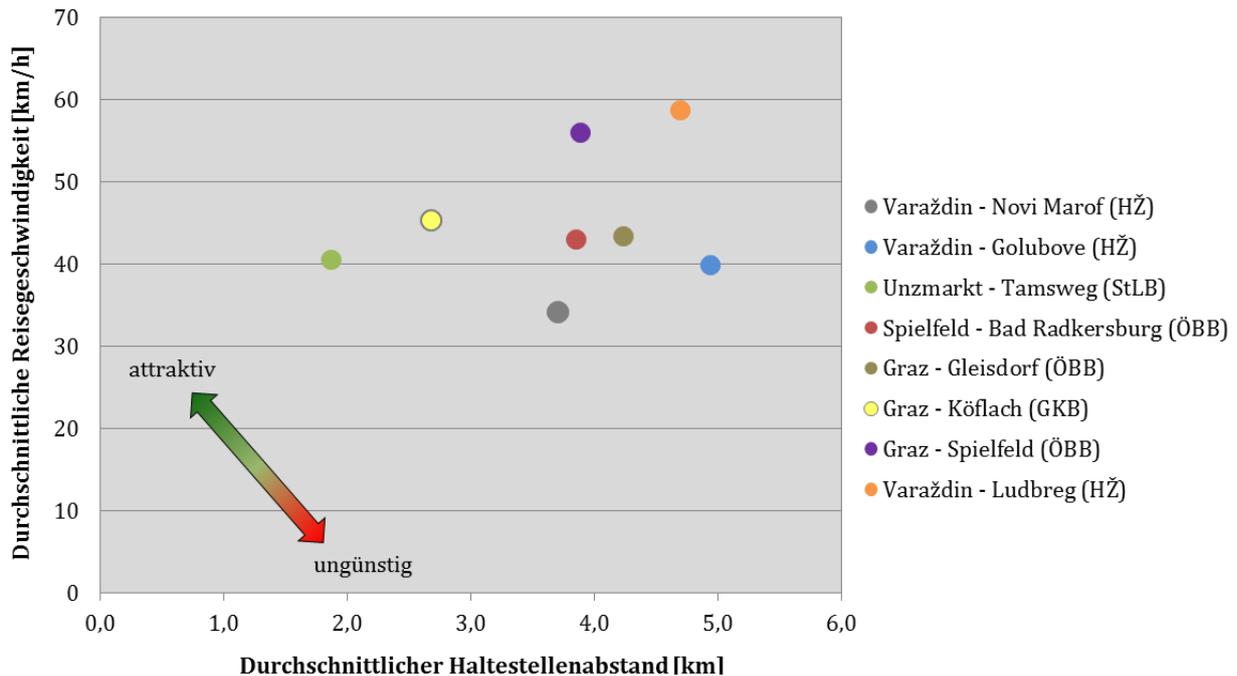
Die sich aus dem Fahrplan ergebenden Reisegeschwindigkeiten (von Anfang- bis Endbahnhof inklusive der Halte) im Regionalverkehr werden in Abbildung 8 untereinander und mit Strecken aus der Steiermark verglichen.



**Abbildung 8: Vergleich der Reisegeschwindigkeiten im Bahnregionalverkehr**

Der Vergleich zeigt ein unterschiedliches Bild für die Strecken. Die Linie nach Novi Marof weist eine Reisegeschwindigkeit vergleichbar mit der Wiener U-Bahn (eigene Berechnung, Anm. in Abbildung 8 nicht dargestellt) auf. Während die Strecke nach Novi Marof sich am unteren Ende des Bereichs steirischer Bahnstrecken befindet, weist die Strecke nach Ludbreg sogar die höchste aller erhobenen Geschwindigkeiten auf.

Diesem Geschwindigkeitsvergleich liegen jedoch keine Strukturparameter zu Grunde. Deshalb wird in Abbildung 9 zusätzlich der Haltestellenabstand betrachtet. Er ist ein Maß für die Erschließung einer Region durch die Bahn. Eine Strecke ist umso attraktiver, je höher die Erschließung, also je geringer der Haltestellenabstand bei zeitgleicher möglichst hoher Reisegeschwindigkeit ist.



**Abbildung 9: Vergleich von Reisegeschwindigkeit und Haltestellenabstand im Bahnregionalverkehr**

Daraus wird ersichtlich, dass die Bahnstrecken nach Golubovec und Ludbreg eine sehr geringe Erschließungsdichte haben. Im Vergleich zeigt sich beispielsweise, dass die Strecke Unzmarkt-Tamsweg bei 2,5-fach kleinerem Haltestellenabstand die gleiche Reisegeschwindigkeit erreicht, oder, dass annähernd gleich großer Erschließung die Strecke Graz-Spielfeld eine um 22 km/h höhere Reisegeschwindigkeit als die Strecke Varaždin-Novi Marof aufweist.

Zusammenfassend zeigt sich, dass sowohl in der flächigen Erschließung als auch in den Reisegeschwindigkeiten Potenziale für den Personenbahnverkehr der Region Varaždin zu vermuten sind.

## 4.6 Verkehrsträger Straße

Die Betrachtung des Straßenverkehrs erfolgt getrennt nach IV und ÖV.

### Individualverkehr

Als Straßenverkehrsweg der höchsten Kategorie führt die Autobahn A4, die Zagreb mit Ungarn verbindet, durch die Gespanschaft. Weitere hochrangige Straßen werden mit D gekennzeichnet (entspricht der Landesstraße in Österreich), diese umfassen die Hauptverkehrsachsen der Region. Der einzige nennenswerte Ausbau im Straßennetz ist eine südliche Umfahrung Varaždins, welche den Raum westlich der Stadt, ohne das Siedlungsgebiet zu belasten, mit den Industriestandorten und dem Autobahnzubringer verbinden.

## Öffentlicher Verkehr

Tabelle 12 fasst einige ÖV-Kennwerte der Region zusammen.

**Tabelle 12: ÖV-Kennwerte**

ÖV-Kennwerte	Gespanschaft Varaždin
<b>ÖV-Linien</b>	<b>66</b>
davon Bus	63
davon Bahn	3
<b>ÖV-Linienrouten</b>	<b>172</b>
davon Bus	166
davon Bahn	6
<b>Fahrplanfahrten (Kurse)</b>	<b>444</b>
davon Bus	382
davon Bahn	62
<b>Haltestellen</b>	<b>318</b>

Aus Daten lassen sich weitere Kennwerte die für den Regionalbusverkehr ermitteln. Es fallen durchschnittlich 6 Kurse je Tag auf eine Linie, pro Richtung ergibt das 3 Kurse je Tag. Auf eine Linienroute entfallen 2,3 Kurse je Tag, pro Richtung 1,15 Kurse je Tag. Auf jede Linie kommen 2,63 Linienrouten, zieht man davon die beiden gewöhnlichen Linienrouten (Hin und Rück) ab, ergibt das, dass durchschnittlich 2 von 3 Linien Streckenvariationen in Form von Linienrouten aufweisen.

Diese Kennwerte deuten auf ein uneinheitliches System hin. Das System weist eine Vielzahl von Varianten und Abweichungen auf, die sich negativ auf die Kundenfreundlichkeit (Merkbarkeit des Fahrplans, Übersichtlichkeit des Netzes, etc.) auswirken.

Die Haltestellen des öffentlichen Verkehrs werden mit den Namen des Ortes bezeichnet, in dem sich die Haltestelle befindet. Wenn mehr als eine Haltestelle einem Ort zugeordnet werden, erhalten diese zur Unterscheidung eine, nach der Strecke, durchlaufende Nummer (z.B.: Sračinec 1, Sračinec 2, ...). Eine genauere Bezeichnung der Haltestellen eines Ortes, wie im deutschsprachigen Raum üblich, ist nur in größeren Städten vorgesehen.

Anderorts haben sich häufig Muster durchgesetzt nach denen Haltestellen bezeichnet werden. Wie zum Beispiel der Benennung nach der Querstraße.

Eine Auffälligkeit im ÖV-System der Region findet sich im Fahrplan. Die sich auf runde Werte ergebenden Fahrzeiten lassen auf subjektive Abschätzungen als Fahrplangrundlage schließen. Es kann erwartet werden, dass das Einhalten der Fahrplanzeiten gewissen Schwankungen unterliegt.

### Stadtverkehr Minibus Varaždin

Die Stadt Varaždin hat in den letzten Jahren damit begonnen ein Busnetz für den Stadtverkehr einzurichten. Sternförmig verbinden wenige Linien die Siedlungsgebiete am Stadtrand mit dem Zentrum. Der Fahrplan sieht wenige Verbindungen je Tag vor. Der Minibus kann somit nur zur Abdeckung der grundlegenden Versorgung erfüllen. Der Betrieb wird über monatliche Zuschüsse von der Stadt mit rd. 5.600 € finanziert [ vlg. Varaždin Bus Blog, 2010].



Abbildung 10: Stadtbus am zentralen Busbahnhof Varaždins [Autobusi, 2011]

## 4.7 Verkehrsträger Wasser und Luft

Weitere Verkehrsträger spielen in der Region eine untergeordnete Bedeutung. In der Region existiert ein Flughafen der 2 km östlich des Stadtzentrums von Varaždin liegt. Er unterläuft ein Entwicklungsprogramm mit dem Ziel die Region, vor allem für geschäftliche Zwecke, leichter erreichbar zu machen. Derzeit gibt es kein planmäßiges Linienflugangebot.

Da die Drau in diesem Abschnitt nicht schiffbar ist, gibt es keinen regelmäßigen Personenschiffsverkehr.

## 5 Aufbau des Verkehrsmodells

### 5.1 Vorbemerkungen

Im folgenden Kapitel werden die erarbeiteten Ideen auf einen Anwendungsfall umgelegt. Dies erfolgt in Form einer Erreichbarkeitsanalyse sowie einer Potenzialabschätzung.

Die Erreichbarkeitsanalyse ist ein Instrument zur Betrachtung von Erreichbarkeiten auf Basis eines Verkehrsangebotes (ÖV, IV), ausgehend von definierten Zentren. Die Erreichbarkeit ist eine Funktion der Raumstruktur und der Verkehrserschließung. Indikator für die Erreichbarkeit sind Reisezeiten [vgl. verkehrplus, 2011].

Die Potenzialabschätzung dient der genäherten Bestimmung von möglichen Veränderungen, die sich durch die Umlegung der Ideen des Weißbuchs für Verkehr der Europäischen Union auf den Anwendungsfall ergeben. Das Potenzial wird an Kennwerten wie Fahrgastzahlen, Fahrleistungen, etc. festgemacht.

Zur Durchführung dieser Arbeitsschritte bedarf es neben einer geeigneter Datengrundlagen auch der entsprechenden Software. Alle Modellierungsschritte in dieser Arbeit wurden mit VISUM 12.0 von ptv-Vision (PTV AG, Karlsruhe) durchgeführt.

### 5.2 Erreichbarkeitsanalyse

Die Grundlage der Erreichbarkeit bildet die Reisezeit. Sie ist wesentlich vom Verkehrsnetz abhängig. Für die Bearbeitung von Interesse sind dabei das Straßen- sowie das Schienennetz. Fußgängerverkehr wird nur in Form von Mitbenutzung geeigneter Straßeninfrastruktur abgebildet.

Die Arbeitsschritte zur Durchführung der Erreichbarkeitsanalyse, sowie deren Zielsetzungen und Methoden sind in Abbildung 11 dargestellt.

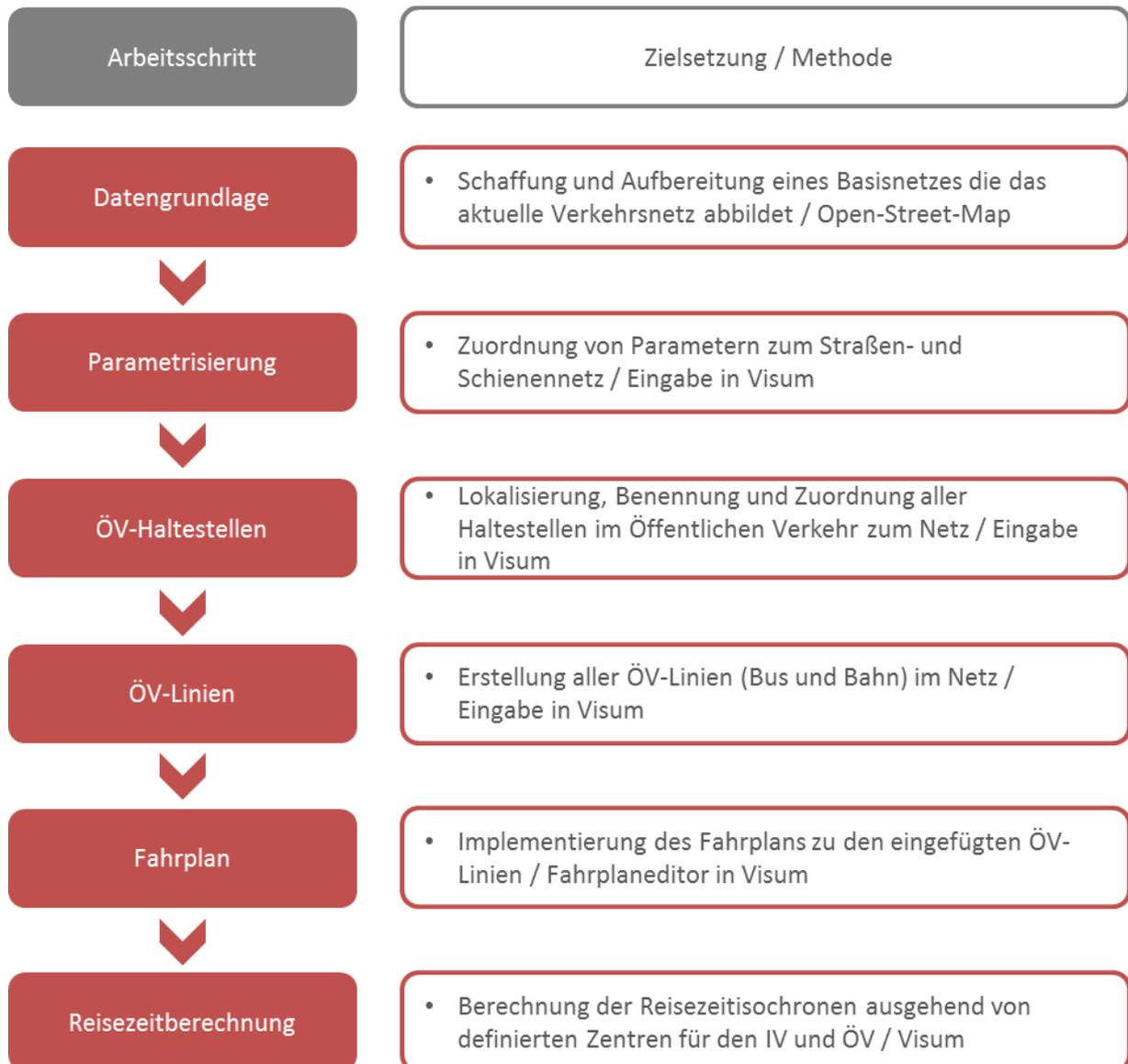


Abbildung 11: Arbeitsschritte Erreichbarkeitsanalyse

### 5.2.1 Datengrundlage Open-Street-Map

Die Basisinformationen für das Verkehrsnetz stammen aus den Daten der freien Weltkarte Open-Street-Map (OSM). Open-Street-Map ist eine digitale Weltkarte, deren Geo-Daten sowohl frei verfügbar als auch nutzbar sind, und die von jedem beigetragen werden können. Die Aufnahme der Netzinformationen geschieht durch das implementieren von GPS-Daten. Jeder kann Strecken befahren oder begehen und die mitprotokollierten GPS-Informationen einlesen. Diese Daten können mit entsprechenden Informationen (Typ [Fußweg, Straße, Schiene, etc.] Straßenkategorie, Straßenummer, ...) ergänzt werden. Zusätzliche Informationen, wie zum Beispiel Hausnummern, öffentliche Gebäude etc. können ergänzt werden.

Diese Entstehungsweise führt zu folgenden Besonderheiten gegenüber kommerziellen Datengrundlagen:

- Keine Gewähr für die Richtigkeit der Daten
- Keine Informationen über den Aufnahmezeitpunkt bzw. die Aktualität (Letztstand)

- Abweichende Aufnahmezeitpunkte innerhalb kleiner Netzbereiche
- Schwankender Informationsgehalt in Abhängigkeit der Lage

Diese Einschränkungen machen eine frühzeitige Überprüfung der Daten erforderlich. Dabei sollten folgende Fragestellungen berücksichtigt werden:

- Weisen wesentliche Punkte im Netz Abweichungen zu alternativen Datenquellen auf? Sind die Informationen plausibel?
- Sind die Daten ausreichend aktuell (Wurden für mein Projekt relevante Veränderungen bereits implementiert)?
- Weisen die Daten im Planungsgebiet die erforderliche Genauigkeit auf (Nebenstraßen, Fußwege)?

Sofern diese Fragestellungen positiv beantwortet werden, können diese Geo-Daten eine gute Grundlage bilden. Werden die Anforderungen nicht erfüllt bleibt, neben dem Schritt zu alternativen Datenquellen, die Möglichkeit die Daten, entgeltlich, in vorgegebener Form auslesen zu lassen. Diese Erfordernisse können auch durch die in Tabelle 13 beschriebenen Einschränkungen entstehen.

**Tabelle 13: Einschränkungen durch Open-Street-Map**

ASPEKT	EINSCHRÄNKUNGEN	
	RÄUMLICH	INHALTlich
Netzzumfang	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Politisch abgegrenzte Regionen (überwiegend Staaten, tlw. auf Bundesländerebene)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Variierender Genauigkeitsgrad</li> </ul>
Objekttypen		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Landnutzung (<i>landuse</i>)</li> <li>▪ Schienennetz (<i>railways</i>)</li> <li>▪ Straßennetz (<i>roads</i>)</li> <li>▪ Wasserwege (<i>waterways</i>)</li> <li>▪ Gebäude (<i>buildings</i>)</li> <li>▪ Orte (<i>places</i>)</li> <li>▪ Plätze (<i>points</i>)</li> </ul>
Streckentypen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ nicht frei verfügbar</li> </ul>	
Weitere Informationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ nicht frei verfügbar</li> </ul>	

Daten aus Open-Street-Map können bei geeigneten Grundlagen ausreichend umfassend sein, um die Grundlage für ein Verkehrsmodell zu bilden. Hohe Anforderungen an den Informationsgehalt oder die Genauigkeiten, wie sie in der mikroskopischen Modellierung auftreten, können nach derzeitigem Stand nicht erfüllt werden. Durch die kontinuierliche Weiterentwicklung von Open-Street-Map, bleibt offen, ob sich diese Tatsache nicht bereits in naher Zukunft relativiert.

### 5.2.2 Parametrisierung des Straßennetzes

Das eingelesene Netz besteht in seiner rohen Form aus Kanten und Knoten. Um aus diesen Bestandteilen Straßen und Kreuzungen zu bilden müssen dem Netz Informationen hinterlegt werden. Dies geschieht in Form von Parametern. Für das Straßennetz wurden folgende Parameter eingearbeitet:

- Straßenkategorie
- Freifahrtgeschwindigkeit  $v_0$
- Streckenkapazität
- Fahrstreifenanzahl
- Länge (indirekt über das Netz)

In der Straßenkategorie wurde zwischen Autobahnen, Landesstraßen D, Außerorts- und Innerortsstraßen unterschieden. Diese Kategorisierung dient einerseits der grafischen Darstellung und andererseits erleichtert es die Eingabe der weiteren Parameter, da diese teilweise über die Straßenkategorie erklärt werden.

Als Freifahrtgeschwindigkeit bezeichnet man die Geschwindigkeit, mit der eine Strecke von einem Verkehrsteilnehmer ohne Beeinflussung durch andere Fahrzeuge befahren wird. Sie bildet den Ausgangspunkt für Widerstandskurven auf Basis der Auslastung bei geringer Verkehrsstärke. Sie sollte nicht größer als die erlaubte Höchstgeschwindigkeit angenommen werden und reale Verhältnisse (Straßenbreite, Sichtverhältnisse, Straßenzustand etc.) abbilden.

Die Streckenkapazität bezeichnet die Menge an Fahrzeugen die in einer Stunde, in einer Fahrtrichtung über einen Fahrstreifen geführt werden können. Die Kapazität wird wesentlich durch die Freifahrtgeschwindigkeit beeinflusst. Die Kapazitäten sind dem Verkehrsmodell GUARD [2011] entnommen (Tabelle 14).

**Tabelle 14: Fahrstreifenkapazität in Abhängigkeit von Straßentyp und  $v_0$  [GUARD, 2011]**

Straßentyp	Freifahrtgeschwindigkeit ( $v_0$ ) [km/h]	Kapazität je Fahrstreifen [Kfz]
Autobahn	130	1.500
	100	1.400
	80	1.200
	60	1.000
Schnellstraße	130	1.500
	100	1.400
	80	1.200
	60	1.000
Landesstraße B	100 (90)	1.200
	80 (75)	1.200
	70 (68)	900
	60 (55)	900
	50 (45)	750
Landesstraße L	100 (90)	1.200

	80 (75)	1.200
	70 (68)	900
	60 (55)	900
	50 (45)	750
Stadtstraße	60	1.200
	50	1.000
	30	600

Die Fahrstreifenanzahl ist eine ergänzende Information zur Streckenkapazität. Sie besagt durch die Anzahl um welchen Faktor sich die Kapazität der Strecke erhöht.

Die Länge des Streckenabschnitts ergeben sich durch das Netzmodell und müssen nicht manuell errechnet werden.

Tabelle 15 zeigt den Umfang des Netzes, das dem Verkehrsmodell zu Grunde liegt.

**Tabelle 15: Umfang Netzmodell**

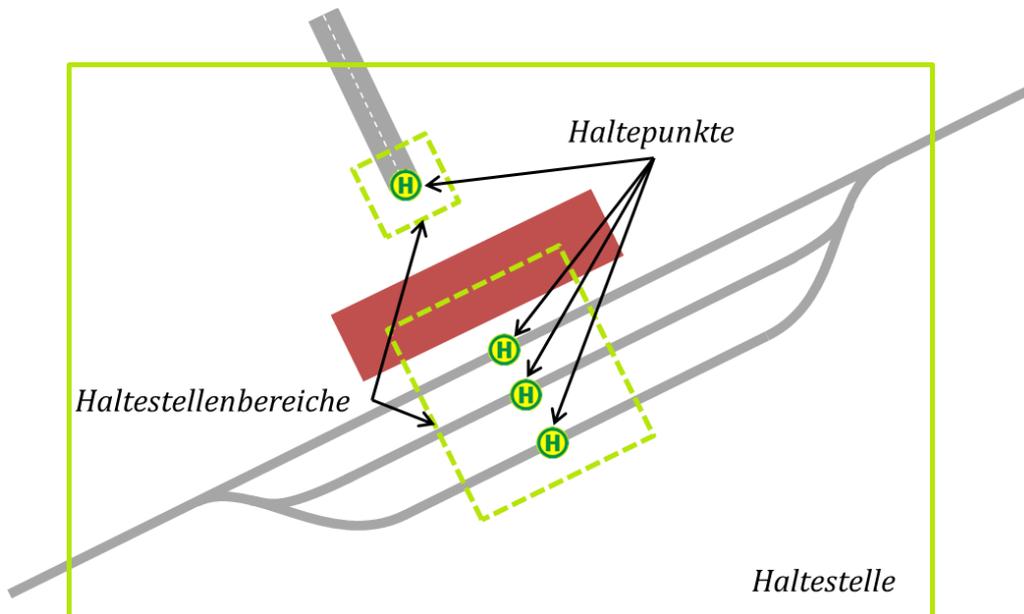
Kante	Symbol	Gespanschaft Varaždin
<b>Straße</b>		<b>1.473 km</b>
Autobahn		101 km
Landesstraße „D“		554 km
Sonst. Außerorts		788 km
Sonst. Innerorts		30 km
<b>Schiene</b>		<b>294 km</b>
<b>Netz (Straße + Schiene)</b>		<b>1.767 km</b>

### 5.2.3 Implementierung von Haltestellen

Bei der Implementierung von Haltestellen in das bestehende Netz, ist im Falle der Bearbeitung mit dem Programm VISUM, die grundlegende Entscheidung zu treffen, ob die Haltestellen auf Knoten oder Strecken gesetzt werden. Die Setzung auf Strecken erlaubt eine Fahrtrichtungsunterscheidung der Haltestellen, erfordert im Gegenzug aber genauere Daten. In diesem Projekt liegen alle Haltestellen auf Knoten, da weder die Detaillierung der Eingangsdaten noch die Auswertung diese Genauigkeit verlangt.

Für das Modell ist zwischen Haltestellen, Haltestellenbereichen und Haltepunkten zu unterscheiden. Die Ursache dieser Notwendigkeit lässt sich beispielhaft erläutern:

Eine Haltestelle *Hauptbahnhof* umfasst die Verkehrsträger Schiene und Straße. Aus Sicht des Nutzers ist die Begriffsverwendung unabhängig von Verkehrsträger und exaktem Standpunkt. Diese Haltestelle teilt sich jedoch in die Haltestellenbereiche Bahn und Bus. Der Busbahnhof und der gesamte Bahnbereich sind jeweils für sich ein, einer Haltestelle untergeordneter, Haltestellenbereich. Diese Haltestellenbereiche können sich wiederum in Haltepunkte, zum Beispiel Bahnsteigkanten oder auch Bussteige, gliedern (siehe Abbildung 12).



**Abbildung 12: Haltestellendefinitionen für das Verkehrsmodell**

Diese Gliederung der Haltestellen ist für die Abbildung von Umsteigerelationen von Bedeutung. Während der Umstieg innerhalb eines Haltestellenbereichs einen geringen Zeitaufwand erfordert (z.B. bahnsteiggleiches Umsteigen), ist für einen Wechsel des Verkehrsträger, und somit des Haltestellenbereichs, eine größere Umsteigezeit zu berücksichtigen. Durch das Trennen von Haltestellen in Haltestellenbereiche können dadurch räumliche Gegebenheiten innerhalb dieser abgebildet werden. Die Umsteigezeiten können neben dem Bezug zum Haltestellenbereich auch auf Basis des Verkehrsmittels bzw. des Verkehrsmittelwechsels definiert werden.

Im Modell ist dies an den Verknüpfungspunkten zwischen Bus und Bahn berücksichtigt. Der Zeitbedarf wurde auf Basis der Weglängen des Umsteigevorgangs ermittelt.

#### 5.2.4 Implementierung von ÖV-Linien und Linienrouten

Das Einfügen von ÖV-Linien mit zugeordneten Linienrouten legt Ausgangs- und Zielpunkt, Strecke und die angefahrenen Haltestellen je Linie fest. Einer ÖV-Linie können mehrere Linienrouten zugeordnet werden. Dies ist dann der Fall, wenn nicht alle Haltestellen von allen Kursen bedient werden oder für bestimmte Kurse ein abweichender Streckenverlauf vorliegt.

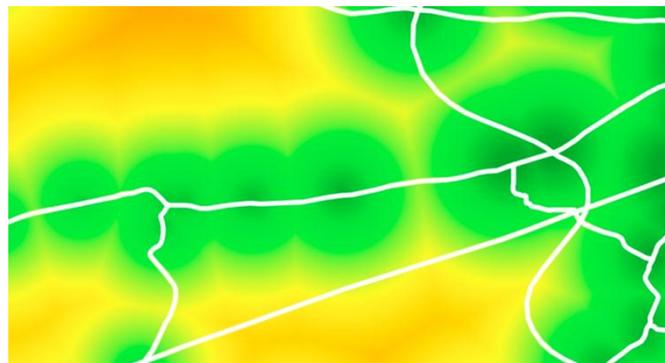
#### 5.2.5 Implementierung des Fahrplans für Bahn und Bus

Die Eingabe der Fahrpläne erfolgt über zwei Stützstellen. Für jede Linienroute ist das Fahrzeitmuster, also die Fahrtdauer zwischen allen Haltestellen entlang dieser Route, zu ermitteln. Dieses Fahrzeitmuster wird mit einem Abfahrtszeitpunkt (an einer beliebigen Haltestelle) gekoppelt.

### 5.2.6 Berechnungsschritte

Auf Basis des nun erstellten Netzmodells kann die Erreichbarkeit für jeden Punkt im Untersuchungsgebiet ermittelt werden. Die Erreichbarkeit ist der erforderliche Zeitbedarf zum Erreichen jeder Stelle im Untersuchungsgebiet, ausgehend von definierten Punkten. Als Ausgangspunkte dienen einerseits das einzige Oberzentrum der Gespanschaft, die Stadt Varaždin, und andererseits die sechs Unterzentren (siehe Kap. 4.3 Zentralitätsgefüge).

Von den definierten Zentren ausgehend wird die Reisezeit entlang der Strecken berechnet, und an den Knoten in die Fläche extrapoliert. Für jeden Flächenpunkt ergibt sich eine spezifische Reisezeit, die mit einem abgestuften Farbwert gekennzeichnet wird. Flächen gleicher Farbschattierung weisen somit gleiche Reisezeiten vom Zentrum auf (Abbildung 13).



**Abbildung 13: Ausschnitt Erreichbarkeitsdarstellung**

Eine Besonderheit in der Erreichbarkeitsanalyse ist die Unterscheidung zwischen ÖV und IV. Während der ÖV aufgrund des Fahrplans an ein vorgegebenes Zeitfenster gebunden ist, ist der IV nicht zeitabhängig. Ausgenommen hiervon ist die Betrachtung von Stoßzeiten in dicht bevölkerten Gebieten auf. Deshalb müssen für ÖV-Darstellungen Zeiträume definiert werden, wie z.B.:

- Frühverkehr: 7 bis 9 Uhr
- Abendverkehr: 16 bis 18 Uhr

### 5.3 Potenzialanalyse

Die Potenzialanalyse dient zur Berücksichtigung von Veränderungen in den Verkehrssystemen zur Darstellung der daraus resultierenden Änderungen anhand von Kennwerten. Typische Kennwerte hierfür sind Fahrgastzahlen, Fahrzeugbelastungen oder der Modal Split. Unter Potenzial versteht man die Summe der Ergebnisse die durch gewünschte Maßnahmen erzielt werden könne.

Um die gewünschten Ergebnisse liefern zu können, bedarf es, aufbauend auf das Netzmodell aus der Erreichbarkeitsanalyse, 7 Arbeitsschritten (siehe Abbildung 14).



**Abbildung 14: Arbeitsschritte Potenzialanalyse**

Nachfolgend werden die einzelnen Arbeitsschritte im Detail erläutert.

### 5.3.1 Erweiterung Netzmodell

Die Grundlage für die Potenzialanalyse bildet das Netzmodell aus der Erreichbarkeitsanalyse (Kapitel 5.2), das sich bereits dem Verkehrsnetz und seinen Parametern bedient. Aufgrund der stärker in die Tiefe gehenden Fragestellungen und der höheren Komplexität der Potenzialanalyse ist es erforderlich die Datengrundlage zu erweitern. In einem ersten Schritt wird hierfür das Untersuchungsgebiet in Verkehrszellen (gleichbedeutend mit Verkehrsbezirken bzw. Zonen) gegliedert. Für die Integration in das Verkehrsmodell sind zwei Arbeitsschritte (AS) durchzuführen:

- die Einteilung des Untersuchungsraumes in Zellen (AS 1), und
- die Anbindung dieser Zellen an das bestehende Netzmodell (AS 2).

#### AS1: Zelleinteilung

Im ersten Arbeitsschritt wird das Untersuchungsgebiet, die Gespanschaft Varaždin, in Zellen eingeteilt. Die Größe der Zellen beeinflusst die Detaillierung der Ergebnisse. Großräumige Verkehrsbeziehungen können mit großflächigen Verkehrszellen abgebildet werden, kleinräumige Verbindungen bedürfen einer dementsprechend feineren Gliederung. Nicht zu Letzt stellt sich hier auch die Frage zwischen Genauigkeit und Aufwand.

Als Richtwert für ein detailliertes Verkehrsmodell auf regionaler Ebene gelten 1.000 Einwohner je Zelle. Dieser Wert wurde in Gesprächen mit Experten (Prof. Martin Fellendorf, Dipl.-Ing. Emanuel Selz) verifiziert. Die Einwohnerzahl bildet zwar eine zuverlässige Größe für die Zelldimensionierung, jedoch sind auch andere Parameter, wie die Zahl der Arbeitsplätze, zu berücksichtigen. Große Arbeitgeber oder Gewerbegebiete werden häufig zu eigenen Zellen zusammengefasst, wie das Landeskrankenhaus Graz im Verkehrsmodell GUARD [2011] der Region Graz. Eine wichtige Orientierung für die Zelleinteilung sind auch politische bzw. statistische Grenzen, da es erforderlich ist alle Strukturinformationen auf die einzelnen Zellen zu beziehen. Die Grenzen von Verkehrszellen sollten daher mit denen der Datengrundlage übereinstimmen.

An das Verkehrsmodell Varaždin werden makroskopische Anforderungen an die Genauigkeit gestellt. Abgebildet werden die Beziehung im Öffentlichen Verkehr (Zusammenspiel Bus und Bahn) und im Individualverkehr. Die Datenaufarbeitung ergibt eine Feinheit der Zellen von durchschnittlich 1.758 EW/Zelle. Diese Genauigkeit erfüllt die Ansprüche für diesen Anwendungsfall.

Die Einwohnerzahlen sind dem Zensus 2011 [Croatian Bureau of Statistics, 2011] entnommen. Er liefert Daten auf Gemeindeebene, welche in die Ortschaften aufgeteilt werden können. Durch die Bearbeitung mit den aufgegliederten EW-Zahlen der Ortschaften liefert der Zensus eine räumliche Bereichsabgrenzung mit jeweils durchschnittlich 583 Einwohnern. Negativer Ausreißer hieraus ist lediglich die Gespanstadt Varaždin, für dessen Stadtgebiet eine Feinheit von 38.746 Einwohnern vorliegt. Als Methode der Zuordnung der Einwohnerzahlen auf die, feiner gegliederten Verkehrszellen, wurde eine qualifizierte Abschätzung über die Luftbilder gewählt (Abbildung 15). Auf Basis der Bebauungsdichte, Verkehrsanbindung und Strukturmischung wurde das Kerngebiet der Stadt Varaždin in 15 Zellen eingeteilt. Für die Zellgrenze im Stadtgebiet eignen sich vielerorts die Hauptverkehrsstraßen, da sie durch ihre Trennwirkung häufig eine Strukturabgrenzung markieren. Dass dennoch versucht werden sollte die Grenzen nicht auf diese Straßenzüge zu legen, liegt an der dadurch erschwerten Zuordenbarkeit von Fahrterzeugungen zu den Zellen [vgl. Ortuzar, Willumsen, 2000].

Die Einwohnerzahl der durch eigene Grenzziehung definierten Zellen errechnet sich nach Formel (1). Grundlage bilden die Fläche der Zellen und eine abgeschätzte EW-Dichte. Um die Einschätzung der EW-Dichte zu vereinfachen wurde substituierend der EW-Dichte-Faktor eingeführt, der aus einer natürlichen Zahl von 1 (geringe Dichte) bis 5 (hohe Dichte) besteht und subjektiv auf Basis von Luftbildern abgeschätzt wurde.

$$EW_i = \sum_n EW_i * \frac{A_i * f_{d,i}}{\sum_n (A_i * f_{d,i})} \tag{1}$$

- mit:  $EW_i$  Einwohnerzahl der Zelle i
- $A_i$  Fläche der Zelle i
- $f_{d,i}$  Dichtefaktor der Zelle i
- n Anzahl der Zellen im betrachteten Bereich

Abbildung 15 definiert Beispiele für die EW-Dichte-Faktoren.

**Abbildung 15: EW-Aufteilung im Stadtgebiet Varaždin**

EW-Dichte-faktor $f_d$	Beschreibung	Strukturbeispiel (Maßstab 1:2000) Quelle: GIS Stadt Varaždin
5	Allgemeines Wohngebiet / hohe Bebauungsdichte	
4	Kern-, Büro- und Geschäftsgebiet mit allgemeinem Wohngebiet (Nutzungsüberlagerung) / hohe Bebauungsdichte	
3	Kern-, Büro- und Geschäftsgebiet mit allgemeinem Wohngebiet (Nutzungsüberlagerung) / mittlere Bebauungsdichte	
2	Reines Wohngebiet / niedrige Bebauungsdichte	

1	Wohngebiet / niedrige Bebauungsdichte außerdem landwirtschaftlich genutzte Flächen	
---	---	--

Die Einteilung des übrigen Untersuchungsraumes erfolgte zuerst in der Gemeindeebene (hierarchisch: 1 Zelle kann nur einer Gemeinde zugeordnet sein), dann in Abhängigkeit der Einwohnerzahl und der räumlichen Bedeutung durch Zusammenfassung der Ortschaften. Ein Einfluss auf die Zelleinteilung ergab sich auch aus der Lage der ÖV-Haltestellen. Haltestellen die unterschiedlichen Linien oder Linienrouten zugeordnet sind wurde im Modell möglichst getrennt.

Zusammenfassend sind die wesentlichen Auswahlkriterien für die Aggregation der Ortschaften zu Zellen auf räumlicher Ebene:

- Lage von ÖV-Haltestellen
- Linienwege des Öffentlichen Verkehrs
- Umsteigebeziehungen (vor allem intermodal: Bahn/Bus)
- Natürliche Barrieren (Täler, Berge, Flüsse, ...)
- Strukturgefälle (z.B.: Industriegebiet/Wohngebiet)

Neben der Einteilung des Untersuchungsgebietes in 95 Zellen werden die Außenbeziehungen in 5 weiteren Zellen abgebildet. Sie repräsentieren den jeweiligen Untersuchungsraum jenseits der Gespanschaftsgrenze.

## AS 2: Zellanbindung

Ausgangs- und Endpunkt jeder modellierten Fahrt sind der Schwerpunkt einer Zelle. Diese Zellschwerpunkte müssen über Anbindungen mit Netzknoten verbunden werden. Über diese Anbindungen lassen sich Gegebenheiten innerhalb einer Zelle abbilden. Beispielsweise ergeben sich durch die Weglänge einer Anbindung Zeitbedarfswerte zwischen Netzeinspeisungspunkten und dem Zellschwerpunkt, die nicht im Netz modellierten Wegstrecken abbilden. Dies können Zugangswege zu ÖV-Haltestellen oder Zufahrtsstraßen bzw. Hauszufahrten sein.

Eine übliche Vorgehensweise sieht vor, dass zuerst der Schwerpunkt als Bevölkerungsschwerpunkt gebildet wird, von dem ausgehend in Abhängigkeit des ÖV-Systems (z.B. Bus: 300 m, Bahn: 750 m) zumindest eine Anbindungen bestimmt wird, der dann Zeitbedarfswerte zugrunde gelegt werden. Aufgrund fehlender Datenbasis wurde im Modell Varaždin der Schwerpunkt manuell bestimmt, ebenso wie die Anbindung an die nächstgelegene ÖV-Haltestelle. Dem Zeitbedarf in der Anbindung liegt im ÖV eine Fußgängergeschwindigkeit von 4 km/h, und im IV von 50 km/h.

Für eine makroskopische Netzbetrachtung ist die Ausbildung von wenigen Anbindungen an zentrale Knotenpunkte zu empfehlen, da sonst Darstellungen wie die Netzbelastung, innerhalb einer Zelle sehr stark schwanken und keine aussagekräftigen Ergebnisse liefern. Unter diesem Gesichtspunkt sollten außerdem ÖV-Anbindungen direkt zu Haltestellen führen, währenddessen IV-Anbindungen

bevorzugt an Knotenpunkten mit einer Anzahl von angebunden und für das IV-System freigegeben Strecken von ungleich 2 führen sollten. Um diese Anforderungen zu erfüllen, können die Anbindungen je nach Verkehrssystem getrennt werden. Abbildung 16 zeigt ein Umsetzungsbeispiel hierfür.



Abbildung 16: Getrennte Zellanbindung je Modus

### 5.3.2 Verkehrserzeugung

Die Verkehrserzeugung ist die erste Stufe des 4-Stufen-Algorithmus in Verkehrsmodellen. Auf Basis der Zellinformationen werden die erzeugten und angezogenen Fahrten je Zelle im Untersuchungsgebiet bestimmt.

Die Ausgangslage für Verkehr bildet das Bedürfnis nach Erfüllung einer Aktivität. Die Erfüllung ist an einen Aktivitätenort gekoppelt und kann nur durch eine Ortsveränderung befriedigt werden. Mobile Menschen führen demzufolge Ortsveränderungen durch und legen Wege zurück. Aus Erfahrung bzw. Befragung lassen sich typische Wege und in weiterer Folge Wegekettens ableiten. Die erhobenen Daten werden auf Strukturgrößen (Einwohnerzahl, Arbeitsplätze etc.) bezogen, auf deren Basis die Wege Verkehrsmodell simuliert werden.

Als Weg im Sinne der Verkehrsmodellierung versteht man die direkte Ortsveränderung zwischen einem Ausgangs- und Zielort der nicht innerhalb eines Gebäudes oder Gebäudekomplexes stattfindet. Wesentlich ist der direkte Zielbezug, d.h. es gibt keine Zwischenziele (Umwege) und keine zeitliche Streckung (ausgenommen verkehrsbedingte Stauung). Für die Befragung Mobilität in Deutschland [MiD, 2010] gilt folgende Definition: „Von einem Weg wird gesprochen, wenn sich eine Person von einem Ort zu einem anderen Ort bewegt. Hin- und Rückweg werden als zwei Wege gezählt. Erfolgt auf dem Weg zu einem Ziel der Umstieg zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln, so bleibt es weiterhin ein Weg.“

Wenn, wie im Fall Varaždins, für den Untersuchungsraum keine Befragungsergebnisse zur Abbildung des Verkehrsverhaltens vorliegen, kann auf Kennwerte aus der Literatur zurückgegriffen werden.

Die Verkehrserzeugung wird in 4 Arbeitsschritten durchgeführt:

- AS 1: Ermittlung der Gesamtanzahl an Wegen
- AS 2: Auswahl der Strukturgrößen und Ermittlung der Kennwerte
- AS 3: Bestimmung der Erzeugungsraten
- AS 4: Berechnung des Quell- und Zielaufkommens je Zelle

### AS 1: Ermittlung der Gesamtanzahl an Wegen

Im ersten Schritt wird die Gesamtverkehrserzeugung ( $W_{ij,ges}$ ), also die Gesamtheit der im Planungsgebiet an einem Werktag zurückgelegten Wege ermittelt. Sie wird über Einwohnerzahl und Mobilitätsrate (Formel (2)) errechnet.

$$W_{ij,ges} = EW * \frac{\text{Wege}}{\text{Person/Werktag}} \quad (2)$$

Während die Einwohnerzahl für das Untersuchungsgebiet aus dem Zensus 2011 entnommen werden kann, ist es erforderlich für die Anzahl der Wege pro Person auf empirischen Daten zurückzugreifen. Aufgrund der Bedeutung dieses Wertes wurde zur Ermittlung der Mobilitätsrate eine Vergleichsstudie mit 184 Werten verschiedener Strukturformen aus Österreich und Deutschland auf ihre zeitliche Entwicklung (Abbildung 17) sowie auf ihre Abhängigkeit von der Struktur (Abbildung 18) hin untersucht.

Obwohl für die Modellierung Personenwege pro Werktag erforderlich sind, wurden aufgrund der Verfügbarkeit von Daten Personenwege pro Tag herangezogen. Alle Werte schließen die nicht-mobilen Personen mit ein.

Zur Quantifizierung der Aussagekraft sind neben der Mobilitätsrate (skaliert auf der Primärachse) auch die Anzahl der Werte (Sekundärachse) dargestellt.

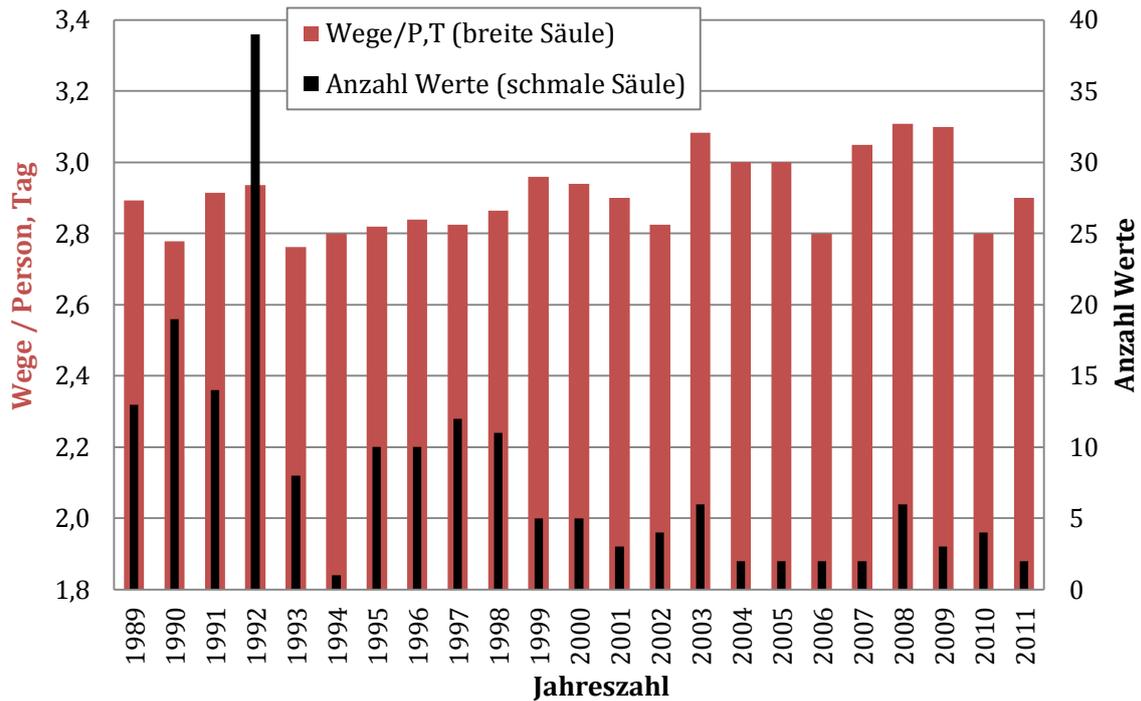


Abbildung 17: Mobilitätsraten im zeitlichen Vergleich (1989-2011)

Der zeitliche Vergleich zeigt kein eindeutiges Ergebnis. Es lässt sich zwar eine Tendenz zu größeren Mobilitätsraten in der jüngeren Vergangenheit ablesen, einige Ausreißer (2002, 2006 und 2010) widersprechen jedoch diesem Trend. Daraus resultiert für dieses Modell die Annahme, dass über die vergangenen 22 Jahre keine systematische Veränderung stattgefunden hat. Es ist deshalb nicht erforderlich einen Zeitbezug zur Mobilitätsrate herzustellen.

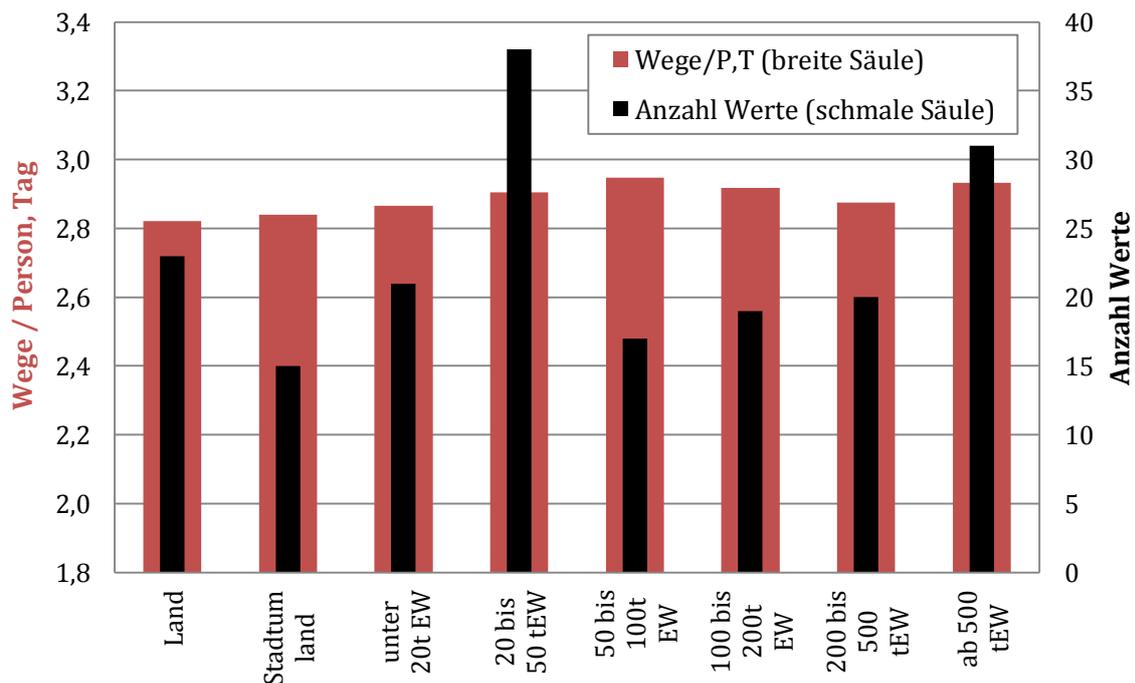
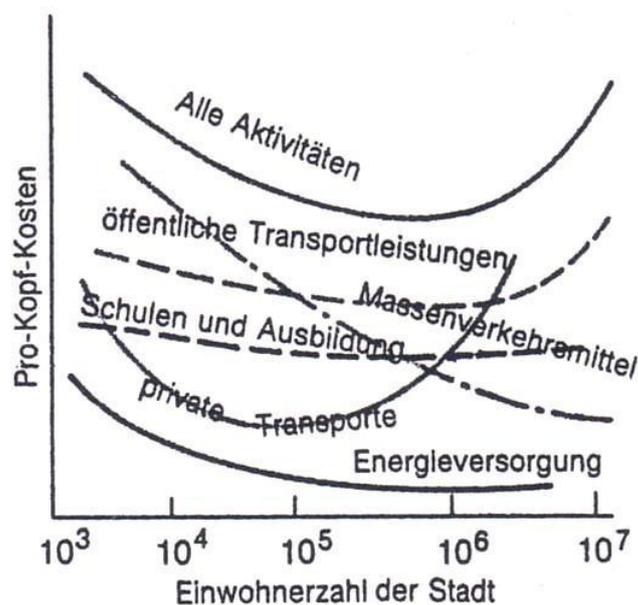


Abbildung 18: Mobilitätsraten im Strukturvergleich

Aus dem Strukturvergleich ist ersichtlich, dass es einen Zusammenhang zwischen der Stadtgröße und der Wegeanzahl gibt. Während Landregion im Durchschnitt 2,82 Wege/Person aufweisen, steigt dieser Wert mit zunehmender Stadtgröße bis auf 2,95 Wege/Person in Städten mit 50.000 bis 100.000 Einwohnern. Mit weiter zunehmender Stadtgröße beginnt die Wegeanzahl wieder zu sinken. Eine Ausnahme bilden Städte mit über einer halben Million Einwohnern.

In der Verkehrsplanung wird eine Stadtgröße mit rd. 100.000 Einwohnern häufig als optimal angesehen, da sich hier das zunehmende Angebot gegenüber der Erreichbarkeit am besten abbildet. Durch den Bezug zu den Pro-Kopf-Kosten lassen sich dieses Zusammenhänge darstellen (Abbildung 19).



**Abbildung 19: Pro-Kopf-Kosten für Dienstleistungen je nach Stadtgröße [Airinfo, 2012]**

Die Struktur des Untersuchungsgebietes ist in der Mobilitätsrate zu berücksichtigen. Die Gespanschaft Varaždin weist strukturell annähernd eine Drittelung zwischen den Merkmalen *Stadt 20.000 bis 50.000 EW* (27%), *Stadt unter 20.000 EW* (28%) und *Landregion* (45%) auf. Gewichtet ergibt sich daraus eine Mobilitätsrate von 2,86 Wegen je Tag pro Person.

Für den Anwendungsfall ist dieser Wert auf einen Werktag zu beziehen. Umrechnungsbasis hierfür bildet die im Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlage [HBS, 2005] verwendete Umrechnung vom durchschnittlichen täglichen Verkehr (DTV) auf den durchschnittlichen werktäglichen Verkehr ( $DTV_w$ ) über den Faktor  $k_w$  (Formel (3)).

$$DTV_w = k_w * DTV \quad (3)$$

Durch die Abhängigkeit von  $k_w$  vom Sonntagsfaktor ( $b_{s0}$ ) wird dieser anhand von Abbildung 20 bestimmt.

**Abbildung 20: Bestimmung des Sonntagsfaktors  $b_{So}$  (Quelle: HBS [2005])**

Beschreibung	$b_{So}$
Straßen im Kernstadtbereich von Großstädten, aber auch Stadtrandstraßen mit hohem Anteil Berufs- und Wirtschaftsverkehr sowie Stadtschnellstraßen ohne Anbindung an größere Naherholungsgebiete	0,5
Innerortsbereiche in Mittelstädten sowie Stadtrand- und Wohn-, Erschließungsstraßen ohne Anbindung an Naherholungsgebiete oder mit Durchgangsverkehr dorthin	0,7
Stadtrandstraßen mit Verbindungsfunktion zu Freizeit- und Naherholungsgebieten	0,9

Das Gesamtstraßennetz der Gespanschaft Varaždin wird unter Berücksichtigung der vorwiegenden Fahrzwecke im Berufs- und Wirtschaftsverkehr je zur Hälfte den Sonntagsfaktoren 0,5 und 0,7 zugeordnet. Da der Individualverkehr im Gegensatz zum Öffentlichen Verkehr nicht an vorgegebene Zeiten (Fahrplan) gebunden ist, kann davon ausgegangen werden, dass er die reale Nachfrage abbildet. Daraus folgend wird der Faktor des Pkw-Verkehrs für die Ermittlung der Mobilitätsrate herangezogen (Abbildung 21).

**Abbildung 21: Faktor  $k_w$  in Abhängigkeit des Sonntagsfaktors (Quelle: HBS [2005])**

Sonntagsfaktor	Pkw	Lkw
0,5	1,117	
0,7	1,069	1,23
0,9	1,022	

Entsprechend der gleichmäßigen subjektiven Zuordnung des Straßennetzes zu den Sonntagsfaktoren werden die  $k_w$ -Faktoren für Pkw arithmetisch gemittelt. Es ergibt sich ein Faktor von  $k_w = 1,093$ .

Die Mobilitätsrate für Werktage ergibt sich daraus zu 3,12 Wege/Person (Formel (4)).

$$W_{ij,d} = n_{F,d} * EW = 3,12 * 175.834 = 548.602 \left[ \frac{\text{Wege}}{\text{Werktag}} \right]$$

- mit:
- $W_{ij,d}$  Wegezanzahl an einem Werktag
  - $n_{F,d}$  Mobilitätsrate für einen Werktag
  - $EW$  Einwohnerzahl
- (4)**

Insgesamt werden an einem durchschnittlichen Werktag 545.743 Wege durchgeführt. Diese Gesamtverkehrserzeugung ist gleichbedeutend mit der jeweiligen Summe der Quellpotenziale  $Q_i$  und der Zielpotenziale  $Z_j$ .

Die Plausibilität der Mobilitätsrate kann auf Basis der Mobilitätsrate aus dem Städtepegel [Ahrens, 2009] geprüft werden (Abbildung 22). Für die strukturähnliche Region der Neuen Länder Deutschlands wird eine Mobilitätsrate von 2,8 bis 3,1 Wege/Person, Tag angegeben.



# MOBILITÄTSKENNZIFFERN

- STÄDTEPEGEL -

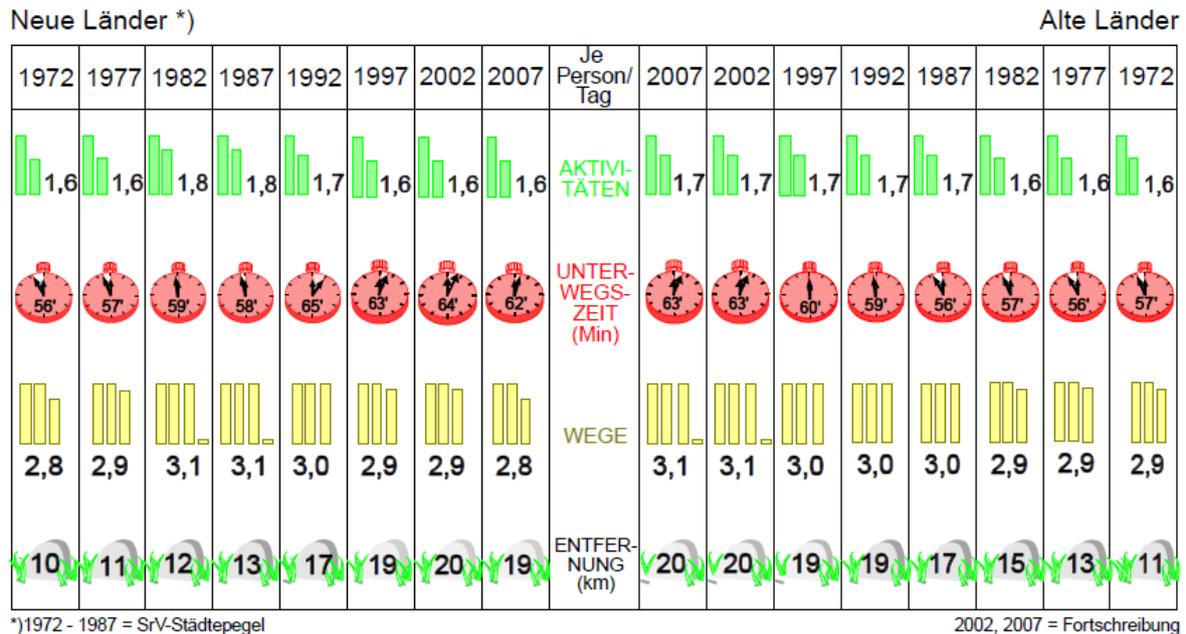


Abbildung 22: Mobilitätskennziffern für Deutschland, Quelle: Ahrens [2009]

Neue Forschungserkenntnisse, wie die Studie SmartMo [Berger, Seebauer et.al, 2012] haben außerdem gezeigt, dass die Anzahl der durchgeführten Wege in vergangenen Erhebung methodisch tendenziell unterschätzt wurden. Aus diesen Erkenntnissen wird der Wert für die weitere Bearbeitung als geeignet angesehen.

## AS 2: Auswahl der Strukturgrößen und Ermittlung der Kennwerte

Die Gesamtwegezahl im Untersuchungsraum wird zuerst auf allgemeiner Ebene in heim-basierte und nicht heim-basierte Wege unterteilt. Die umfangreiche Gruppe der heim-basierten Wege wird weiter in Schulwege, Arbeitswege und alle weiteren Wege (vor allem Freizeit und Einkauf) unterschieden (Abbildung 23).



**Abbildung 23: Aufteilung der Wege**

### Heim-basierte Wege

Da die Einwohnerzahl je Zelle für die Verkehrserzeugung eine grundlegende Bedeutung hat, ist es von Wichtigkeit den Bezug zwischen Einwohnerzahl und Wegeanzahl herzustellen. Dies geschieht durch die Trennung der Wege in heim-basierte und nicht heim-basierte Wege. Unter heim-basiert versteht man all jene Wege, deren Ausgangs- oder Endpunkt am Wohnstandort stattfindet. Nicht heim-basierte Wege sind Wege die weder im Ausgangs- noch im Endpunkt den Wohnstandort betreffen. Ein direkter Bezug zur Einwohnerzahl kann also nur für heim-basierte Wege zugeordnet werden.

Der Städtepegel [Ahrens, 2009] weist für heim-basierte Wege einen Anteil von 82,1% aus. Die heim-basierten Wege werden in Abhängigkeit von Strukturgrößen in ihrer Erzeugung unterschieden. Für das Verkehrsmodell Varaždin wurden folgende Aktivitäten zur Differenzierung ausgewählt:

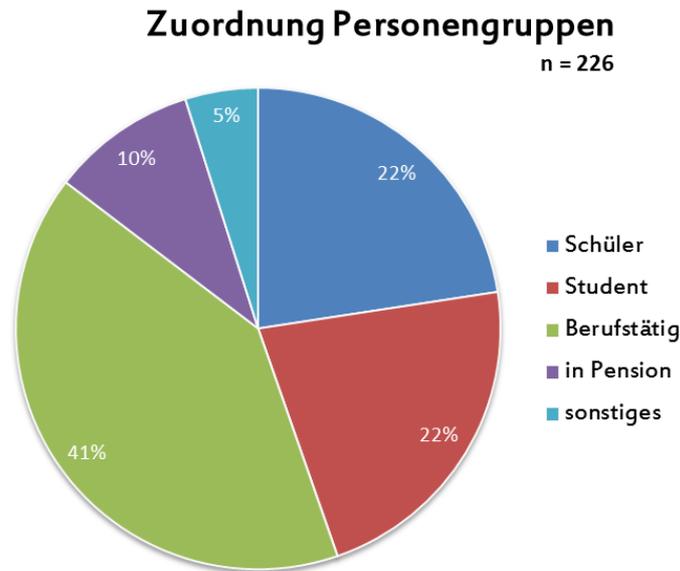
- Schule
- Arbeit
- Alle weiteren Aktivitäten (Freizeit, Einkauf, etc.)

Die Auswahl der Kennwerte basiert auf zwei Entscheidungskriterien: der Bedeutung des Kennwertes insgesamt und für das konkrete Projekt sowie auf der Verfügbarkeit der Daten. Die Einwohnerzahlen sind bereits aus der Zelleinteilung bekannt, die Informationen zu den Schul- und Arbeitsplätzen entstammen Daten aus der Region, die durch Internetrecherchen komplettiert wurden.

Schulplätze sind insofern von großer Bedeutung, da Schüler mitunter die größte Nutzergruppe im Öffentlichen Verkehr sind. Sofern der Schülerverkehr nicht getrennt organisiert ist (z.B. Schulbus), ist er für die Modellierung des Öffentlichen Verkehrs unerlässlich.

Ein weiteres Kriterium bilden die Arbeitsplätze. Über sie wird der Berufs- und Pendlerverkehr abgebildet. Der Städtepegel [Ahrens, 2009] gibt an, dass dieser für 12,7% aller Wege ausschlaggebend ist. Die häufige Konstanz dieser Wege begünstigt außerdem die Nutzung von Öffentlichen Verkehrsmittel.

Die Auswertung von Befragungsergebnissen im Bahnverkehr in der Region Varaždin (März 2011, Stichprobengröße n=226) zeigt, dass 44% der Fahrten dem Ausbildungsverkehr und 41% dem Berufsverkehr zugeordnet werden können. Diese beiden, expliziten berücksichtigten Personengruppen sind für 85% der ÖV-Fahrten verantwortlich (Abbildung 24).



**Abbildung 24: Ergebnisse der Fahrgastbefragung in der Bahn, Region Varaždin März 2011**

Sammer [2009] gibt in der Verkehrszweckmatrix für die Stadt Graz aus dem Jahr 2008 einen Überblick über die Verteilung der Wegezwecke. Aus ihr geht neben der Bedeutung der Zwecke für die Modellierung auch die Aufteilung der Wege in heim-basierte und nicht heim-basierte Wege je Zweck hervor. Es zeigt sich, dass rd. 85% der Wege mit dem Zweck Ausbildung heim-basiert sind. Für den Zweck Arbeit liegt dieser Wert bei rd. 80%. Diese hohen Anteile erlauben es in dieser Modellierung die Arbeits- und Schulwege als ausschließlich heim-basiert anzunehmen.

Um aus diesen Informationen die Verkehrserzeugung zu erhalten müssen das Quellaufkommen (entspricht Quellpotenzial) und das Zielaufkommen (Zielpotenzial) je Zelle ermittelt werden (Formeln 4 und 5).

$$Q_i = \sum_{SG} \alpha_g SG_g(i) \quad (5)$$

mit:  $Q_i$  Quellaufkommen von Zelle i  
 $\alpha_g$  Erzeugungsrate der Strukturgröße in der Nachfrageschicht g  
 $SG_g$  Strukturgröße

$$Z_j = \sum_g \alpha_g SG_g(j) \quad (6)$$

mit:  $Z_j$  Zielaufkommen von Bezirk j  
 $\alpha_g$  Erzeugungsrate der Strukturgröße g  
 $SG_g$  Strukturgröße

Da jeder Fahrt genau ein Ausgangs- bzw. Zielort festgelegt wird, muss auch die Summe der Quell- und Zielaufkommen identisch sein (Formel 6).

$$\sum_i Q_i = \sum_j Z_j \tag{7}$$

**Strukturgröße Schüler (Schüler/Schulplätze)**

**Erzeugung**

Für das Quellpotenzial der Verkehrserzeugung mit dem Zielzweck Schule ist der Anteil der Schüler je Zelle erforderlich. Die im Modell betrachteten Personen der Aktivität *Schule* sind Einwohner zwischen 6 und 17 Jahren, wohnen in der Gespanschaft Varaždin und besuchen eine Schule innerhalb der Gespanschaft. Die Aufteilung auf Basis der Bevölkerungspyramide [Croatian Bureau of Statistics, 2009] und die Zuordnung nach dem kroatischen Schulsystem sind in Tabelle 16 dargestellt.

**Tabelle 16: Ermittlung der Schülerzahlen**

EW Gespanschaft: 176.046			Primärstufe		Sekundär-	Besuchs-	
Alter	Anteil	Pers.	Unterstufe	Oberstufe	stufe		pflcht
5	0,96%	1690					
6	0,96%	1690	100%			obligatorisch	
7	0,96%	1690					
8	0,96%	1690					
9	0,96%	1690					
10	1,18%	2077		100%		obligatorisch	
11	1,18%	2077					
12	1,18%	2077					
13	1,18%	2077					
14	1,18%	2077			81%	fakultativ	
15	1,20%	2113					
16	1,20%	2113					
17	1,20%	2113					
18	1,20%	2113					
			Schüler:	<b>6760</b>	<b>8308</b>	<b>6817</b>	$\Sigma$ <b><u>21.885</u></b>

Der Anteil an Schülern an der Gesamtbevölkerung beträgt somit 12,43%. Dieser wird homogen über die Verkehrszellen angewandt.

**Anziehung**

In der Gespanschaft Varaždin gibt es 49 Schulen der Primärstufe [Datenbank Gespanschaft Varaždin, 2012]. Informationen zu den Schüler- und Mitarbeiterzahlen von 26 davon wurden bereits durch eine Erhebung aufgenommen, über die verbleibenden 23 Schulen wurden diese Informationen von deren

Internetportalen gesammelt. Bei 13 Schulen davon musste auf Basis des gemittelten Mitarbeiter-Schüler Verhältnisses (7,3 Schüler je Mitarbeiter) der anderen Schulen, die Schülerzahl hochgerechnet werden. Mit dieser Vorgehensweise konnten 14.951 Schüler der Primärstufe Schulstandorten und somit Zellen zugeordnet werden. Dies entspricht 99,2% der errechneten Schülerzahl (Tabelle 16).

Der Sekundärstufe zugeordnet befinden sich 12 Schulen im Untersuchungsgebiet. Hiervon konnten die Informationen von 8 Schulen aus der Erhebung entnommen werden, von den weiteren Schulen wurden sie von den jeweiligen Internetportalen entnommen. Die sich daraus ergebende Summe von 7.216 Schülern der Sekundärstufe entspricht 105,9% der hochgerechneten Schülerzahlen.

Die Anziehungspunkte der Personengruppe Schüler konnte somit für 22.167 Personen adressengenau lokalisiert werden. Durch die detaillierte Erhebung der Schülerzahlen wurden zeitgleich 2.740 Arbeitsplätze von in Schulen beschäftigten Personen miterhoben.

### **Strukturgröße Berufsverkehr (Beschäftigte/Arbeitsplätze)**

#### **Quellaufkommen (Beschäftigte)**

Für die Erzeugung auf Basis der Aktivität Arbeit ist der Anteil der Beschäftigten an der Gesamtbevölkerung erforderlich. Der Erwerbstätigenanteil beinhaltet alle beschäftigten Personen im erwerbstätigen Alter (15-64 Jahre) unter Berücksichtigung der Arbeitslosenquote. Dieser Wert liegt für Kroatien bei 57,3% [WKO 2011 nach EUROSTAT]. Aus der Bevölkerungspyramide wird ersichtlich, dass der Anteil der Personen im erwerbstätigen Alter 66,3% der Gesamtbevölkerung ausmacht. Durch Multiplikation beider Faktoren ergibt sich ein Beschäftigtenanteil von 38,0%.

#### **Zielaufkommen (Arbeitsplätze)**

Die Anziehung der Aktivität Arbeit bezieht sich auf die Anzahl der Arbeitsplätze. Die Kammer für Wirtschaft in Varaždin sowie eine ergänzende Internetrecherche dienen als Quellen zur Ermittlung und Lokalisierung der Arbeitsplätze:

- Die Kammer für Wirtschaft listet 111 Arbeitsstätten mit 23.044 Arbeitsplätzen
- Schulen: 61 Arbeitsstätten mit 2.749 Arbeitsplätzen
- Supermarktketten: 56 Arbeitsstätten mit 1.130 Arbeitsplätzen
- Krankenhaus: 1 Arbeitsstätte mit 1.100 Arbeitsplätzen

Insgesamt ergeben sich daraus 229 Arbeitsstätten mit 28.023 Arbeitsplätzen. Dies entspricht einem Anteil von 42,0% an den Beschäftigten. Die Differenz von 38.543 Arbeitsplätzen wird auf Basis der Einwohnerzahl hochgerechnet. Auf durchschnittlich 4,6 Einwohner kommt ein nicht lokalisierter Arbeitsplatz.

#### **Weiteren Aktivitäten**

Alle weiteren Aktivitäten, wie Freizeit, Einkauf oder Erledigung werden auf Basis der verbleibenden Wege auf die Einwohnerzahl hochgerechnet. Als Strukturgröße für das Quellpotenzial gilt die

Einwohnerzahl in realer Form, für das Zielpotenzial ist die durch die Zentralität gewichtete Einwohnerzahl maßgeblich (Tabelle 17).

**Nicht-Heimbasierte Wege**

Alle nicht-heimbasierten Wege werden über eine auf Basis der Zentralität gewichteten Einwohnerzahl verteilt. Diese Wege haben häufig Einkauf, Freizeit oder eine Erledigung als Zielzweck. Da die Aktivitätenorte dieser Wege tendenziell eher in Orten höherer Zentralität liegen, geschieht deren Aufteilung nach folgendem Muster (Tabelle 17):

**Tabelle 17: Gewichtung nicht-heimbasierter Wege nach Zentralitätsgefüge**

Region	EW-Zahl	Anteil	Gewichtung	EW-Zahl gewichtet	Anteil
Oberzentrum	47.055	26,7%	3,0	141.165	44,1%
Unterszentrum	50.131	28,5%	2,0	100.262	31,3%
Landregion	78.860	44,8%	1,0	78.860	24,6%

**AS 3: Bestimmung der Erzeugungsraten**

Erzeugungsraten für den Schul- und Arbeitsverkehr werden aus Bosserhoff [2005] entnommen. Die entnommenen Werte werden auf ihre Anwendbarkeit untersucht.

Die Erzeugungsraten zu den oben ermittelten Strukturgrößen sind in Tabelle 18 zusammengefasst.

**Tabelle 18: Strukturgrößen und Erzeugungsraten der Verkehrserzeugung**

AKTIVITÄT	STRUKTURGRÖSSE (Quelle/Ziel)	ERZEUGUNGSRATE $\alpha_g$	QUELLE
Schule	Schüler / Schulplätze	2,2	Bosserhoff [2005]
Arbeit	Beschäftigte / Arbeitsplätze	2,1	Bosserhoff [2005]
Alle weiteren Wege	Einwohnerzahl / gewichtete Einwohnerzahl	2,02 / 1,15	MiD [Ahrens, 2009]

**AS 4: Berechnung des Quell- und Zielaufkommens je Zelle**

Anhand der Strukturgrößen und der Erzeugungsraten können nun das Quell- und Zielaufkommen je Zelle ermittelt werden. Die in Tabelle 19 für den gesamten Untersuchungsraum dargestellten Ergebnisse werden für jede Verkehrszelle durchgeführt.

**Tabelle 19: Erzeugungsraten und Strukturgrößen der Verkehrserzeugung**

	AKTIVITÄT	ERZEUGUNGSRATE	STRUKTURGRÖSSE	ANZAHL WEGE
Gesamt	alle	3,12 [Wege/Person, Werktag]	175.834 [EW]	548.602
Quell- aufkommen	Schule	1,10 [Wege/Schüler, Werktag]	22.167 [Schüler]	24.384
	Arbeit	1,05 [Wege/Beschäftigtem, Werktag]	66.566 [Beschäftigte]	69.894
	heim- basiert	2,03 [Wege/Person, Werktag]	175.834 [EW]	356.124
	nicht heim- basiert	0,32 [Wege/Person, Werktag]	310.066 [EW-gewichtet]	98.200
Ziel- aufkommen	Schule	1,10 [Wege/Schüler, Werktag]	22.167 [Schulplätze]	24.384
	Arbeit	1,05 [Wege/Beschäftigtem, Werktag]	66.566 [Arbeitsplätze]	69.894
	heim- basiert	1,15 [Wege/Person, Werktag]	310.066 [EW-gewichtet]	356.124
	nicht heim- basiert	0,32 [Wege/Person, Werktag]	310.066 [EW-gewichtet]	98.200

Die Abweichung in der Erzeugungsrate von heim-basierten Wegen zwischen dem Quell- und Zielaufkommen entstammt der abweichenden Strukturgröße. Dieser Aktivität ist der Weg „Wohnstandort → Ort höherer Zentralität → Wohnstandort“ zu Grunde gelegt.

Das Ergebnis der Verkehrserzeugung ist in Form einer Verkehrszweckmatrix in Abbildung 25 dargestellt. Darin ist die Anzahl der Wege eines Werktages den Zwecken W (Wohnen), S (Schule), A (Arbeit) und R (Rest: Einkauf, Freizeit, etc.) zugeordnet. Die Anzahl der Wege mit selben Ausgangs- wie Zielzweck ist schematisch durch die Größe der Kreise abgebildet.

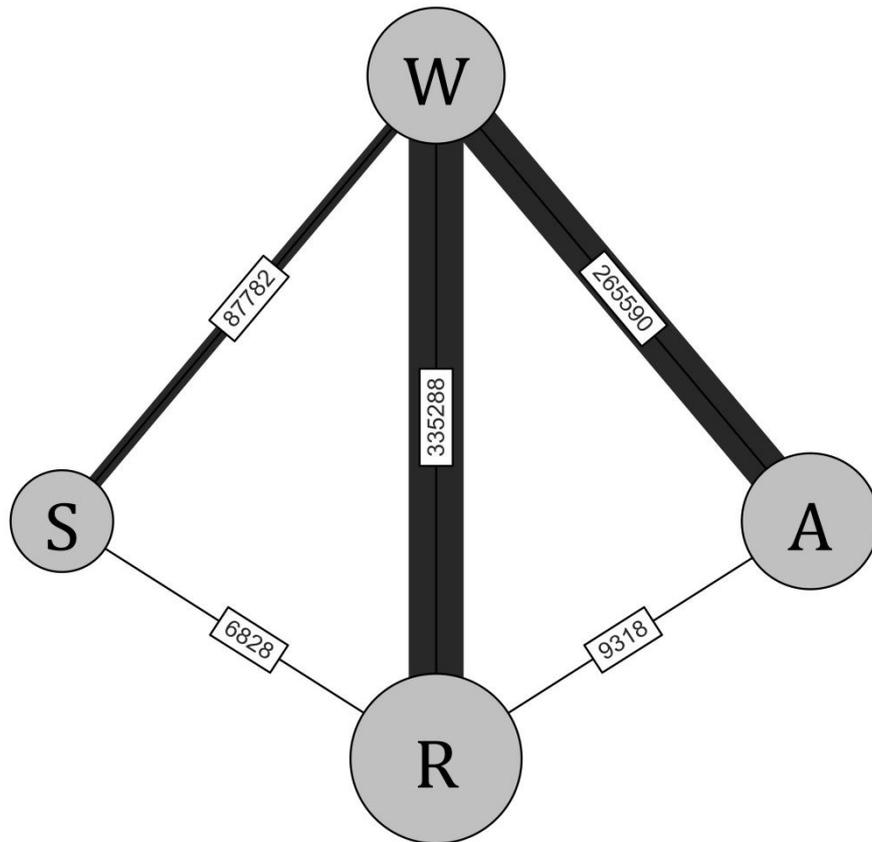


Abbildung 25: Verkehrszweckmatrix im Verkehrsmodell Varaždin

### 5.3.3 Verkehrsverteilung

Die Verkehrsverteilung, als zweite Stufe des 4-Stufen-Algorithmus, dient der Zuordnung der erzeugten Fahrten zu Zielen. Diese räumliche Verteilung der Fahrten führt zur Fahrtenmatrix. Als Methode wird die Verteilung über den Gravitationsatz gewählt.

Die Fahrtensumme zwischen zwei Zellen basiert auf dem Newton'schen Gravitationsgesetz (Formel (8)).

$$F = G * \frac{m_1 * m_2}{r^2} \quad (8)$$

mit: F Kraft zwischen Massenpunkten  
 $m_{1,2}$  Masse  
 r Entfernung zwischen den Massenpunkten  
 G Gravitationskonstante

Dieses Gesetz besagt, dass sich die Anziehungskraft zwischen einer Quelle (Masse 1) und einem Ziel (Masse 2) über eine Widerstandsfunktion (Entfernung r) ableiten lässt. Formel (9) zeigt die Anwendung dieses Ansatzes auf ein Verkehrsnetz.

$$F_{ij} = \frac{\alpha * P_i * P_j}{d_{ij}^2} \quad (9)$$

- mit:  $F_{ij}$  Fahrten von i nach j  
 $P_i$  Bevölkerung am Ort i  
 $d_{ij}$  Reisezeit zwischen den Zellen i und j  
 $\alpha$  Konstante in Abhängigkeit des Fahrzwecks

Der Widerstand, der in diesem Beispiel als Reisezeit zwischen den Zellen dargestellt wird, wird im Modell durch eine Nutzenfunktion beschrieben. Dieser, auch Attraktionsfunktion, genannter Zusammenhang beschreibt über den Nutzen die Wahrscheinlichkeit der Fahrtenverteilung über einen Widerstand. Je nach Datengrundlage kann der Widerstand aus einer Kombination von Faktoren bestehen. Diese werden häufig als generalisierte Kosten zusammengefasst, indem einzelnen Parametern, wie die Reisezeit, die Entfernung oder die tatsächlichen Mautkosten, monetär bewertet werden. Da im Verkehrsmodell Varazdin die erforderlichen Datengrundlagen um eine solche Bewertung durchzuführen nicht vorliegen, wird der Widerstand durch die Entfernung (Fahrweite) wiedergegeben. Die angewandte Entfernungsverteilung entstammt MiD-Daten [Ahrens, 2009] für den ländlichen Raum höherer Dichte. Dies ist von großer Bedeutung da die Fahrtweitenverteilung von der Strukturform abhängt. Die Modellierung könnte an dieser Stelle insofern verfeinert werden, indem Fahrtweitenverteilungen für die unterschiedlichen Aktivitäten angewendet werden, da beispielsweise Schulwege in der Regel weiter als Einkaufswege sind.

Die Nutzenfunktion kann durch verschiedene mathematische Ansätze beschrieben werden (Abbildung 26).

<b>Allgemeine Form der Verteilungsformel</b>	
$F_{ij} = k_{ij} \cdot Q_i \cdot Z_j \cdot f(U_{ij})$ wobei	
Logit	$f(U_{ij}) = e^{cU_{ij}}$
Kirchhoff	$f(U_{ij}) = U_{ij}^c$
BoxCox	$f(U_{ij}) = e^{\frac{cU_{ij}^b - 1}{b}}$
Kombiniert	$f(U_{ij}) = a \cdot U_{ij}^b \cdot e^{cU_{ij}}$
TModel	$f(U_{ij}) = \frac{1}{U_{ij}^b + cU_{ij}^a}$

**Abbildung 26: Ansätze der Attraktionsfunktion (Quelle: VISUM Benutzerhandbuch)**

Da die Fahrtenverteilung einen wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis des Modells hat, wurde eingangs mit zwei Ansätzen gearbeitet. Die Auswahl des umsetzbaren Ansatzes erfolgte mit der Modellkalibrierung. Folgende Varianten werden angewendet:

- **Variante 1:** Kombiniertes Ansatz / Ermittlung der Parameter durch das Auffinden der geringsten Fehlersumme
- **Variante 2:** Logit-Ansatz / Ermittlung der Parameter über eine Likelihood-Schätzung (Kalibri)

Die beiden Varianten werden nachfolgend kurz beschrieben und verglichen.

**Variante 1 (kombinierter Ansatz)**

Da die Fahrtenverteilung mathematisch betrachtet dem kombinierten Ansatz am nächsten liegt, wurde dieser als erster ausgewählt (Formel (10)).

$$f(U_{ij}) = a \cdot U_{ij}^b \cdot e^{cU_{ij}} \tag{10}$$

mit:  $U_{ij}$  Nutzen für den Weg von Zelle i nach j  
 a, b, c Parameter

Die Parameter (a, b, c) werden auf Basis der gewünschten Zielverteilung abgeschätzt. In einer Matrix werden die Parameter b und c zur Ermittlung der kleinsten Fehlersumme aufgetragen (Abbildung 27). Die Fehlersumme ergibt sich aus der Wurzel über die Quadratsumme aller Abweichungen zwischen den Eingangswerten der MiD und den Formelwerten. Folgende Schranken sind berücksichtigt:

- $0,0 < b < 5,0$
- $-2,0 < c < 2,0$

Abbildung 27 zeigt einen Ausschnitt aus einer Optimierungsmatrix. Die Matrix ist in Zeilen (Q00 bis L00) und Spalten (b | c) unterteilt. Die Spaltenüberschriften sind von 0,00 bis -0,35 in Schritten von 0,01. Die Zeilenüberschriften sind von Q00 bis L00. Die Matrix enthält numerische Werte, die durch Pfeile als 'Parameter c' (horizontal) und 'Parameter b' (vertikal) markiert sind.

Abbildung 27: Ausschnitt aus der Optimierungsmatrix

Abbildung 28 zeigt die Nutzenfunktion mit den ermittelten Parametern im Vergleich mit den Eingangswerten der MiD.

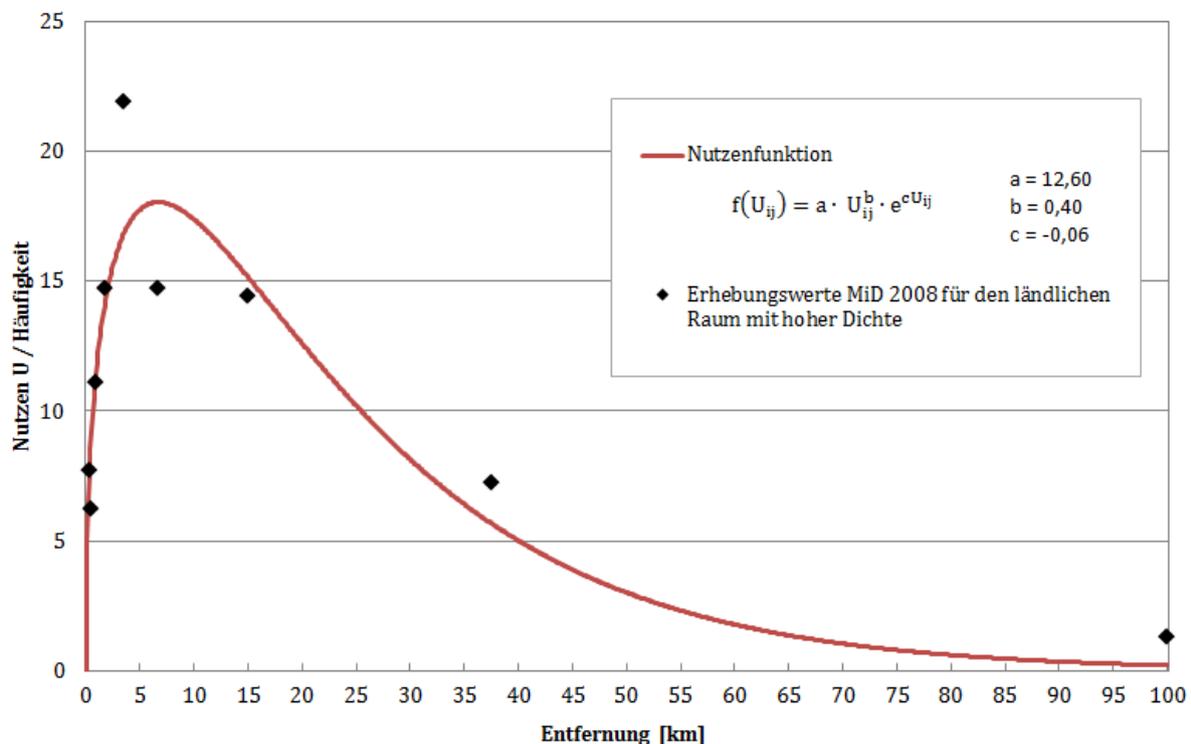


Abbildung 28: Nutzenfunktion über die Wegweitenverteilung

Die Nutzenfunktion weist Fahrten ohne Weglänge einen Nutzen für die Mobilität von 0 zu. Der Binnenverkehr in den Verkehrszellen hat rechnerisch ebenso eine Weglänge von 0. Um zu verhindern, dass in der Modellierung kein Binnenverkehr auftritt, werden den Zellen manuell erwartete Durchschnittsentfernungen angegeben. Die Größe dieses Wertes wird entsprechend (11) ermittelt.

$$E_{ii} = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt{A} \quad (11)$$

mit:  $E_{ii}$  Entfernung im Zellbinnenverkehr [km]  
 $A$  Fläche der Zelle [km<sup>2</sup>]

Sie basiert auf der Annahme, dass die Entfernung 2/3 der Länge eines flächengleichen Quadrates entspricht. Der Anteil liegt über 1/2, da vom Zellschwerpunkt ausgehend, längere Wege wahrscheinlicher sind als kurze Wege, da die Anzahl der möglichen Zielpunkte proportional zur Weglänge steigt.

Da dieser Ansatz durch die unterschätzte Abbildung von kurzen Wegen eine durchschnittlich zu große Entfernung ergab, wurde im Zuge der Kalibrierung Variante 2 entwickelt und angewandt.

### Variante 2 (Logit-Modell)

Mit Kalibri (Bestandteil von Visum) wurden mit der Methode der Maximum-Likelihood-Schätzung die Parameter so bestimmt, dass der Ansatz mit der größtmöglichen Wahrscheinlichkeit den Eingangsergebnissen entspricht ( $c = -0,11474089$ ). Diese Funktion zeigt Abbildung 29.

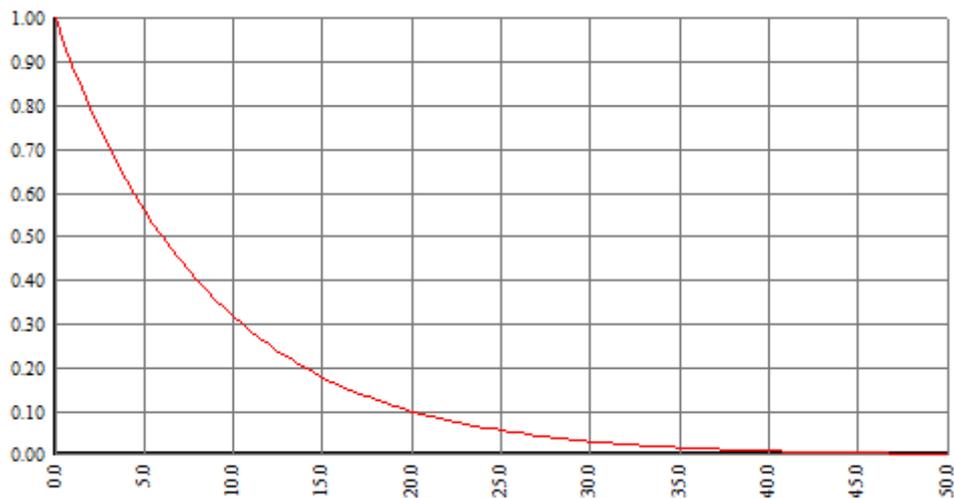


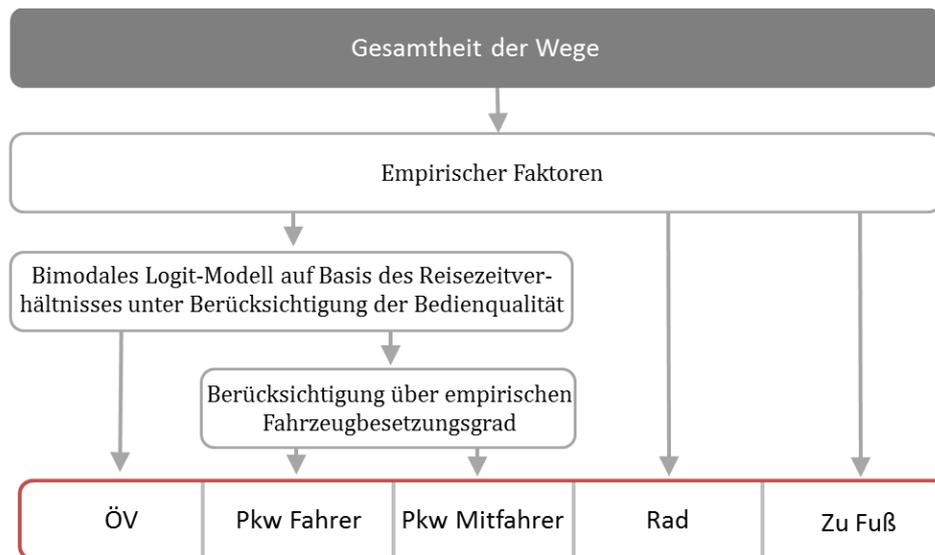
Abbildung 29: Gewählter Logit-Ansatz

### 5.3.4 Verkehrsmittelwahl

In der Verkehrsmittelwahl, der dritten Stufe des 4-Stufen-Algorithmus, wird den in der Verkehrsverteilung ermittelten Wegen ein Verkehrsmittel (Modus) zugeordnet. Im Wesentlichen sind das die Modi Pkw (Fahrer oder Mitfahrer), Öffentliches Verkehrsmittel, Rad und Zufußgehen. Für die Modellierung nicht von Bedeutung sind Flugzeug und Schiff.

Aufgrund der Fokussierung des hier behandelten Modells auf den ÖPNV sind die Modi ÖV und Pkw von Bedeutung. Der ÖV steht im ländlichen Raum überwiegend in Konkurrenz zum Pkw. Wege zu Fuß bzw. mit dem Rad beschränken sich auf kurze Entfernungen, in denen der ÖV nur bei einem sehr guten Angebot eine Alternative darstellt.

Die Bearbeitung erfolgt in drei Schritten. Zu Beginn wird der Rad- und Fußverkehr auf Basis empirischer Daten anteilig herausgerechnet. Die verbleibende Wegemenge wird über einen bimodalen Logit-Ansatz, auf Basis des Reisezeitverhältnisses und unter Berücksichtigung der Bedienqualität, aufgeteilt. Für die Modellierung ist dieser Arbeitsschritt von der größten Bedeutung. Weiters wird das Ergebnis aus dem IV auf Fahrzeuge heruntergerechnet. Dabei wird auch die Aufteilung von Pkw-Fahrer und Mitfahrern berücksichtigt. Diese Vorgehensweise ist in Abbildung 30 skizziert.



**Abbildung 30: Berechnungsschritte der Verkehrsmittelwahl**

### Fußgänger und Radverkehr

Der Fuß- und Radverkehr ist in diesem Modell als Differenz zwischen der in der Verkehrserzeugung ermittelten Gesamtwegeanzahl und den Wegen für die ergebnisrelevanten Modi ÖV und IV von Bedeutung. Dadurch ist außerdem die aus dem Ansatz für die Verkehrsverteilung stammende, tendenzielle Unterschätzung des Zellbinnenverkehrs bzw. des Wegeaufkommens für sehr kurze Strecken, insofern zu vernachlässigen, da die beiden für dieses Entfernungsintervall ausschlaggebenden Verkehrsmittel an dieser Stelle abgezogen werden.

Eine Veröffentlichung der ITS Kroatien [Simunovic, et al., 2012] gibt für Varaždin einen Radverkehrsanteil von 25% und einen Fußgängeranteil von 15% an. Die Summe von 40% der beiden Anteile wird aus der Gesamtheit der Wege abgezogen. Die weitere Unterscheidung dieser Verkehrsmittel findet in diesem Modell nicht statt.

### ÖV-Anteil über das Reisezeitverhältnis

Zur Bestimmung des ÖV-Anteils eignet sich als Modal-Split-Modell der zweiseitig logarithmische Zusammenhang zwischen ÖV-Anteil und Reisezeitverhältnis (RZV) [Deiss, 2007]. Dieser Verlauf lässt sich für den Bereich der wahlfreien Verkehrsteilnehmer beobachten (Abbildung 31).

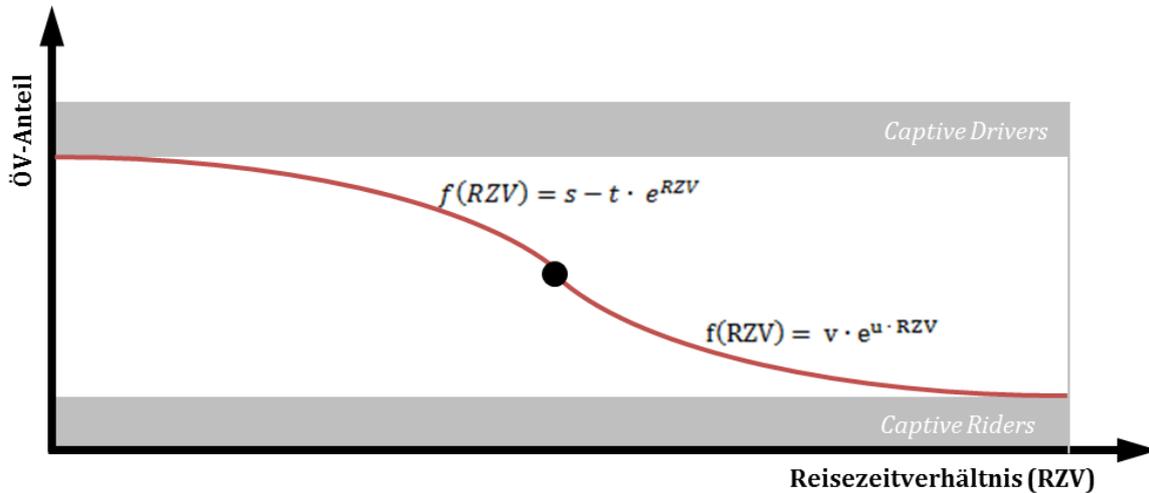


Abbildung 31: Systemskizze Verkehrsmittelwahl

Vorausgesetzt ist die Definition des RZV als der Quotient aus der Reisezeit im Öffentlichen Verkehr gegenüber dem Individualverkehr (12).

$$RZV = \frac{t_{\text{ÖV}}}{t_{\text{IV}}} \quad (12)$$

mit: RZV Reisezeitverhältnis  
 $t_{\text{ÖV}}$  Reisezeit im Öffentlichen Verkehr  
 $t_{\text{IV}}$  Reisezeit im Individualverkehr

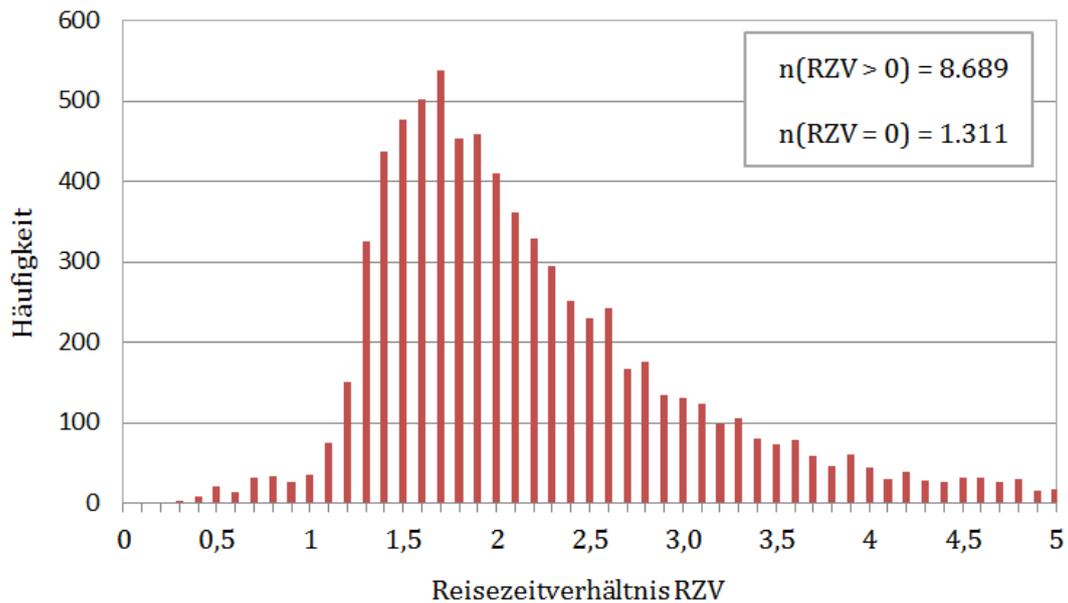
Die gezeigte Funktion lässt sich anhand von zwei Formeln ((13 und (14) beschreiben.

$$f(RZV) = s - t \cdot e^{RZV} \quad (13)$$

$$f(RZV) = v \cdot e^{u \cdot RZV} \quad (14)$$

mit:  $s, t, u, v$  Formparameter

Vor der Anwendung dieser Funktionen sind die vier Formparameter zu bestimmen. Bei der Auffindung ist besonders auf die Abbildung der Funktion für Reisezeitverhältnisse  $> 1$  Wert zu legen, da ein gegenüber dem IV langsamerer ÖV in der Realität weitaus häufiger auftritt. Die im Untersuchungsgebiet auftretende Häufigkeitsverteilung ist im Histogramm in Abbildung 32 dargestellt.



**Abbildung 32: Häufigkeit einzelner RZVs im Untersuchungsgebiet**

Das Reisezeitverhältnis zeigt eine Gleichverteilung und unterstreicht die Bedeutung der möglichst exakten Abbildung der Funktion vor allem für den Intervall von  $1,2 < \text{RZV} < 3$ .

Zur Auffindung der Formparameter ist die Bestimmung von Stützstellen erforderlich, an welche die Funktion angepasst werden kann. Zwei Stützstellen sind die obere und untere Grenze an die sich die Funktionen annähern. Nach oben wird sie durch die IV-gebundenen Personen (Captive Drivers) gebildet. Darunter versteht man die Personengruppe, die unter keinen Umständen auf ihr Kfz verzichtet. Nach unten wird sie durch die ÖV-gebundenen Verkehrsteilnehmer (Captive Riders) beschränkt, also diejenigen Personen, denen durch Faktoren wie Pkw-Verfügbarkeit oder Führerscheinbesitz keine Wahlfreiheit gegeben ist. Vor allem der Begriff Captive Rider ist in der Fachwelt umstritten (Walker, 2010), da er suggeriert, dass bestimmte Personengruppen unter allen Umständen den ÖV nutzen würden. Das diese Annahme bei hohen Reisezeitverhältnissen bzw. sehr schlechten Bedien- und Komfortqualitäten noch zutrifft kann bezweifelt werden. Effekte die über die Verkehrsmittelwahl hinausgehen (Zielwahl, Mobilität, etc.) werden damit beeinflusst. Aufgrund der geringen Bedeutung dieses Funktionsbereichs für die Modellierung des Verkehrs im Untersuchungsgebiet scheint der Ansatz berechtigt.

Für die Stützstellen sind jeweils ein ÖV-Anteil und ein zugehöriges RZV erforderlich. Sie definieren sich über die folgenden 6 Annahmen:

- Bei einem  $\text{RZV} < 0,5$  entscheiden sich alle wahlfreien Verkehrsteilnehmer für den ÖV
- Der Anteil an IV-gebundenen Verkehrsteilnehmern beträgt 80%
- Bei einem RZV der Qualitätsstufe D und geringer ( $\text{RZV} > 3,8$  (FGSV, 2010)) entscheiden sich alle wahlfreien Verkehrsteilnehmer für den IV
- Der Anteil an ÖV-gebundenen Verkehrsteilnehmern beträgt 7%
- Der Wendepunkt der Funktion befindet sich bei einem ÖV-Anteil von 50%

- Der durchschnittliche ÖV-Anteil lässt sich durch den Zusammenhang zum Motorisierungsgrad über das Empfindungsgesetz bestimmen (wird auf RZV 1,5 bezogen)

Knoflacher [1975] gibt an, dass der ÖV-Anteil mit dem Fahrzeugbesitz, und damit dem Motorisierungsgrad, über das Empfindungsgesetz in logarithmischem Zusammenhang steht. Das Empfindungsgesetz (Weber-Fechner-Gesetz) besagt, dass die Empfindung eines Reizes, ausgehend von einem Schwellenreiz, logarithmisch ansteigt (Formel (15)).

$$E = c * \ln \frac{R}{R_0} \quad (15)$$

mit: E      Empfindung  
 c      Konstante (abhängig von der Art des Reizes)  
 R      Reiz  
 R<sub>0</sub>    Schwellenreiz

In der Anwendung auf das Verkehrswesen gibt Knoflacher [1975] für die Konstante c einen Wert von 3,6131 an (Formel (16)).

$$\text{ÖV\_Anteil} = 18,994 * \ln(\rho_{\text{Kfz}}) + 3,6131 \quad (16)$$

mit:  $\rho_{\text{Kfz}}$     Kraftfahrzeugdichte [EW/Kfz]

Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 33 grafisch dargestellt.

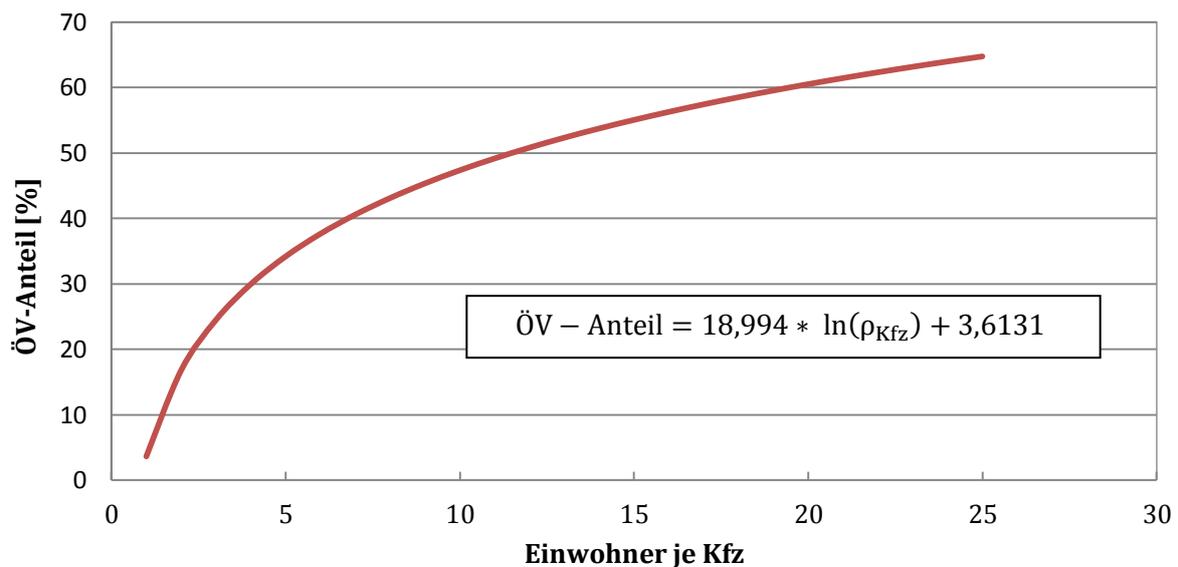
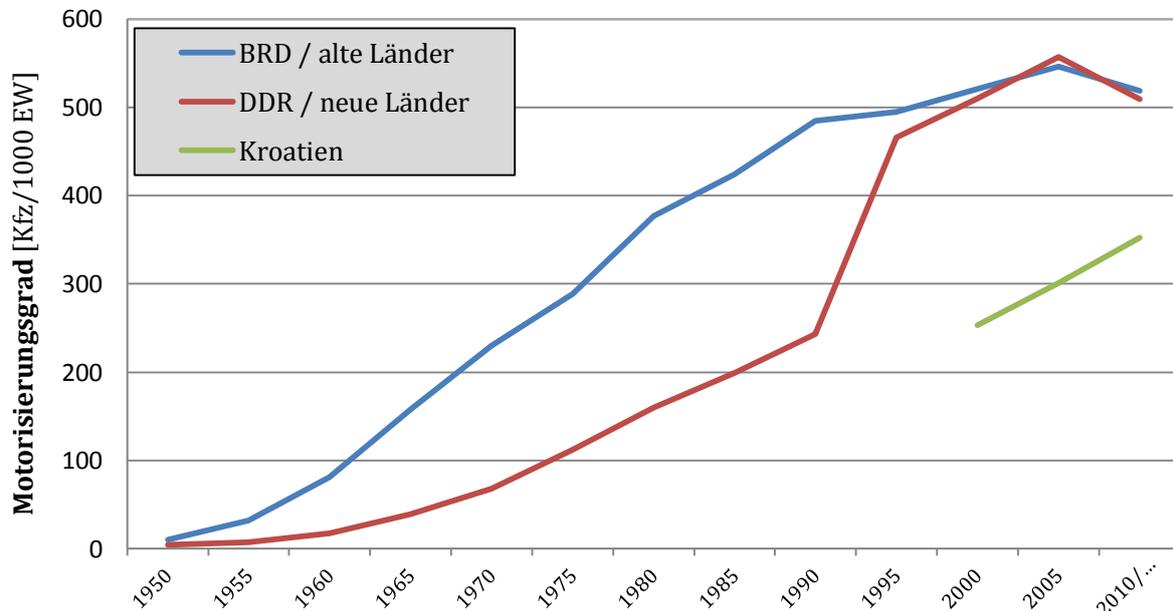


Abbildung 33: ÖV-Anteil in Abhängigkeit des Motorisierungsgrades, [Daten: Knoflacher, 1975]

Zur Bestimmung des ÖV-Anteils ist Kenntnis über die Motorisierung erforderlich. Um diesen Wert in Prognosefällen variieren zu können, ist auch die zeitliche Entwicklung von Interesse. Abbildung 34 zeigt die Entwicklung des Motorisierungsgrades in Deutschland (Ost/West) und in Kroatien.



**Abbildung 34: Entwicklung der Motorisierung in der Kroatien und Deutschland (Daten entnommen aus Schmucki [2001], EuroStat [2011], Croatian Bureau of Statistics [2011])**

Kroatien weist 2011 eine Motorisierung von 334 Kfz/1.000 EW auf. Das Beispiel Deutschland zeigt die möglichen Unsicherheiten einer Prognose auf. Die deutlich geringere Motorisierung der DDR gegenüber der BRD wurde nach dem Fall der Mauer in kürzester Zeit angeglichen.

Die Berechnung ergibt einen ÖV-Anteil von 24,5 %. Dieser Wert berücksichtigt keine Strukturen oder das ÖV-Angebot. Insofern kann er als Orientierungsgröße verwendet werden. In diesem Modell fließt er als Eingangsgröße in den iterativen Prozess der Verkehrsmittelwahl ein. Es wird angenommen dass sich dieser aus der Empfindung errechnete ÖV-Anteil bei einem Reisezeitverhältnis, das als zufriedenstellend angesehen wird, einstellt. Die FGSV [2010] gibt den Übergang zwischen einem günstigen und einem zufriedenstellendem RZV mit 1,5 an. Auf dieser Annahme basiert die letzte Stützstelle des Logit-Modells.

### Einfluss der Bedienqualität

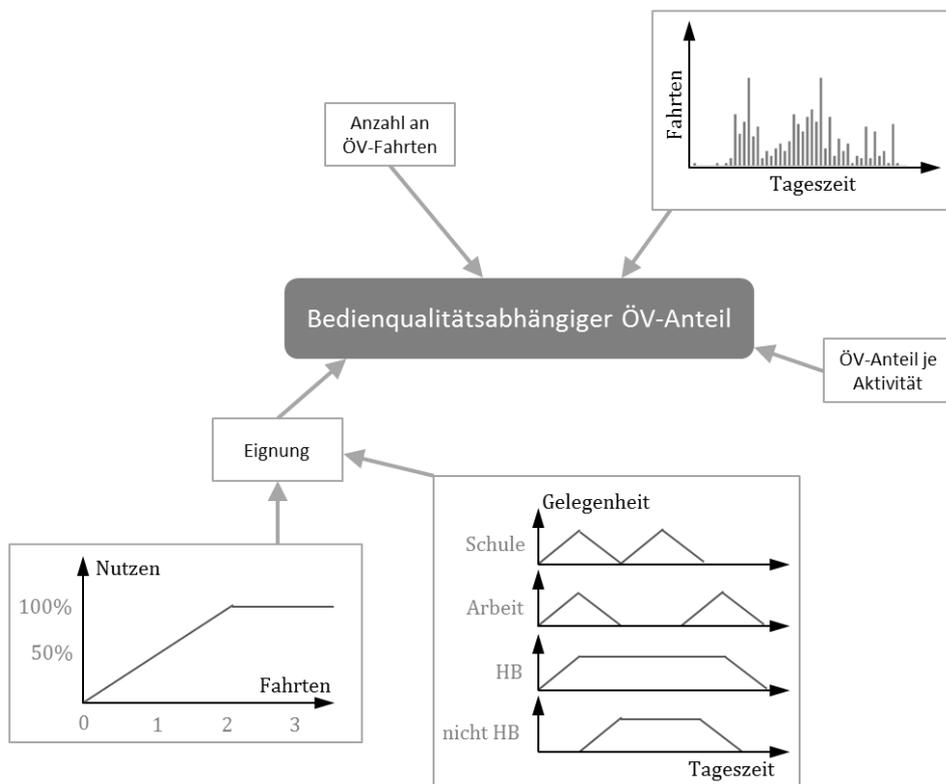
Neben dem Reisezeitverhältnis hat auch die Bedienqualität einen großen Einfluss auf die Verkehrsmittelwahl. Geringe Reisezeiten im ÖV verlieren durch ein geringes Fahrtenangebot an Nutzen. Dieser Einfluss wird in der Modellierung aus zwei Gründen berücksichtigt. Einerseits sind gerade im ländlichen Raum, wie er das Untersuchungsgebiet überwiegt, niedrige Bedienqualitäten anzutreffen. Andererseits lassen sich somit Fahrplanveränderungen ohne Reisezeitverkürzungen abbilden.

Als Ausgangsbasis dient die zeitliche Verteilung der Abfahrtszeitpunkte aller ÖV-Kurse im Untersuchungsgebiet. Dem gegenüber steht die tageszeitabhängige Gelegenheit für eine Fahrt, in

Abhängigkeit der in der Verkehrserzeugung unterschiedenen Aktivitäten (Schule, Arbeit, heimbasierter Weg, nicht-heimbasierter Weg). Beide Verteilungen sind in einer Auflösung von 30 min erstellt. Zu den Aktivitäten liegen jeweils ÖV-Anteile vor. Zusätzlich zur Gelegenheit, also der Eignung eines Abfahrtszeitpunktes für das Ausführen einer Aktivität, wird eine Nutzenfunktion bestimmt. Da sie sich auf die Abbildung der grundsätzlichen Eignung beschränkt, zeigt sie einen bilinearen Verlauf. Sie besitzt die Stützstellen 0 (kein Nutzen), eine Fahrt (50% Nutzen – der halbe Weg kann zurückgelegt werden) und zwei Fahrten (100% Nutzen). Bei mehr als zwei Fahrten bleibt der Nutzen konstant bei 100%. Diese Annahme ist im Zusammenhang mit der für dieses Modell getroffenen Vereinfachung zu sehen, dass nach dem Hinweg einer Aktivität der Rückweg zum Ausgangsort folgt. Diese Nutzenfunktion könnte über empirische Untersuchungen verfeinert werden.

Aus der Kombination dieser Faktoren kann nun der Nutzen in Abhängigkeit der Anzahl an Kursen bestimmt werden. Ausgangslage dieses Vorgangs ist die Anzahl der Fahrten für die dieser Wert bestimmt werden soll. Aus der tageszeitlichen Fahrtenverteilung kann für jede Anzahl von Fahrten eine Wahrscheinlichkeit für das Fallen auf ein Zeitfenster ermittelt werden. Durch die Kombination dieses Wertes mit der Gelegenheitsverteilung (Eignung) und der Überlagerung dieses Ergebnisses mit der Nutzenfunktion lässt sich der Nutzen für jede Aktivität bestimmen. Die gewichtete Kombination des Nutzens mit den zugehörigen ÖV-Anteilen ergibt einen gesamten ÖV-Anteil.

Das Zusammenwirken der Einflussgrößen ist in Abbildung 35 dargestellt.



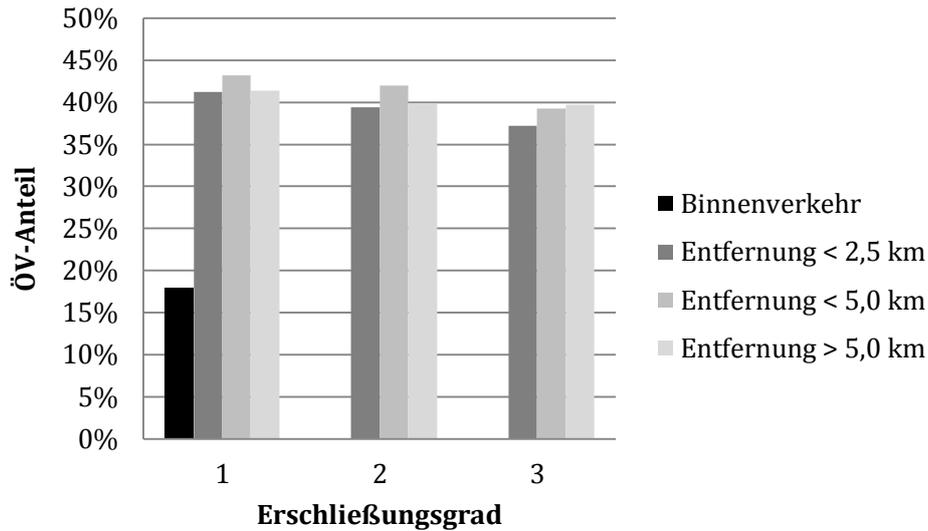
**Abbildung 35: Einflussfaktoren auf den bedienqualitätsabhängigen ÖV-Anteil**

Die daraus resultierenden Abminderungen des ÖV-Anteils sind in Tabelle 20 zusammengefasst.

**Tabelle 20: ÖV-Anteil in Abhängigkeit der Bedienqualität**

Anzahl ÖV-Fahrten	ÖV-Anteil
0	0,00 %
1	8,61 %
2	17,22 %
3	22,17 %
4	24,36 %
5 und mehr	24,50 %

Ausschlaggebend für die Entwicklung dieses Ansatzes war das Fehlen eines adäquaten Ersatzes in der Literatur. In auflösungsfeinen Verkehrsmodellen werden Faktoren wie die ÖV-Bedienqualität über Widerstände berücksichtigt. Die Kenngrößen aus denen sich der Widerstand zusammengesetzt, können in Abhängigkeit der verfügbaren Daten sehr umfangreich ausfallen. Die verhaltenshomogenen Personengruppen reagieren auf unterschiedliche Weise auf die Widerstände. Durch die Betrachtung von Wegekettten wird der Einfluss der gesamten Wegekette berücksichtigt, sodass beispielsweise bei einer Hinfahrt als Pkw-Fahrer mit hoher Wahrscheinlichkeit auch die Rückfahrt mit dem Pkw erfolgen wird. Diese Methode erlaubt eine sehr feine Verkehrsmittelwahl. Das vorliegende Modell muss jedoch mit einem eingeschränkten Umfang an Daten das Auslangen finden. Weniger komplexe Modellierungsansätze unterscheiden ebenfalls in der ÖV-Bedienqualität. Das verhaltensorientierte Simulationsmodell ORIENT (Sparmann, 1980) unterscheidet zwar zwischen drei Erschließungsgraden (1: *ohne Umsteigen miteinander verbunden*, 2: *mit Umstieg oder mit geringer Bedienqualität verbunden* und 3: *keine Verbindung*), der resultierende ÖV-Anteil in Abhängigkeit des Erschließungsgrades zeigt relativ geringe Abweichungen (Abbildung 36).



**Abbildung 36: Simulationsmodell ORIENT: ÖV-Anteil in Abhängigkeit des Erschließungsgrades**

#### Fahrzeugbesetzungsgrad

Während die Wegeanzahl aus der Verkehrsmittelwahl für den ÖV, den Fahrgastzahlen entspricht, ergibt sich aus der IV-Wegeanzahl über den Besetzungsgrad eine tatsächliche Fahrzeuganzahl. Der Besetzungsgrad legt fest, wie viele Personen sich in einem Fahrzeug durchschnittlich befinden. Dadurch finden auch die Mitfahrer Berücksichtigung.

Im Untersuchungsgebiet fanden im Jahr 2011 Kfz-Insassen-Befragungen mit einer Stichprobengröße von 559 Personen statt. Im Zuge dieser Erhebung wurde ein Besetzungsgrad von 1,52 festgestellt.

#### 5.3.5 Verkehrsumlegung

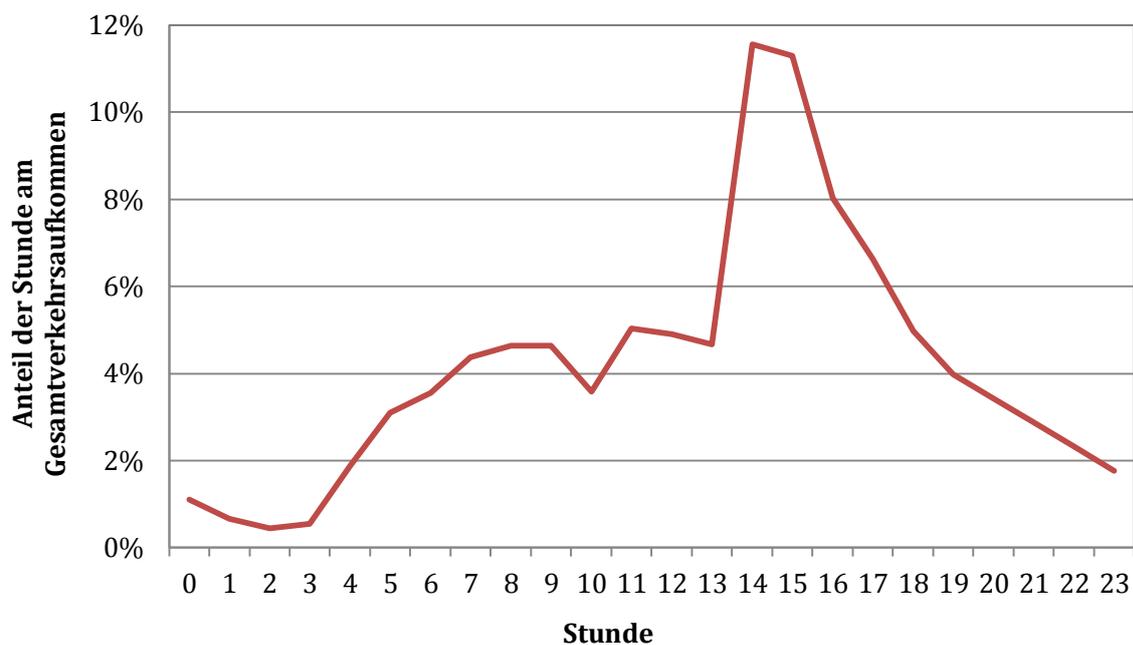
Als letzter Schritt im 4-Stufen-Algorithmus werden die ermittelten, verkehrsmittelspezifischen Fahrtensummen zwischen den Zellen auf das Netz umgelegt. Die gewählte Fahrtroute wird bestimmt. Im Individualverkehr bedeutet dies, dass die schnellste Fahrtroute zwischen Ausgangs- und Zielzelle gesucht wird. Die Strecken des Straßennetzes sind mit spezifischen Kapazitäten beschränkt. Über eine Widerstandsfunktion ergibt sich ein Geschwindigkeitsverlust mit zunehmender Auslastung. Durch das Volllaufen des Netzes verändert sich also die Reisezeit. Aus diesem Grund ist die Umlegung ein iterativer Prozess, in dem die schnellste Route, unter Berücksichtigung der aktuellen Verkehrsbelastung, ermittelt wird. Dieser Rechenschritt wird im Programm VISUM durchgeführt.

Im Modell findet die Gleichgewichtsumlegung Anwendung. Sie basiert auf dem ersten Wardropschen Prinzip: „Jeder einzelne Verkehrsteilnehmer wählt seine Route derart, dass der Widerstand auf allen alternativen Routen letztlich gleich ist und jeder einseitige Wechsel auf eine andere Route die persönliche Fahrzeit erhöhen würde“. Man spricht von einem Nutzeroptimum. Voraussetzung für diese Verhaltenshypothese ist die Annahme, dass jeder Verkehrsteilnehmer vollständige Informationen über den Netzzustand besitzt. Trotz Erfahrungswerten der Verkehrsteilnehmer und der zunehmenden Möglichkeit diese über Verkehrsfunk, Navigationsgerät o.Ä. zu informieren ist diese Annahme für die Praxis unrealistisch. Aufgrund des methodischen Vorteils des

Gleichgewichtsverfahrens, der unter diesen Voraussetzungen ein Eindeutiges Umlegungsergebnis erzielen kann, wird dieser Umstand in Kauf genommen [vgl. Handbuch Visum, 2011].

Dieser Annahme gegenüber steht das zweite Wardrop'sche Prinzip, dass nicht das Nutzeroptimum, sondern das Systemoptimum als Grundlage für das Equilibrium (Gleichgewicht) annimmt.

Für die Umlegung der Nachfrageschichten auf das Netz ist eine Ganglinie erforderlich. Abbildung 37 zeigt die standardisierte Ganglinie für die Region Varaždin. Sie wurde durch die Mittelung mehrerer Zählergebnisse erstellt. Da Erhebungen nur für den Zeitraum von 5 bis 17 Uhr vorliegen, wurden die verbleibenden Stunden unter Berücksichtigung des Tagesgesamtaufkommens, auf Basis bekannter Ganglinien nachgebildet.



**Abbildung 37: Tagesganglinie für alle Nachfrageschichten**

Da die Abfahrtszeit für Kfz-Fahrten nicht durch einen Fahrplan beeinflusst wird, kann davon ausgegangen werden, dass die zeitliche Verteilung der tatsächlichen Nachfrage entspricht. Aus diesem Grund können Kfz-Ganglinien als Eingangswerte auch für den ÖV dienen.

### 5.3.6 Modellkalibrierung

Bevor Aussagen aus einem Verkehrsmodell getroffen werden können, müssen die Ergebnisse überprüft und kalibriert werden. An dieser Stelle zeigt sich wie sehr die getätigten Annahmen und Vereinfachungen im Modell den Verkehrszustand im Untersuchungsgebiet abbilden. Dafür wird die Belastung im Modell mit real erhobenen Werten verglichen. Als Datenquelle dienen im Jahr 2011 erhobene Zählwerte.

Um den Verlust der Prognosefähigkeit zu vermeiden wurden keine mathematischen Verfahren (z.B. VStromFuzzy) angewandt, sondern iterative Rückschritte zu den Arbeitsschritten Erzeugung, Verteilung, Verkehrsmittelwahl und Umlegung durchgeführt. Die Ansätze und Parameter wurden so lange verfeinert, bis die Modellergebnisse mit den erhobenen Zählwerten übereinstimmen.

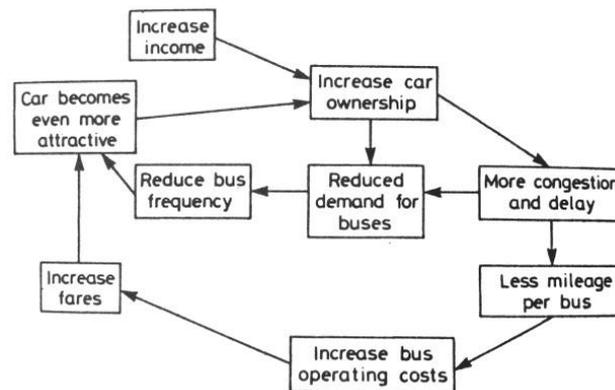
### 5.3.7 Prognosefälle

Neben dem Bestand werden im Verkehrsmodell zwei Prognosefälle betrachtet. Sie zeigen wie sich Veränderungen auf das Verkehrsverhalten auswirken. Die Eckpunkte der Prognosefälle P1 und P2 sind in Tabelle 21 zusammengefasst.

**Tabelle 21: Übersicht Prognosefälle**

Bezeichnung	Prognosehorizont	Beschreibung	Umsetzung
<b>P1</b> Prognosefall 1	2020	Steigender Wohlstand ohne ÖV-Ausbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Linearer Anstieg der Motorisierung</li> <li>▪ Keine Veränderungen im ÖV</li> </ul>
<b>P2</b> Prognosefall 2	2020	Steigender Wohlstand mit ÖV-Ausbau	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Linearer Anstieg der Motorisierung</li> <li>▪ Ausgebauter Taktfahrplan im ÖV</li> </ul>

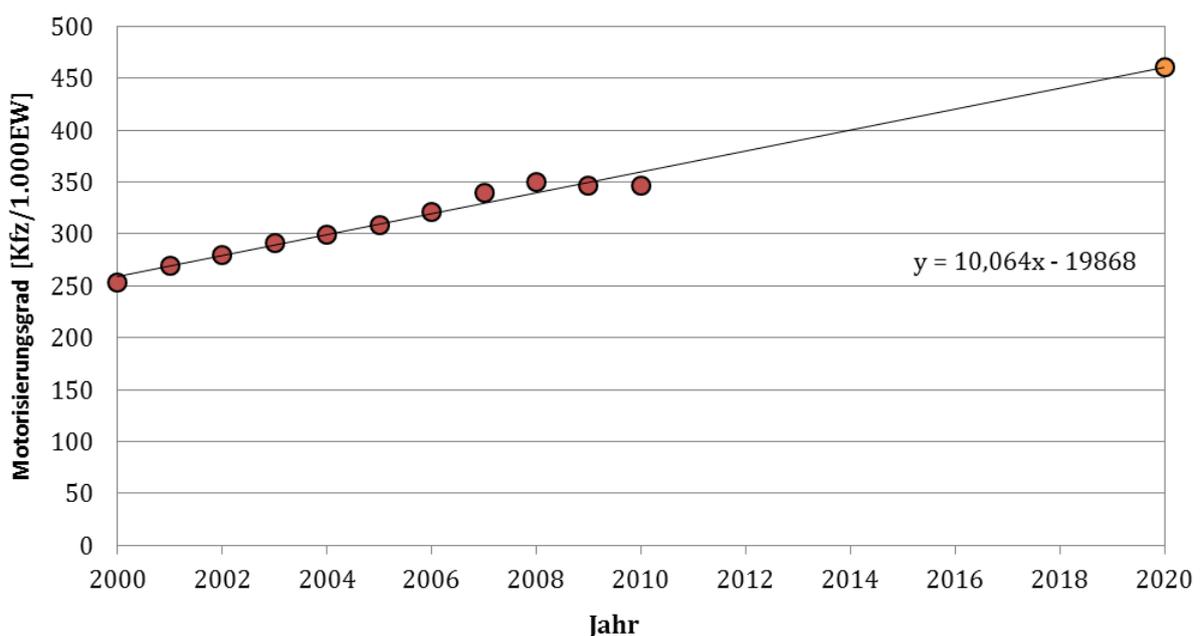
Unter Wohlstand versteht man einen, individuell unterschiedlich aufgefassten, positiven Zustand. Eine Reihe von Indikatoren gibt Indiz über den Wohlstand einer Bevölkerung. Häufig angewandte Indikatoren sind das Bruttoinlandsprodukt pro Kopf, das Pro-Kopf-Einkommen aber auch bestimmte Maße wie der Happy-Planet-Index, der Big-Mac-Index, der Human-Development-Index und viele weitere. Wie sich in der Vergangenheit gezeigt hat, korrelieren Wohlstandsindikatoren mit dem Motorisierungsgrad. In der Verkehrsmodellierung wird der steigende Wohlstand über den steigenden Motorisierungsgrad abgebildet. In beiden Prognosefällen wird von dieser Entwicklung ausgegangen. Durch den Anstieg der Motorisierung und damit von weiteren Faktoren wie der Pkw-Verfügbarkeit verändert sich das Verkehrsverhalten der Bevölkerung hin zum Individualverkehr. Mit den Prognosefällen wird untersucht, inwiefern Verbesserungen im Öffentlichen Verkehr diesem Trend entgegenwirken können.



**Abbildung 38: Negative Spirale zwischen Kfz und Bus [Ortuzar Willumsen, 2000]**

Die in Abbildung 38 gezeigte, negative Spirale zwischen dem Kfz- und Busverkehr, ausgelöst durch steigenden Wohlstand, wird in Prognosefall 1 behandelt. Prognosefall 2 untersucht den Lösungsansatz, diese Spirale durch das Verbessern des ÖV-Angebots zu durchbrechen.

Wie bereits in Kapitel 5.3.4 Verkehrsmittelwahl (Abbildung 34) diskutiert, weist Kroatien 2010 einen Motorisierungsgrad von 334 Kfz/1.000 EW auf. Die Entwicklung im Zeitraum von 2000 bis 2010 folgt annähernd einem linearen Verlauf. Für den Prognosehorizont 2020 wird diese Entwicklung linear extrapoliert (Abbildung 39).



**Abbildung 39: Lineare Extrapolation des Motorisierungsgrades**

Diese Berechnung ergibt für das Jahr 2020 einen Motorisierungsgrad von 461 Kfz/1.000 EW.

#### **Prognosefall 1: Steigender Wohlstand ohne ÖV-Ausbau**

Der steigende Motorisierungsgrad verringert den ÖV-Anteil, der als Eingangsparameter in der Verkehrsmittelwahl dient, von 24,5% auf 18,3%. Aufgrund der erhöhten Pkw-Verfügbarkeit gibt es somit eine Verlagerung von ÖV-Fahrten zum Individualverkehr. Das gesteigerte Kfz-Verkehrsaufkommen mindert diesen Trend wieder ab, da durch die erhöhte Netzbelastung die Reisezeiten im IV abnehmen.

#### **Prognosefall 2: Steigender Wohlstand mit ÖV-Ausbau**

Dem Prognosefall 2 liegt dieselbe Steigerung der Motorisierung wie in P1 zugrunde. Der Veränderung im Modal Split soll durch ein verbessertes Fahrplanangebot entgegengewirkt werden.

## **5.4 Abschließende Modellbetrachtung**

Nach der Fertigstellung aller Arbeitsschritte des Modells wird es an dieser Stelle noch einmal als Gesamtwerk analysiert. Jedes Modell kann Aussagen in der Qualität liefern, wie es die Eingangsdaten und Bearbeitungsweisen zulassen. Eine einfache Modellierung ist für manche Anwendungsfälle ausreichend, die Vereinfachungen müssen argumentiert sein und die Auswertung wird dementsprechend eingeschränkt.

### **5.4.1 Detaillierungsgrad**

Dieses Modell ist für eine makroskopische Ebene konzipiert. Es enthält 100 Verkehrszellen, 1.200 Strecken und 500 Knoten. Verkehrsbeziehungen oder Verlagerungen können entnommen werden. Mikroskopische Anwendungen, beispielweise für Knotenpunkte, können aus diesen Modelldaten nicht betrachtet werden. Fellendorf et.al. [2001] zeigen, dass mikroskopische Modelle mit makroskopischen gekoppelt werden können, und sowohl die großräumige, als auch die lokale Betrachtung von den Daten des jeweils anderen Modells profitieren können.

### **5.4.2 Stärken und Schwächen des Modells**

Jede Abbildung der Realität unterliegt in Abhängigkeit der Vorgehensweise und der Ziele die damit erreicht werden sollen bestimmten Stärken und Schwächen. Schwächen müssen per se keine Nachteile aufweisen, wichtig ist, die Schwächen des Modells zu kennen und die Ergebnisse entsprechend zu interpretieren.

Die Interpretation zur erreichbaren Qualität in den einzelnen Arbeitsschritten ist in Tabelle 22 zusammengefasst.

**Tabelle 22: Stärken und Schwächen des Modells**

<b>Arbeitsschritt</b>	<b>Teilaspekt (wenn vorhanden)</b>	<b>Interpretation</b>
Netzmodell	Datengrundlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausreichende Netzdaten, Parameter subjektiv.</li> </ul>
Verkehrserzeugung	Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die für den ÖV wesentlichen Aktivitäten (Schule, Arbeit) sind weitestgehend erfasst. Aussagen zu anderen Aktivitäten sind mit großen Unsicherheiten behaftet.</li> </ul>
	Aktivitätenorte	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quellpotenziale ausreichend, Zielpotenziale aufgrund mangelnder Datengrundlagen unschärfer.</li> </ul>
	Erzeugungsraten	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Literaturwerte können durch verschiedene Kontrollen plausibilisiert werden, Besonderheiten in der Region werden nicht berücksichtigt.</li> </ul>
Verkehrsverteilung		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Trotz zweier Varianten kann nur eine Näherung gefunden werden. Im Allgemeinen ein schwer abzuschätzender Punkt in der Verkehrsmodellierung</li> </ul>
Verkehrsmittelwahl		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abbildung über das Reisezeitverhältnis exakt, Unsicherheiten in den Eingangsgrößen</li> <li>▪ ÖV-Bedienqualität über eigenen Ansatz abgeschätzt</li> </ul>
Verkehrsumlegung		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ÖV: Fahrplanfein sehr genau</li> <li>▪ IV: hohe Qualität der Parameter ermöglicht gute Umlegung</li> </ul>
Kalibrierung	ÖV	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine Zählzeiten für Busse, abgeschätzt</li> <li>▪ Umfassendere Zählzeiten Bahn, stark angenähert</li> </ul>
	IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Punktuelle Daten, Ungenauigkeiten in der Fläche, keine vollständige Ganglinie</li> </ul>
Prognose	Prognosefall 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bevölkerungsentwicklung wird nicht berücksichtigt</li> </ul>
	Prognosefall 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fahrplankonzept nicht ausgereift, pauschaler Taktfahrplan unterstellt</li> <li>▪ Verbesserungen der ÖV-Bedienqualität ausgehend von höherer Bedienqualität kann nicht gut abgebildet werden (geringe Relevanz)</li> </ul>

Eine Schwäche des Modells bildet die fehlende Aufteilung zu einer stundenfeinen Nachfrage. Mit den vorliegenden Datengrundlagen wäre diese Anforderung auch nicht angemessen erfüllbar. Diese Tatsache bedingt, dass Feinheiten der tageszeitlichen Fahrplangestaltung kaum abgebildet werden können. Methoden, welche das Fahrplanangebot in einer umfassenden Form in die Verkehrsmittelwahl einfließen lassen können, benötigen Daten in etwa der Detailliertheit für stundenfeine Modelle.

Stärken des Modells finden sich vor allem im Netzmodell für den ÖV. Neben der vollständigen Implementierung aller Fahrpläne und der Haltestellen sind auch die Umsteigzeiten zwischen den Verkehrsträgern exakt nachgebildet.

## 6 Voraussetzungen für die Umsetzung

### 6.1 Ergebnisse und Interpretation

#### 6.1.1 Erreichbarkeit

Anm.: Erreichbarkeitskarten im Anhang

##### **Individualverkehr**

Die Ergebnisse der Erreichbarkeitsanalyse für das Oberzentrum (vgl. Anhang: Abbildung 45) im IV zeigen, dass von Varaždin aus jeder Punkt im Untersuchungsgebiet in unter einer Stunde erreicht werden kann. Das direkte Stadtumfeld und die Gemeinden an den Hauptachsen sind größtenteils in 15 min zu erreichen. Die schlechteste Anbindung an das Zentrum weisen die Regionen nördlich von Lepoglava auf, dorthin beträgt die Reisezeit mindestens 40 min.

Bei der Betrachtung der Erreichbarkeiten von den Unterzentren ausgehend (vgl. Anhang: Abbildung 46) zeigen sich weitestgehend geringe Reisezeiten. Fast alle größeren Ansiedlungen können in 15 min erreicht werden. Dies ist durch die günstige, flächige Verteilung der Unterzentren zu erklären. Ein Bereich mit Reisezeiten von bis zu 30 min zu Unterzentren findet sich im Nordwesten der Region, um die Städte Cestica und Vratno. Daraus lässt sich eine große Bedeutung für die Verkehrsachse aus dieser Region nach Varaždin ableiten.

##### **ÖV-Bestand**

Die Betrachtung der Erreichbarkeiten im ÖV für den Morgen (7-9 Uhr) (vgl. Anhang: Abbildung 47) zeigt, dass die Erreichbarkeit der Regionen ohne Unterzentrum (Nordwesten, mittlerer Süden) in kürzerer Zeit erreichbar sind als andere Räume. Dass einige Kurse als Schnellkurse geführt werden zeigt sich ebenfalls in der Darstellung. Vor allem die Gegend nördlich von Lepoglava ist in diesem Zeitfenster gar nicht erreichbar.

Ergänzt man die Ausgangspunkte um die Unterzentren (vgl. Anhang: Abbildung 48) zeigen sich hohe Erreichbarkeiten entlang der bevölkerungsstarken Achsen.

Die Erreichbarkeitskarten des ÖV für den Abend (16-18 Uhr) für das Oberzentrum (vgl. Anhang: Abbildung 49) und die Unterzentren (vgl. Anhang: Abbildung 50) zeigen die selbe Systematik wie morgens.

Zusammenfassend kann beurteilt werden, dass die Erreichbarkeit, also die Möglichkeit und der Zeitbedarf der Verbindungen ohne Berücksichtigung des Fahrtenangebotes, im Untersuchungsraum durchwegs zufriedenstellend sind. Sie spiegeln die Bedeutung der Stadt Varaždin als Arbeits- und Bildungsstandort der Region wieder, und zeigen eine Stärke des aus punktuellen Bedürfnissen zusammengestückelten Bestandfahrplans.

## 6.1.2 Verkehrsaufkommen

Die Karten der Verkehrsbelastungen im IV und ÖV für den Analysefall und die Prognosefälle befinden sich im Anhang. Aus den Karten zeigt sich die Bedeutung der Hauptverkehrsachsen aus der Region nach Varaždin. Sie weisen die größten Belastungen in der Region auf. Ebenfalls ersichtlich wird der relativ geringe Austausch über die Regionsgrenzen hinweg.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse aus den Prognosefällen werden folgende Auswertungen durchgeführt:

- ÖV-Anteil
- Verkehrsmengen insgesamt und für ausgewählte Querschnitte
- Linienleistungen (Fahrplankilometer)
- Beförderungsfälle

### ÖV-Anteil

Der Wegegenanteil mit Öffentlichen Verkehrsmittel im Vergleich der Prognosefälle ist in Abbildung 40 dargestellt.

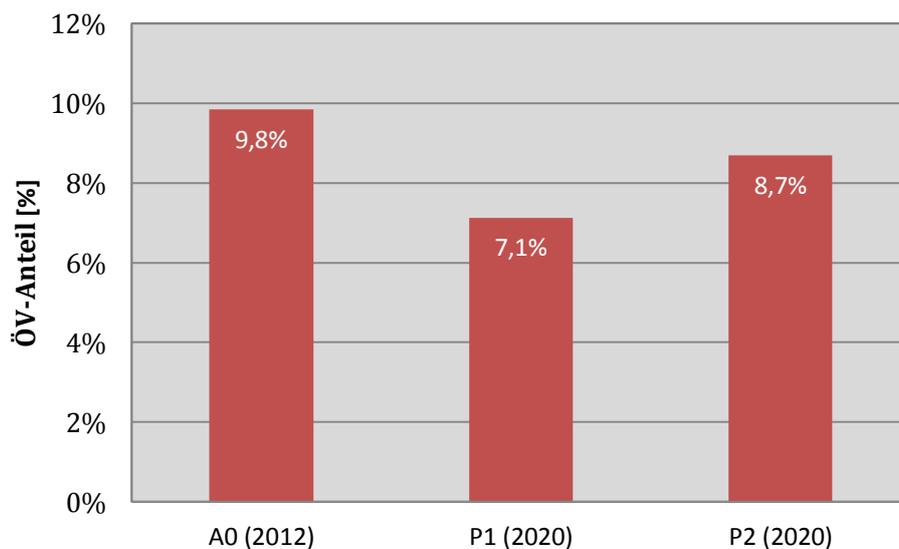


Abbildung 40: ÖV-Anteil je Prognosefall

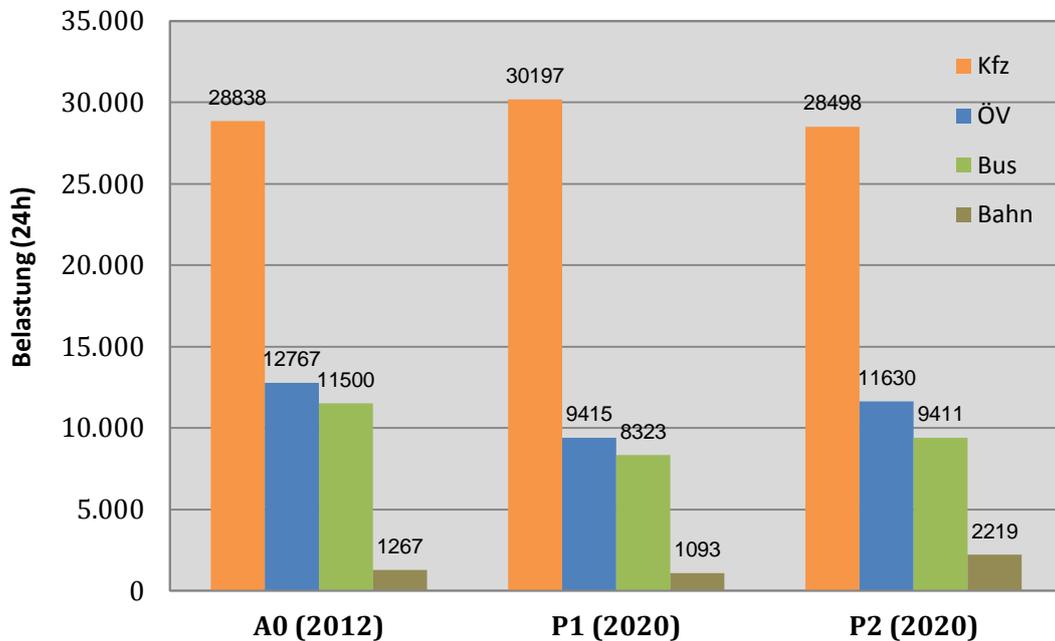
Im Bestandsnetz weist die gesamte Gespanschaft Varaždin einen wegebezogenen ÖV-Anteil von 9,8% auf. Dieser Wert spiegelt die Struktur der ländlichen Region wieder und unterstreicht das derzeitige Angebot im Öffentlichen Verkehr

Die steigende Motorisierung wird den ÖV-Anteil bis zum Jahr 2020 auf 7,1% senken (P1). Das vorhandene ÖV-Angebot wird durch die erhöhte Pkw-Verfügbarkeit weniger genutzt werden.

Bei Einführung eines Taktfahrplans auf der Bahnachse Varaždin-Lepoglava und der Abstimmung der Busse auf den Takt (P2) kann der Trend des sinkenden ÖV-Anteils abgemindert, jedoch nicht verhindert werden. Der prognostizierte ÖV-Anteil beträgt 8,7%. Für den Prognosefall 2 ist zu berücksichtigen, dass sich die Fahrplanverbesserungen nur auf eine Achse (westlich von Varaždin)



Die Verkehrsmengen an einem Werktag, die in beide Richtungen über die Screenline laufen, sind in Abbildung 42 dargestellt.



**Abbildung 42: Belastungen über die Screenline**

Der Vergleich des Bestands (A0) mit dem Prognosefall 1 (P1) zeigt, dass die Kfz-Zahlen um rd. 5% ansteigen. Deutlicher kommt die gesteigerte Motorisierung bei den Fahrgastzahlen zur Geltung. Das Gesamtfahrgastaufkommen sinkt um rd. 35%. Die Eisenbahn mit einem Rückgang von rd. 16% verliert weniger stark als der Bus (-38%).

Bei gleichzeitigem Netzausbau bis 2020 (P2) kann ein Anstieg der Kfz-Fahrten verhindert werden (-1%). Der Rückgang im ÖV geht zu Lasten des Busverkehrs. Die Bahn gewinnt deutlich (rd. 75%) mehr Fahrgäste.

Aus diesen Ergebnissen ist ersichtlich, dass sich die Entwicklung der Motorisierung relativ gesehen stärker auf den IV als auf den ÖV auswirkt. Der Taktfahrplan kann eine Abwanderung der ÖV-Fahrgäste zum IV annähernd verhindern, der Bus bleibt deutlich bestimmendes Verkehrssystem im ÖV.

### Zusammenfassung

Die Entwicklungen in den Prognosefällen sind für Entwicklungsempfehlungen außerdem mit einer ökonomischen Wirkungsanalyse zu betrachten. Es stellt sich die Frage, um welchen Preis man bestimmte Ziele (z.B.: Anstieg des Modal Splits) erkaufte und ob der Nutzen für die gesamte Region diesen rechtfertigen kann. Außerdem ist es zu empfehlen, einzelne Maßnahmen (Verbesserung des Taktes zu Spitzenzeiten, Umsteigefreie Durchbindungen zu Schwachlastzeiten, etc.) konkreter zu untersuchen, um die Wirkung darauf beziehen, und so den Nutzen abschätzen zu können.

## **6.2 Hemmnisse**

Eine Herausforderung für die Umsetzung in der untersuchten Region Varaždin wird durch die Schaffung geeigneter Datengrundlagen entstehen. Detaillierte Informationen zu Fragestellungen der Mobilität sind für Erstellung von Verkehrskonzepten erforderlich. Gleichzeitig muss die Datenhaltung und Erhebung für die Zukunft gewährleistet sein.

## **6.3 Anforderungen**

Eine Herausforderung in der Verkehrsplanung bildet die Langlebigkeit der Infrastruktur. Nicht nur die damit verbundenen hohen Kosten für Errichtung und Erhaltung, auch die eingeschränkte Anpassbarkeit erfordern umfangreiche, vorausschauende Planungsmaßnahmen. Da der Verkehr eine Reihe komplexer Zusammenhänge beinhaltet, ist es sinnvoll Fragestellungen zur Entwicklung des Verkehrssystems über ein Verkehrsmodell zu beantworten.

## 7 Schlussfolgerung

Die Ausgangsbasis für die Gesetzeslage der Europäischen Union zum Öffentlichen Personennahverkehr ist die Vorstellung von sicheren, effizienten und hochwertigen Personenverkehrsdiensten. Wie bereits in anderen Branchen, wie dem Energie- oder Telekommunikationssektor, wird als Maßnahme dies zu erreichen der regulierte Wettbewerb angestrebt. Aufgrund der fundamentalen Bedeutung des Verkehrs zur Ermöglichung von Mobilität, einem Grundgedanken der Europäischen Union, geht das Ziel über die Erhöhung der Wirtschaftlichkeit hinaus. Mindestverpflichtungen und Standards müssen definiert und eingehalten werden. Das Zusammenspiel dieser Faktoren begründet die umfangreichen Verordnungen und Richtlinien der Europäischen Union zum Thema Verkehr.

Die Umsetzung dieser Anforderungen geschieht über koordinierte Planung. In Deutschland hat sich der Nahverkehrsplan als Standard etabliert. Ähnliche Vorgehensweisen finden sich auch in den Planungsmethoden anderer Länder, wie zum Beispiel regionale Verkehrskonzepte oder plan de déplacements urbains. Bestandteil von Nahverkehrsplänen sind umfangreiche Bestandsanalysen, um Mindestversorgungen festlegen zu können. Auch rechtliche Aspekte, wie die Verrechnung oder die Vertragsarten werden diskutiert. Die Thematik der Finanzierung wird teilweise aufgegriffen.

Ein wesentlicher Aspekt zur Ausarbeitung von Nahverkehrsplänen ist ein entsprechendes Planungswerkzeug, wie zum Beispiel multimodale Verkehrsmodelle. Sie verknüpfen die komplexen Zusammenhänge des Verkehrs und ermöglichen die Prognose von Wirkungen unterschiedlicher Entwicklungsszenarien.

Ein Verkehrsmodell kann Aussagen in der Qualität liefern, in der die Eingangsdaten vorliegen. Durch das Fehlen einer darauf ausgelegten Datenbeschaffung in der Region Varaždin in der Vergangenheit, sind viele statistische Elemente der Mobilität für die Region mit Unsicherheiten belegt. Durch empirische Vergleiche und mathematische Annäherungen konnten die entsprechenden Datengrundlagen für die Modellierung ermittelt werden.

Die in einem ersten Schritt mit dem Netzmodell untersuchten Erreichbarkeiten zeigen die starke Ausrichtung des ÖVs auf das Oberzentrum Varaždin. Entlang der bevölkerungsstarken Achsen, wie Varaždin - Lepoglava bzw. Ludbreg ist ein entsprechendes ÖV-Angebot vorhanden, die weiterführende flächige Erschließung weist viele Lücken auf.

Das Verkehrsmodell für das Bestandsnetz zeigt einen ÖV-Anteil an den Wegen von 10%. Für das Jahr 2020 wurden zwei Prognosefälle betrachtet. Im ersten Prognosefall wird von einer zunehmenden Motorisierung bei gleichbleibendem ÖV-Angebot ausgegangen. Dabei sinkt der ÖV-Anteil auf 7%. Die steigende Pkw-Verfügbarkeit führt zu einer Verlagerung von Wegen vom ÖV auf den IV, sofern keine Veränderungen im ÖV-Angebot erfolgen. In einem zweiten Prognosefall für das Jahr 2020 wird von einer Steigerung der Motorisierung im gleichen Maße wie in Prognosefall 1 ausgegangen. Dem gegenüber steht eine Verbesserung des ÖV-Angebots durch die Einführung eines integriert-vertakteten Fahrplans auf der Westachse (zwischen Lepoglava und Varaždin). Durch diese bereichsweise Angebotsverbesserung liegt der ÖV-Anteil für die gesamte Region bei 9%. Der Trend des Umstiegs auf den IV aus dem Prognosefall 1 wird dadurch vermindert. Es zeigt sich, dass das neue Angebot Fahrgäste anzieht. Die kleinräumige Betrachtung über die Querschnitte der Westzufahrten Varaždins zeigt, dass die Kfz-Zahlen gegenüber dem Analysefall konstant gehalten werden können. Die Fahrgastzahlen verlagern sich vom Bus auf die Bahn.

Die Ergebnisse zeigen die Wichtigkeit des Zusammenspiels zwischen dem ÖV-Angebot auf der Bahn und den verknüpften Busverkehren, um ein gemeinsames, attraktives Angebot zu schaffen. Eine große Bedeutung nimmt dabei auch der Stadtverkehr in Varaždin ein, der die Aufgabe übernehmen muss, den Fahrgästen vom Bahnhof bzw. vom Zentrum ausgehend eine flächige Erschließung anzubieten.

Ein weiterer Aspekt des Konzepts eines Taktfahrplanes, vor allem für kleinere Region wie Varaždin, ist das Vorhandensein von ausreichendem Fahrgastpotenzial, um auch in (volks-)wirtschaftlicher Sicht ein bestimmtes Mindestangebot liefern zu können, dass die entstehenden Umsteigezwänge gegenüber den Direktverbindungen rechtfertigt.

Um die EU-Vorstellungen des regulierten Wettbewerbs umzusetzen sind Nahverkehrspläne ein geeignetes Mittel. Somit können die ÖV-Angebote den EU-Vorstellungen entsprechend diskutiert und geplant werden. Die Auswahl der geeigneten Planungsinstrumente ist essentiell. Das Vorhandensein bzw. die Erhebung der richtigen Daten in ausreichender Qualität ist dafür eine Grundvoraussetzung.

Der Öffentliche Verkehr soll Anforderungen der ausreichenden Verkehrsbedienug, wirtschaftlichen Verkehrsgestaltung, integrierten Nahverkehrsbedienug und von abgestimmter Fahrplan- und Tarifgestaltung erfüllen. Es empfiehlt sich zur umfassenden Abbildung dieser komplexen Zusammenhänge ein Verkehrsmodell zu verwenden. Damit sind eine eindeutige und verlässliche Prognose von Wirkungen unterschiedlicher Entwicklungsszenarien respektive eine entsprechende Bewertung des zukünftigen ÖV-Angebotes möglich.

Diese Arbeit hat gezeigt, dass die Region Varaždin Potenzial für die Entwicklung eines attraktiven Öffentlichen Verkehrs hat. Gerade durch ländliche Prägung der Region ist es wichtig die Lösungen zielgerichtet auszuwählen und durch Modelluntersuchungen zu prüfen, da keine Standardlösungen übernommen werden können.

## Literaturverzeichnis

Ahrens, G. [2009]: *Mobilität in Städten – SrV 2008*, Technische Universität Dresden – Fakultät Verkehrswissenschaften, Endbericht

Airinfo [2012]: Verfügbar unter: [www.airinfo.ch/Geo/Stadt/5%20Probleme.pptx](http://www.airinfo.ch/Geo/Stadt/5%20Probleme.pptx) [Datum des Zugriffs: 17.05.2012]

Autobusi Forum [2011]; Verfügbar unter: <http://autobusi.org/forum/index.php?topic=827.0> [Datum des Zugriffs: 13.10.2011]

Berger, M., Schamberger, R., Seebauer, S. [2012]: *SmartMo: Smartphone Mobilitätsbefragungstool*, Endbericht zum Forschungsprogramm – in Arbeit

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung [2010]: *Mobilität in Deutschland 2008*, Ergebnisbericht

Bosserhoff, D. [2005]: *Integration von Verkehrsplanung und räumlicher Planung – Teil 2: Abschätzung der Verkehrserzeugung*, Schriftenreihe der Hessischen Straßen- und Verkehrsverwaltung, Forschungsbericht

Croatian Bureau of Statistics [2011]: *Census of Population, Households and Dwellings 2011, First Results by Settlements*

Croatian Bureau of Statistics [2012]: *Monthly Statistical Report – March 2012*

Datenbank Gespanschaft Varaždin 2012, Verfügbar unter:  
[http://knjiznice.info/index.php?option=com\\_content&task=view&id=431&Itemid=75](http://knjiznice.info/index.php?option=com_content&task=view&id=431&Itemid=75)  
[Datum des Zugriffs: 07.04.2012]

Deutscher Bundestag [1993]: *Gesetz zur Regionalisierung des öffentlichen Personennahverkehrs (RegG)*

Europäische Kommission [2001]: *EU-Weißbuch Verkehr: Die europäische Verkehrspolitik bis 2010: Weichenstellung für die Zukunft*, Brüssel

Europäische Kommission [2002]: *Geänderter Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen der Mitgliedstaaten im Zusammenhang mit Anforderungen des öffentlichen Dienstes und der Vergabe öffentlicher Dienstleistungsaufträge für den Personenverkehr auf der Schiene, der Straße und auf Binnenschiffahrtswegen*, Brüssel

- Fallast, Tischler [2010]: Regionales Verkehrskonzept Graz und Graz-Umgebung, Endbericht
- Fellendorf, M., Friedrich, M., Vortisch, P. [2001]: *Kopplung makroskopischer und mikroskopischer Verkehrsmodelle – ein Verfahren für die Integration von großräumiger Planung und Detailplanung*, Tagungsband der 18. Verkehrswissenschaftlichen Tagen, Technische Universität Dresden
- FGSV - Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (2005): HBS – Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen
- GIS Stadt Varaždin, Verfügbar unter: <http://gis.varazdin.hr>  
[Datum des Zugriffs: 03.04.2012]
- GUARD [2011]: *GUARD – Guaranteed Ride Home*, Programmlinie IV2Splus, Projektpartner: Steirischer Verkehrsverbund GmbH, Institut für Straßen- und Verkehrswesen (TU Graz), verkehrplus GmbH, Grazer Stadtwerke AG – Verkehrsbetriebe, Mentz Datenverarbeitung Austria GmbH, Projektabschluss, 2011
- ISV [2005]: *Gesamtverkehrskonzept Steyr 2003*, TU Graz, Institut für Straßen- und Verkehrswesen
- Knoflacher, H. [1975]: *Grundlagen der Verkehrs- und Siedlungsplanung*, Böhlau, Budapest, ISBN 978-3-205-77626-0
- Land Hessen [2005]: *Gesetz über den öffentlichen Personennahverkehr in Hessen (ÖPNVG)*
- Land OÖ [2005]: *Regionalverkehrskonzept Bezirk Kirchdorf*, Verfügbar unter: [http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/23793\\_DEU\\_HTML.htm](http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xchg/ooe/hs.xsl/23793_DEU_HTML.htm), [Datum des Zugriffs: 4. Mai 2012]
- Mehlhorn, G., Köhler, U. [2001]: *Ingenieurbau, Band Verkehr – Straße, Schiene, Luft*, Ernst&Sohn-Verlag für Architektur und techn. Wissenschaften, Kassel
- Mobilität in Deutschland [2010]*, Verfügbar unter: [http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/09\\_faq/faq.htm#Kapitel19](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/09_faq/faq.htm#Kapitel19) [Datum des Zugriffs: 13.04.2012]
- Open-Street-Map*, Verfügbar unter: [www.openstreetmap.org](http://www.openstreetmap.org),  
[Datum des Zugriffs: 13.03.2012]
- Ortuzar, J. de, Willumsen L. [2000]: *Modelling Transport – Second Edition*, Wiley-VCH Verlag
- PTV-Vision [2011]: *VISUM 12 – Benutzerhandbuch*, PTV AG, Karlsruhe

Raithofer, D. [2011]: *Innovative Mobilitätslösungen*, Diplomarbeit FH Joanneum

Ringat, K. [2003]: *Rolle der Verkehrsverbände im Wettbewerbsmarkt – Wettbewerb und Liberalisierung aus der Sicht des Verkehrsverbundes Oberelbe*, Tagungsbericht

Sammer, G. [2009]: *Mobilitätsverhalten der Stadt Graz 2009*, Studie im Auftrag des Magistrates der Stadt Graz, Ergebnisbericht

Schmucki, B. [2001]: *Der Traum vom Verkehrsfluss – Städtische Verkehrsplanung seit 1945 im deutsch-deutschen Vergleich*, Campus Verlag

Varaždin Bus; Verfügbar unter: <http://varazdinbus.blog.hr/> [Datum des Zugriffs: 13.10.2011]

Varaždin-Bus Blog [2011], Verfügbar unter: <http://varazdinbus.blog.hr/>  
[Datum des Zugriffs: 20.10.2011]

verkehrplus [2011]: *Regionales Verkehrskonzept Obersteiermark-West*, Endbericht

verkehrplus [2012]: *IMMOREG - Implementierungsstrategien smarter Mobilitätslösungen für das Mobilitätsmanagement in Regionen*, Forschungsprogramm, Endbericht

Verordnung (EWG) Nr. 1191/69: *Vorgehen der Mitgliedstaaten bei mit dem Begriff des öffentlichen Dienstes verbundenen Verpflichtungen auf dem Gebiet des Eisen-, Straßen- und Binnenschiffsverkehrs*, Rat der Europäischen Union, 26. Juni 1969

Verordnung (EWG) 1893/91: *Änderung der VO (EWG) 1191/69 über das Vorgehen der Mitgliedstaaten bei mit dem Begriff des öffentlichen Dienstes und der Vergabe öffentlicher Dienstleistungsaufträge für den Personenverkehr auf der Schiene, der Straße und der Binnenschifffahrt*, Rat der Europäischen Union, 20. Juni 1991

Verordnung (EG) Nr. 1370/2007: *Verordnung über öffentliche Personenverkehrsdienste auf Schiene und Straße zur Aufhebung der Verordnungen 1191/69 und 1107/70*, Rat der Europäischen Union, 23. Oktober 2007

VNO (2008): Verkehrsgesellschaft Nord-Ost Niedersachsen mbH: *Nahverkehrsplan des Landkreises Cuxhaven für den Zeitraum 2008 bis 2012*, 2008

Winter, O. [2005]: *Analyse und Evaluation von Nahverkehrsplänen und die Aufstellung von Kriterien zur Bewertung von Standards im ÖPNV*, Kassel, Kalle University Press, ISBN 3-89958-153-9

WKO: Erwerbsquoten in der EU [2011], Verfügbar unter: <http://wko.at/statistik/eu/europa-erwerbsquoten.pdf> [Datum des Zugriffs: 06.04.2012]

## Anhang

### Anhänge zum Verkehrsmodell

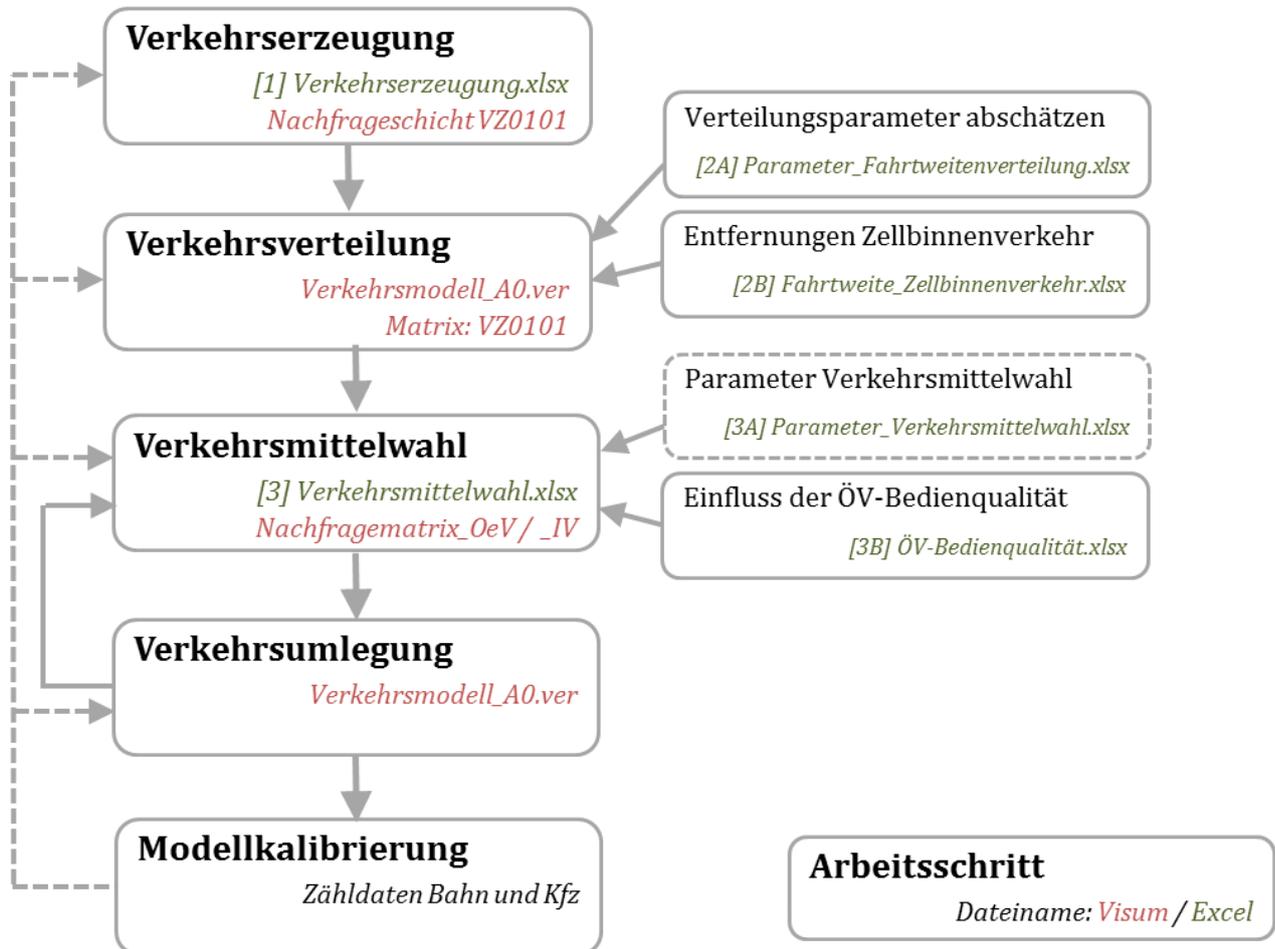


Abbildung 43: Ablauf 4-Stufen-Algorithmus mit Dateibenennung

Abbildung 44: EW-Aufteilung im Stadtgebiet von Varaždin

Zell-Nr.	Zellbezeichnung	Luftbild / Strukturbeispiel (Maßstab 1:2000) Quelle: GIS Stadt Varaždin	Beschreibung	EW-Dichte- faktor $f_d$	Fläche A [km <sup>2</sup> ]	EW-Zahl
87	VZ Zentrum		Verdichteter Kernraum	4	0,36	1.061

88	VZ NordZentrum		Kernraum	5	0,58	2.156
89	VZ Bahnhof		Infrastruktur- und Industriefläche	4	1,28	3.781
90	VZ SuedZentrum		Verdichtet, Gewerbe	5	0,56	2.055
91	VZ Jalkovecka		Einfamilienhäuser	5	1,64	6.081
92	VZ Westzentrum		Gewerbe, tlw. Einfamilienhäuser	3	0,43	960
93	VZ West		Einfamilienhäuser mit vielen Brachflächen	1	2,58	1.907
94	VZ Nordwest		Lockere Einfamilienhausbebauung	2	2,66	3.937

95	VZ Optjuska		Handel und Gewerbe, geringe Wohnbebauung	1	4,60	3.401
96	VZ Nord		Einfamilienhäuser mit vielen Brachflächen	3	1,93	4.291
97	VZ Nordost		Industriefläche in Stadtrandlage mit vereinzelter Wohnbebauung	1	1,75	1.293
98	VZ Varteks		Industriefläche mit angrenzendem dichten Wohngebiet	3	1,32	2.926
99	Biskupec		Industrie- und Brachflächen	2	0,78	1.150
100	VZ Sued		Aufgelockerte Einfamilienhausbebauung	2	0,98	1.454
101	VZ Brezje		Ländliche Bebauung	1	3,10	2.293

Erreichbarkeit im IV  
Oberzentrum

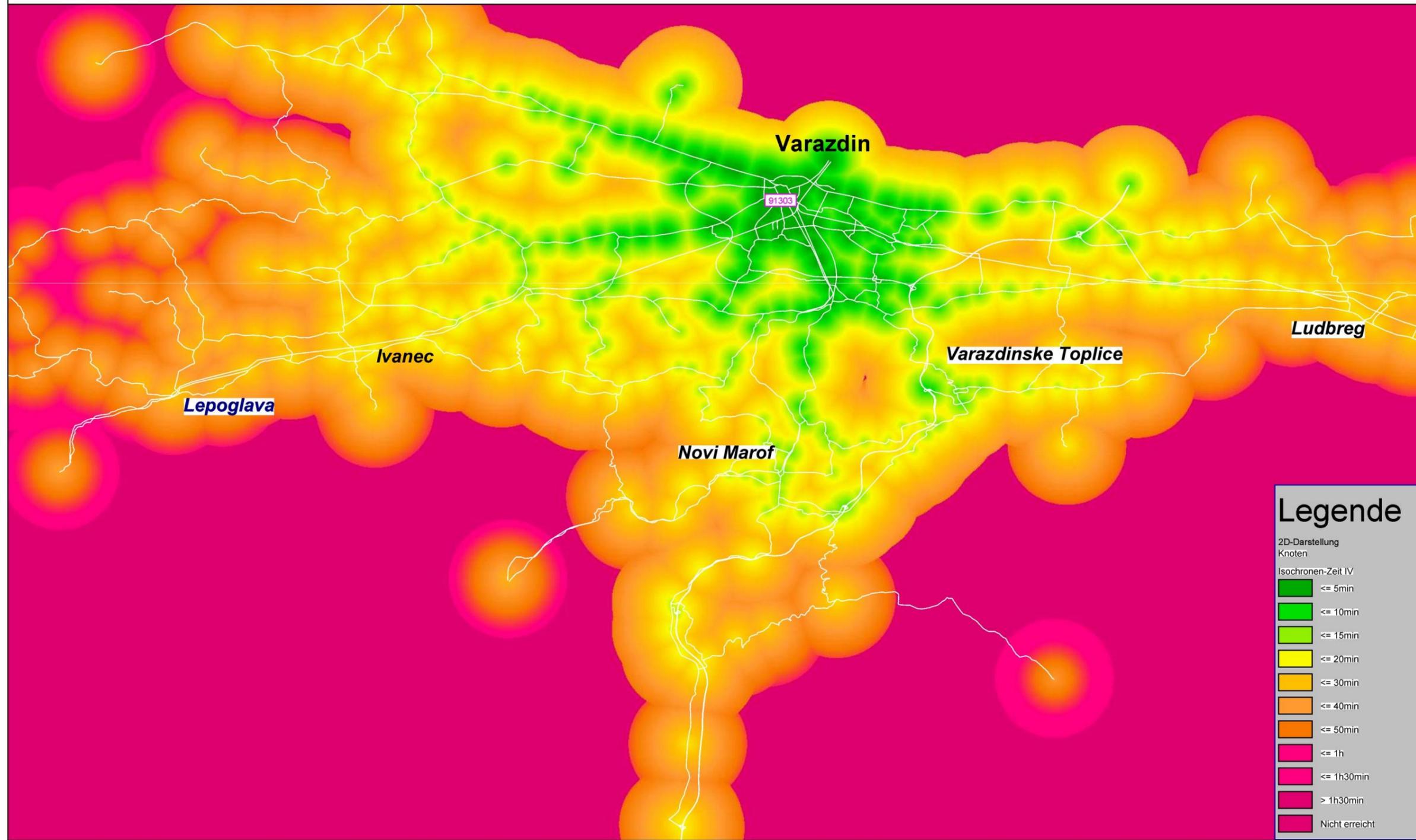


Abbildung 1: Erreichbarkeitskarte IV – Oberzentrum

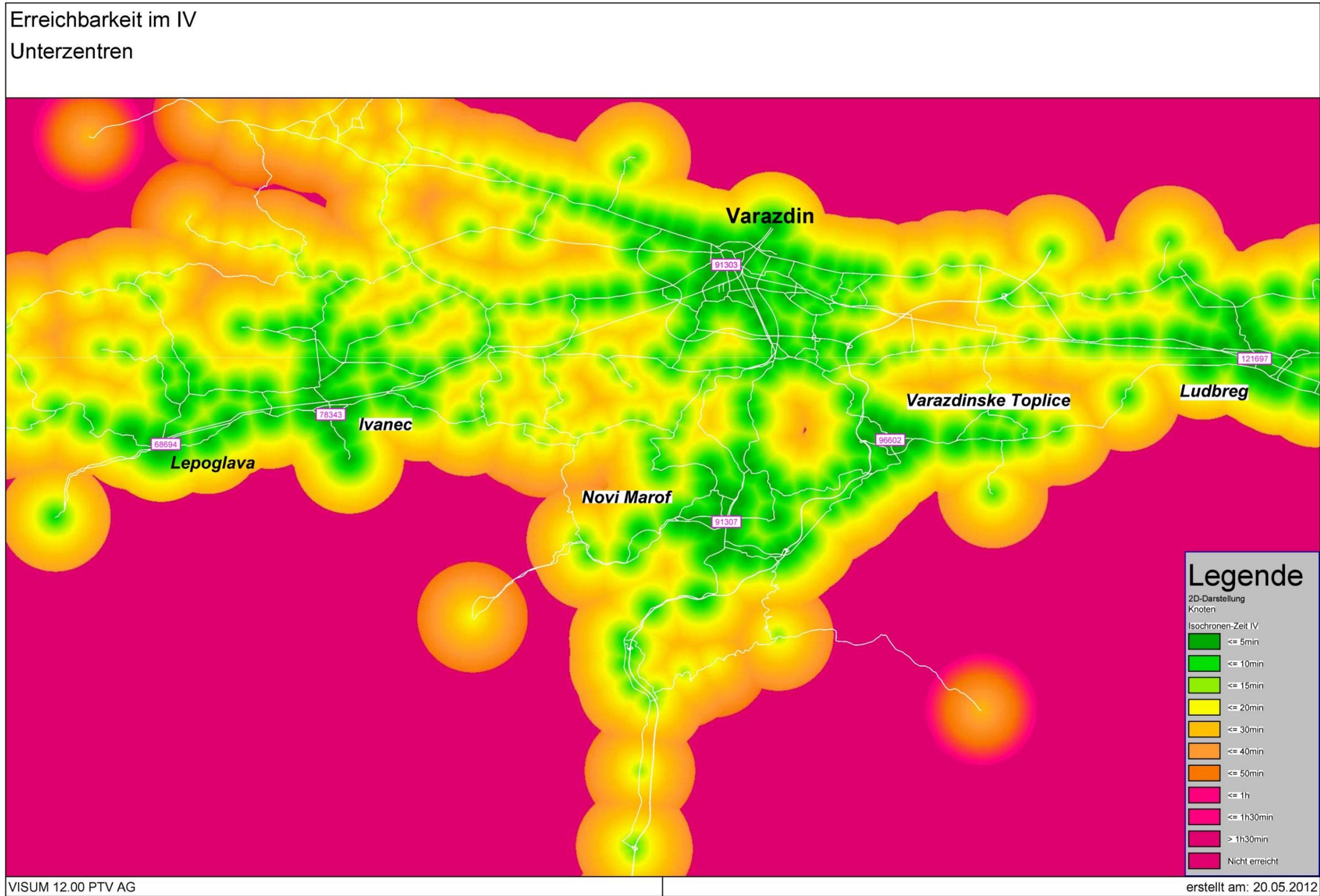


Abbildung 2: Erreichbarkeitskarte IV – Unterzentren

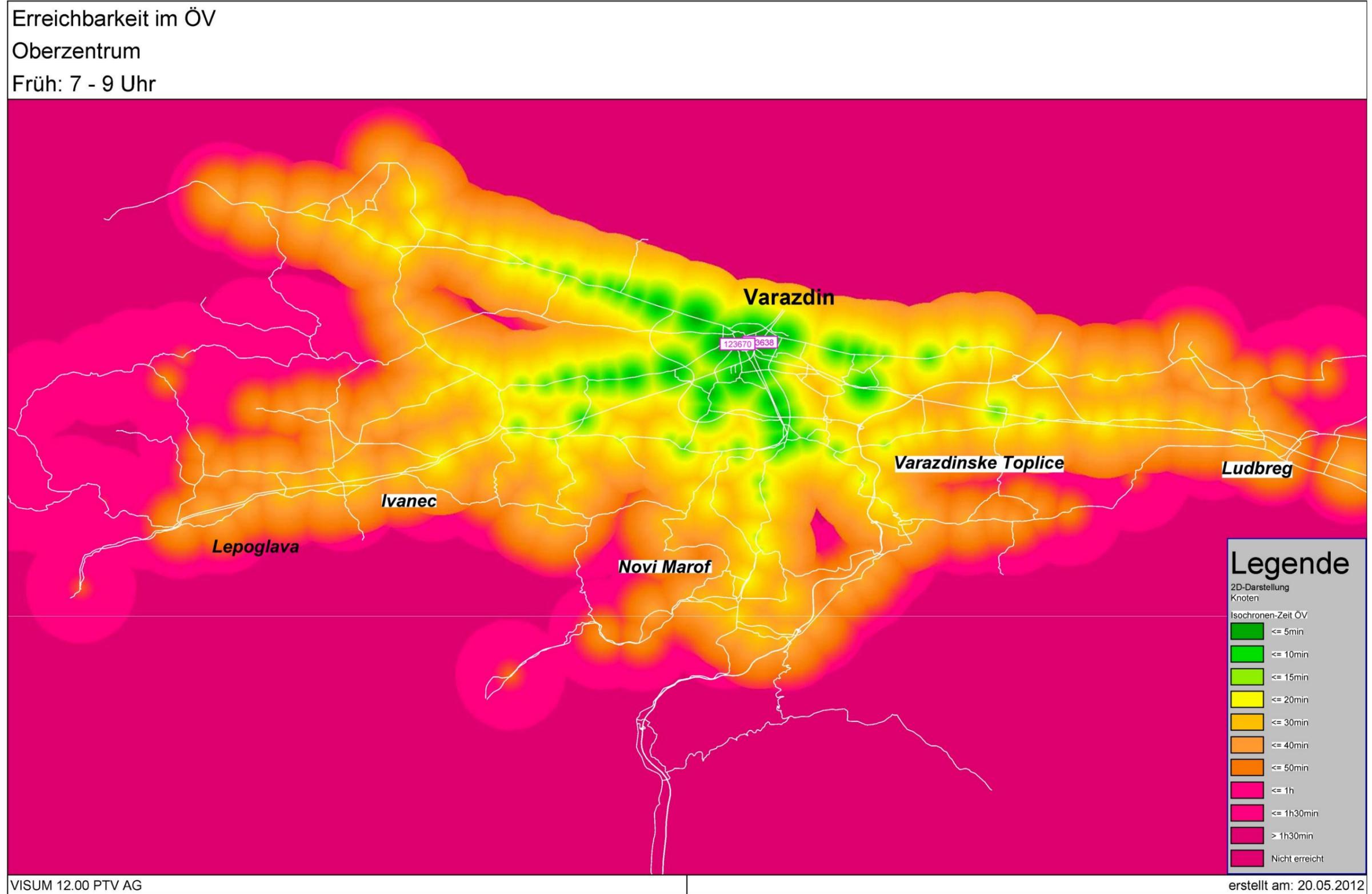


Abbildung 3: Erreichbarkeitskarte ÖV-Oberzentrum Früh

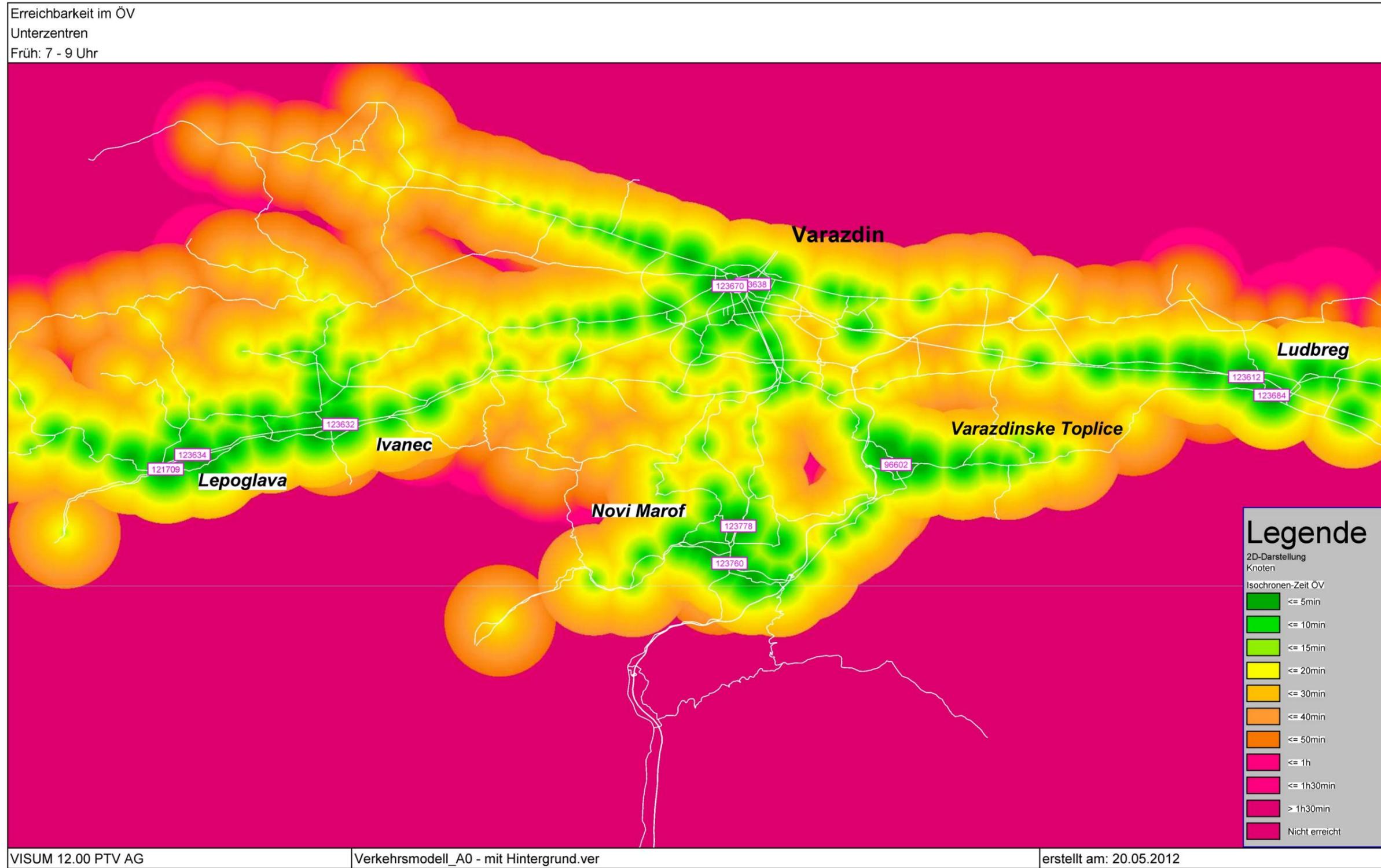


Abbildung 4: Erreichbarkeitskarte ÖV-Unterzentren Früh

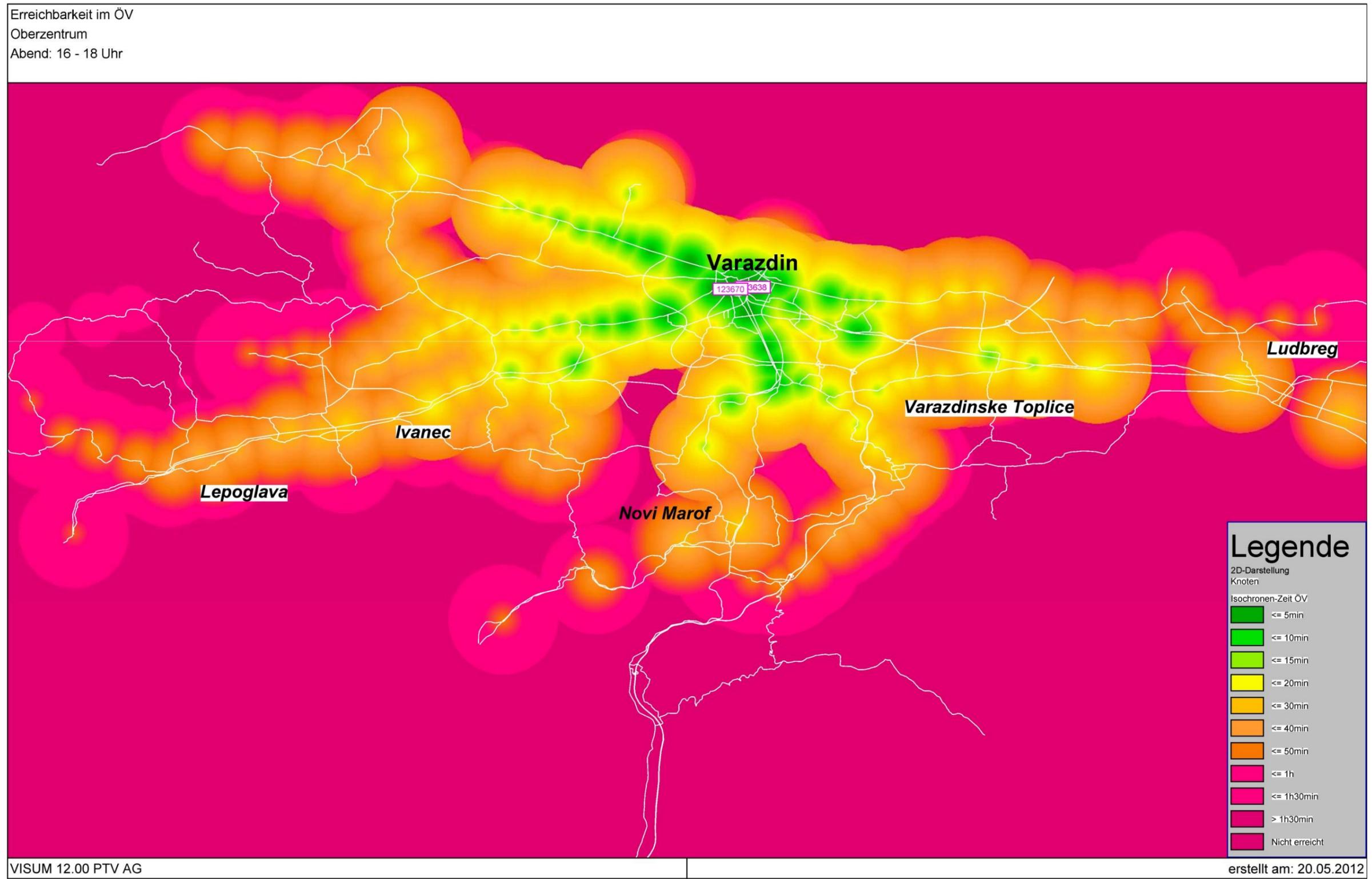


Abbildung 5: Erreichbarkeitskarte ÖV-Oberzentrum Abend

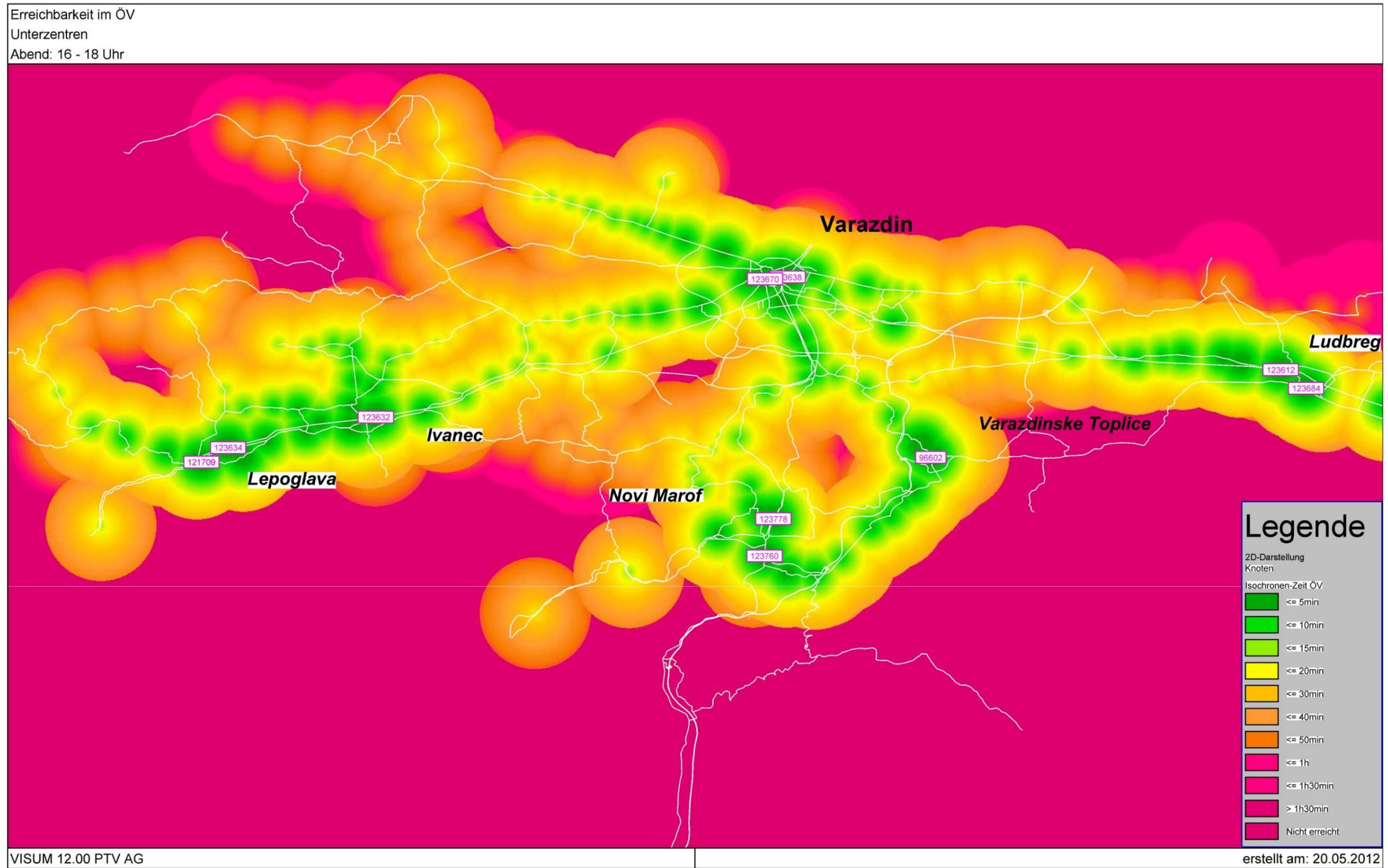


Abbildung 6: Erreichbarkeitskarte ÖV-Unterzentrum Abend

Analysefall A0 (2012)

Belastungen IV / ÖV

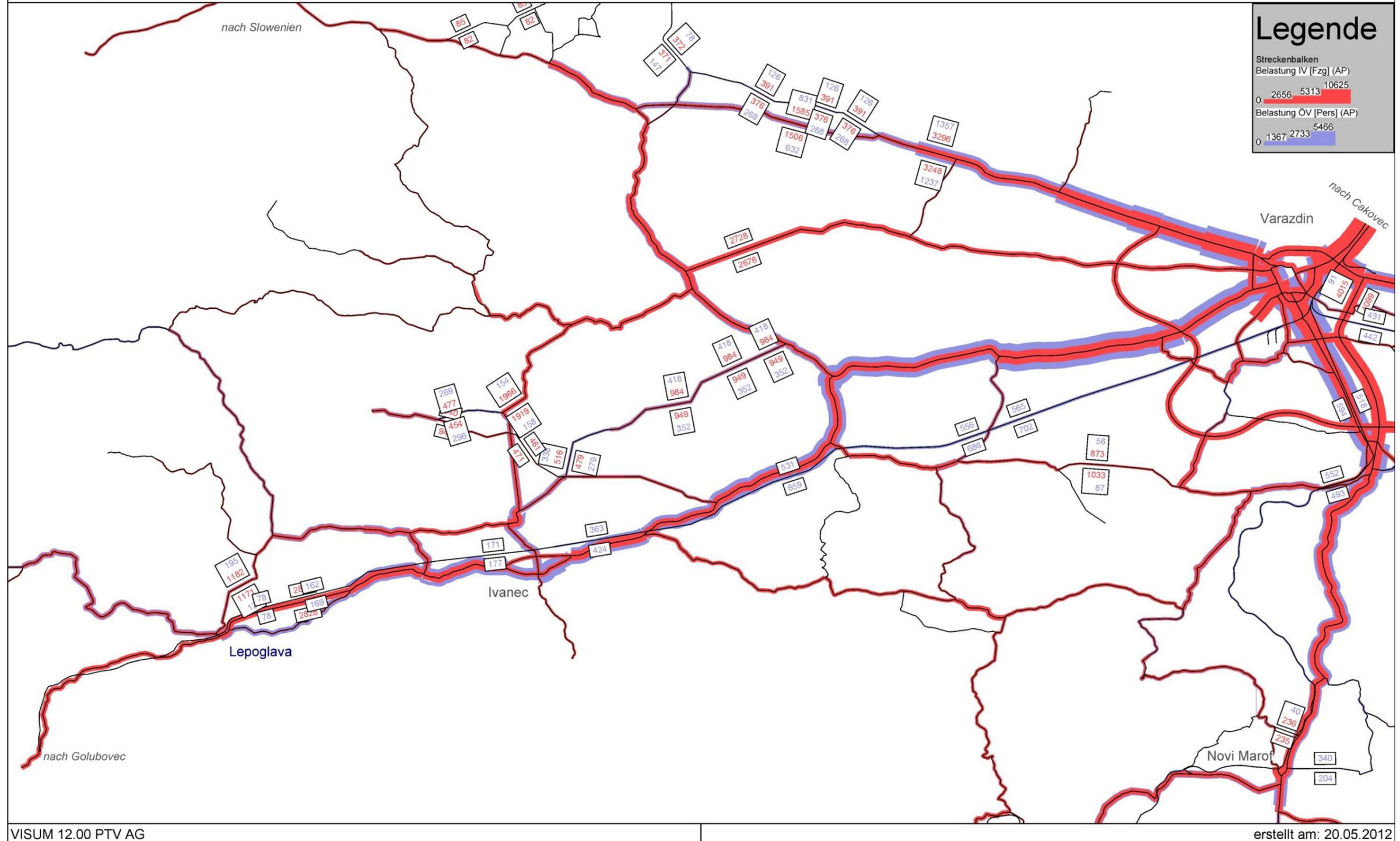


Abbildung 7: Verkehrsbelastungen Bestandsnetz A0 - West

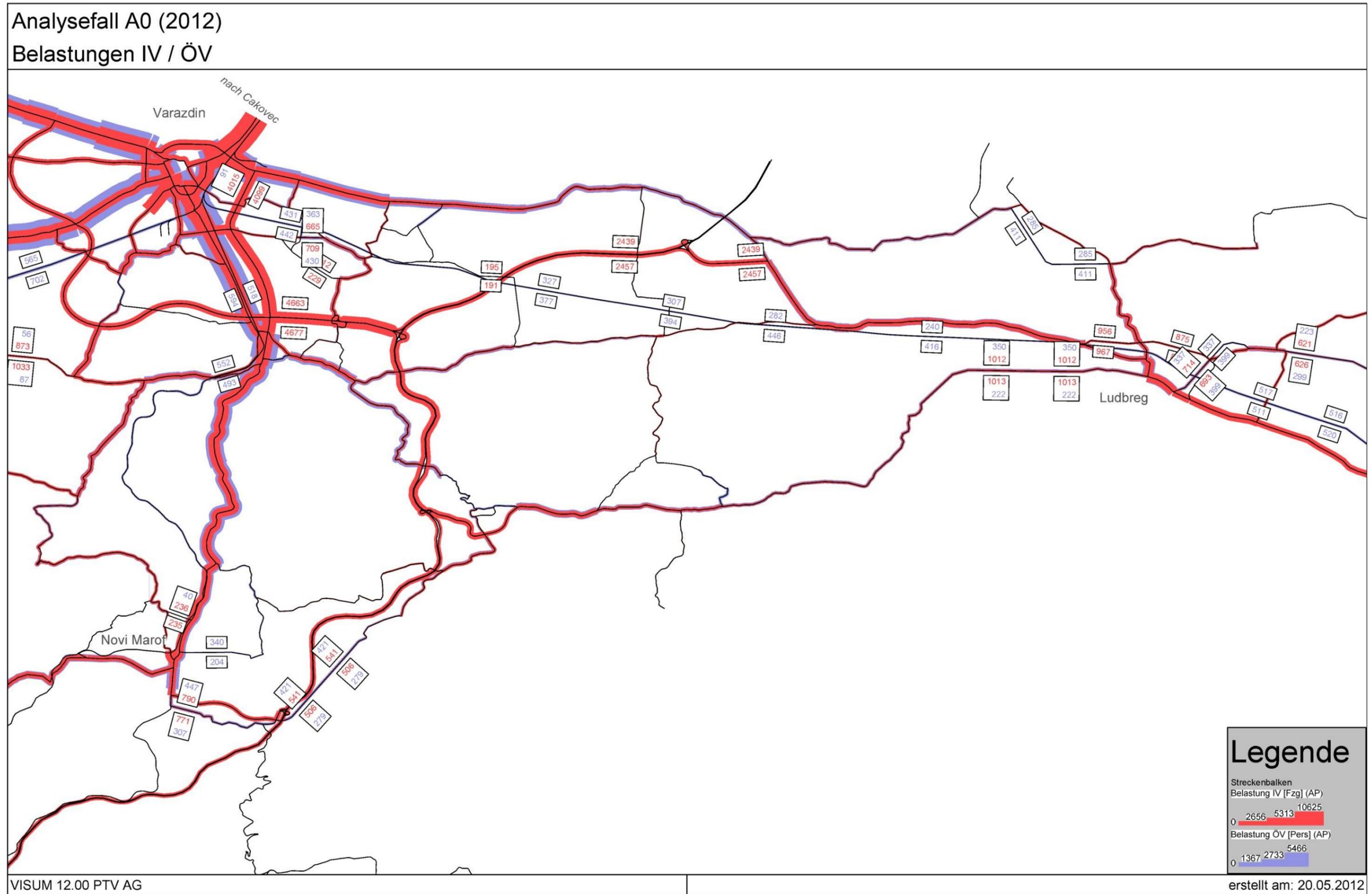


Abbildung 8: Verkehrsbelastungen Bestandsnetz A0 - Ost

Analysefall P1 (2020)

Belastungen IV / ÖV

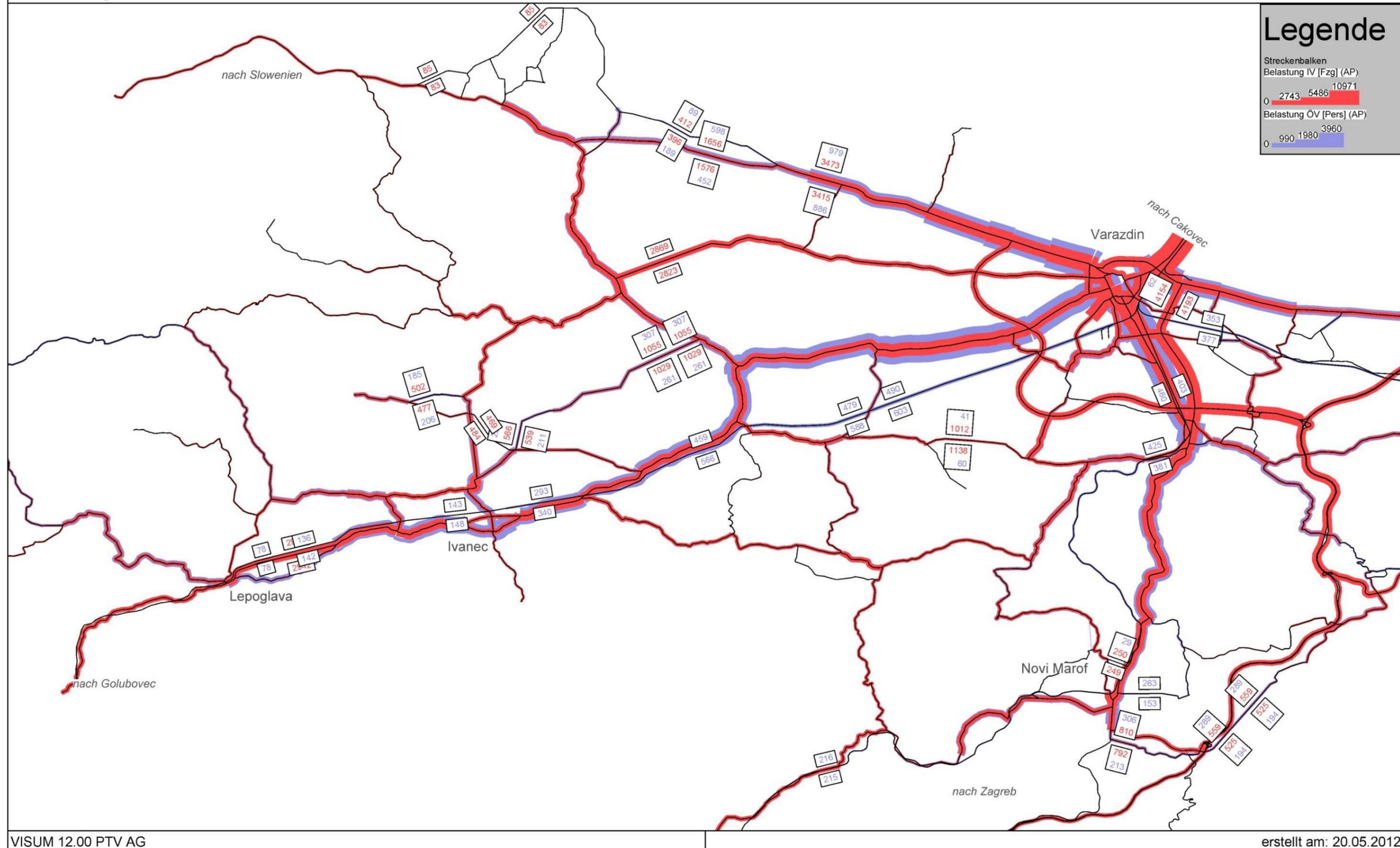


Abbildung 9: Verkehrsbelastungen Prognosefall P1 - West

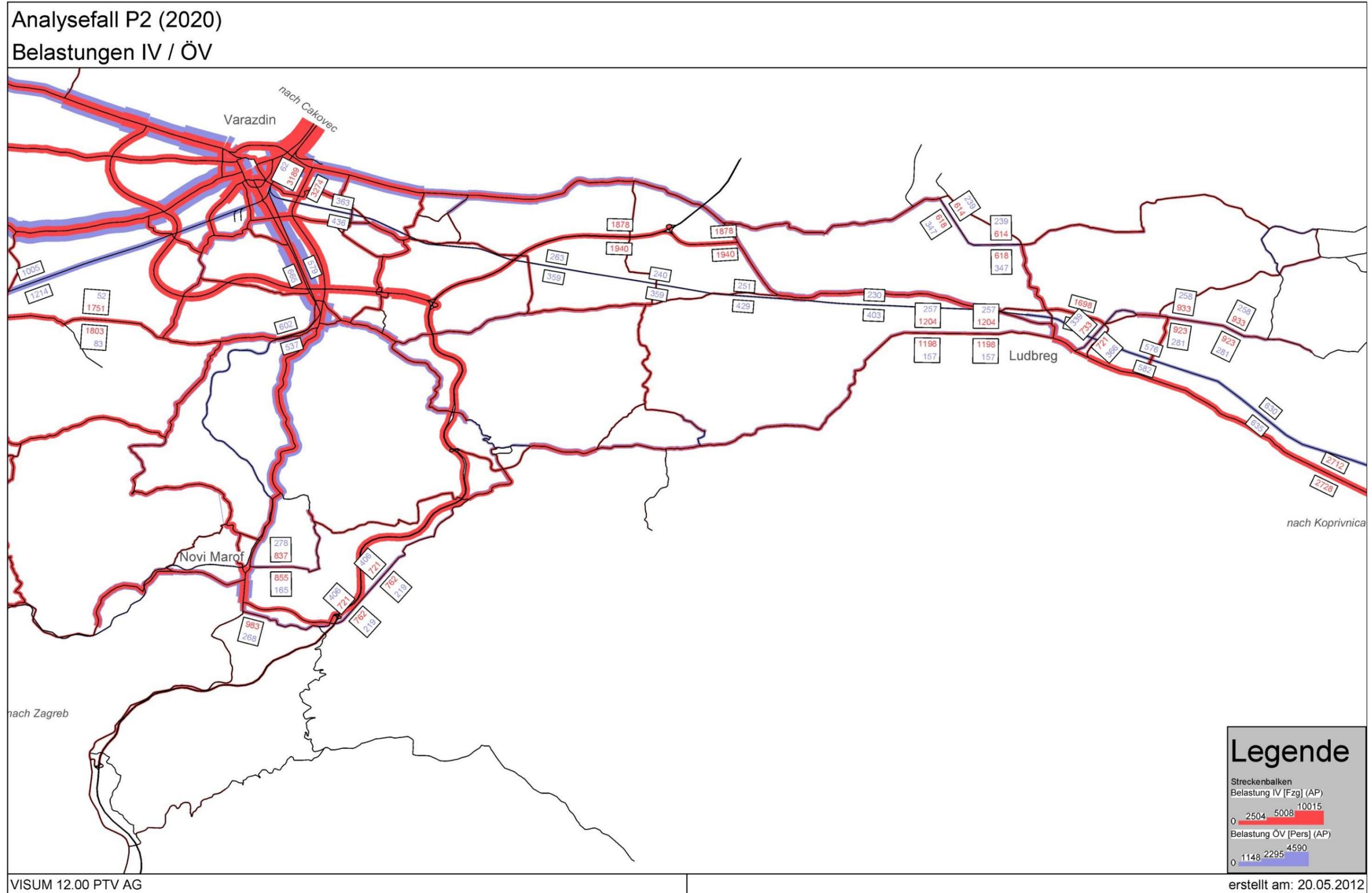


Abbildung 10: Verkehrsbelastungen Prognosefall P1 - Ost

Analysefall P2 (2020)

Belastungen IV / ÖV

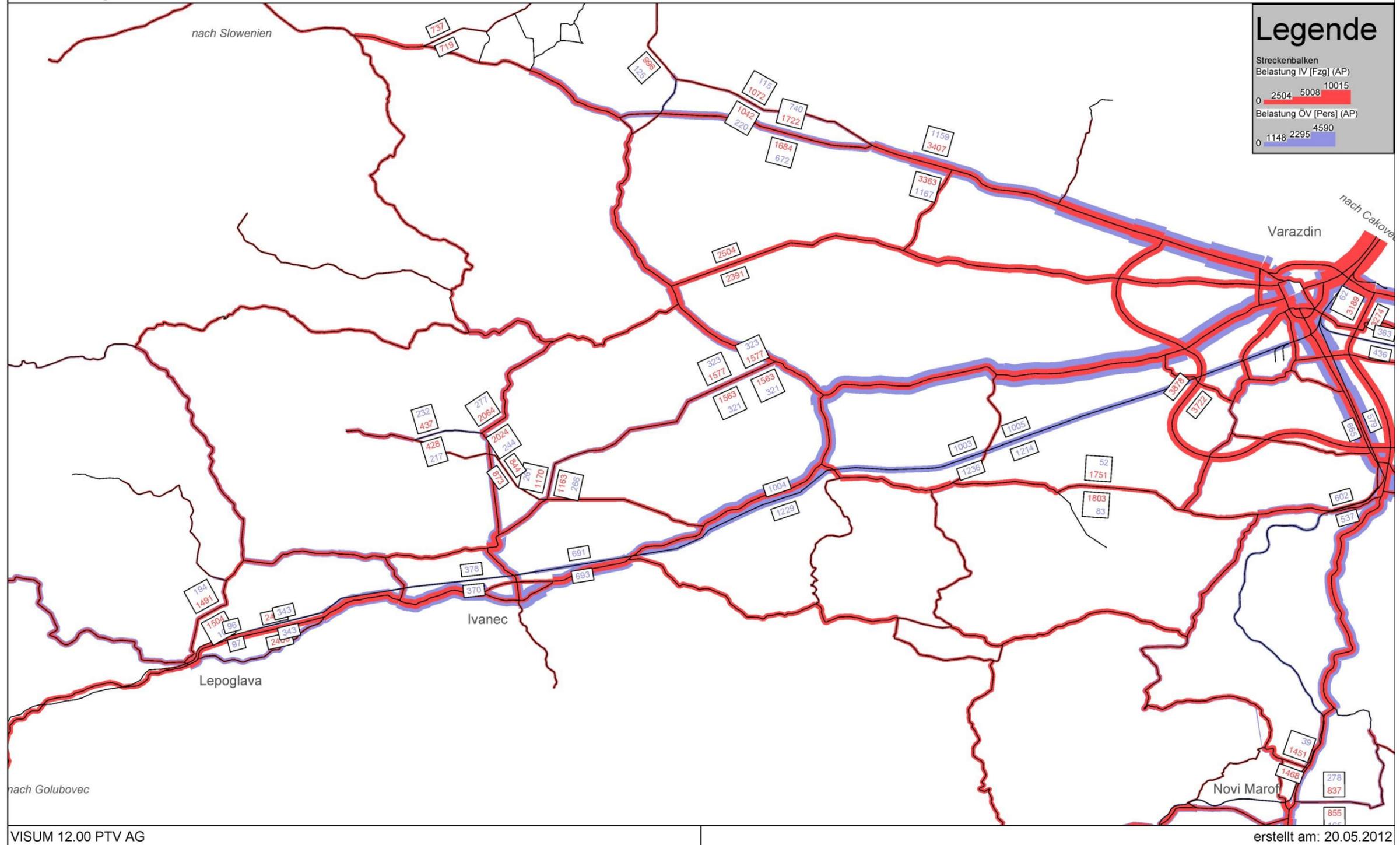


Abbildung 11: Verkehrsbelastungen Prognosefall P2 - West

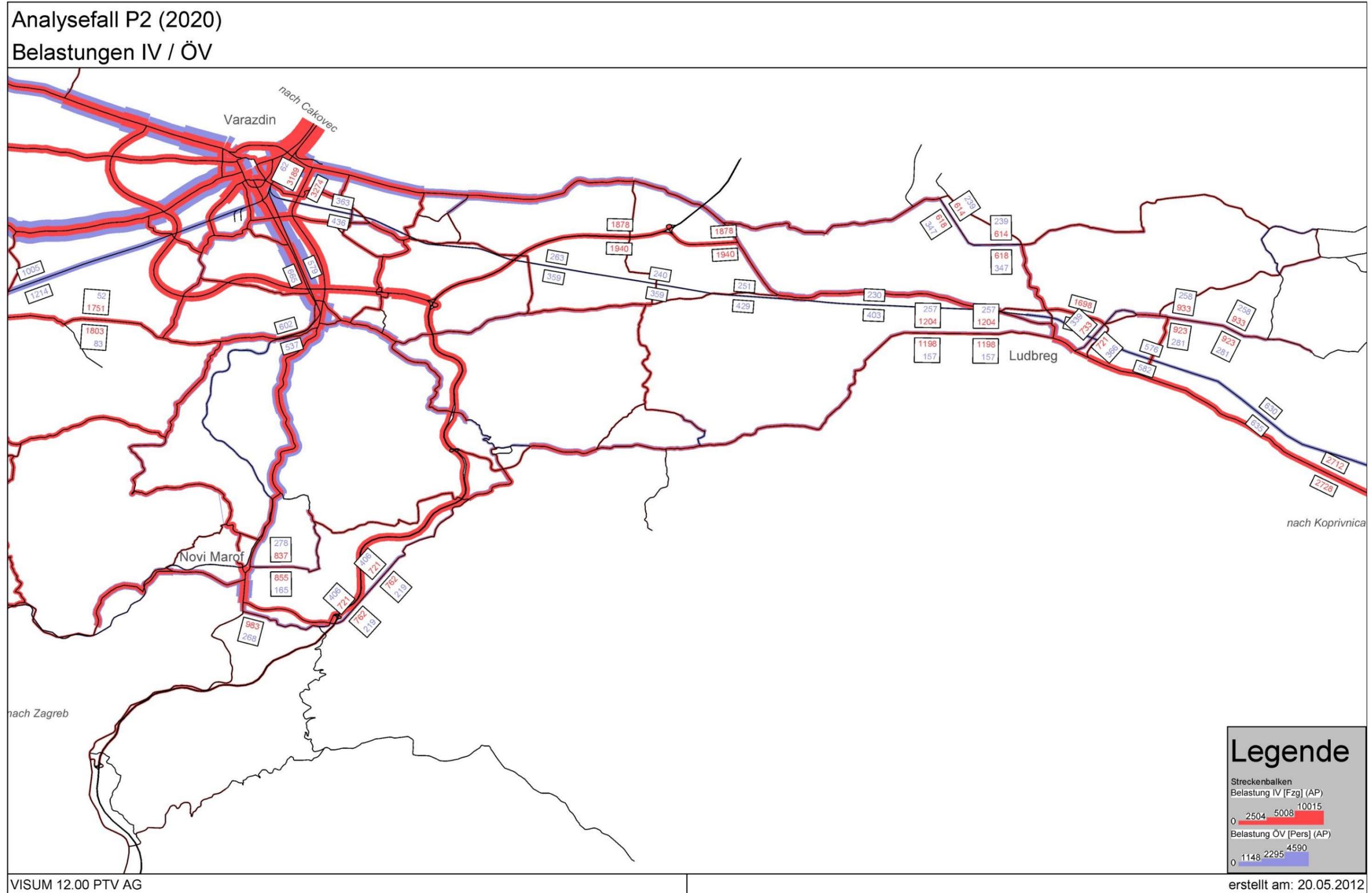


Abbildung 12: Verkehrsbelastungen Prognosefall P2 - Ost